



## Kupfer – Zusammenfassung für Lehrpersonen

# Kupfer



**Kupfer ist ein Metall, das der Menschheit schon sehr lange bekannt ist. Bereits in der Steinzeit vor über 10.000 Jahren lernten die Menschen mit dem Material umzugehen und es weiterzuverarbeiten, unter anderem zu Bronze – der Verbindung aus Kupfer und Zinn.**

Der Name „Kupfer“ stammt aus der Römerzeit, dort wurde das Metall als „**aes cyprium**“ bezeichnet und bedeutet, „Erz aus Zypern“. Daraus entwickelte sich das Wort „cuprum“, die chemische Bezeichnung „cu“ und das deutsche Wort „Kupfer“.

Kupfer ist ein Metall, das beliebig häufig **ohne Qualitätsverluste recycelbar** ist. Recycling schont nicht nur die endlichen Rohstoffressourcen, sondern hilft auch Energie zu sparen. Denn bei der Wiederverwertung wird nicht nur die Energie gespart, die beim Erzabbau und der Aufbereitung benötigt wird, es entsteht auch beim Einschmelzen des Altmaterials nur ein Teil des Energiebedarfs, der für die Metallgewinnung aus „Konzentraten“ (mineralische Rohstoffe) erforderlich ist.

Durch die gute **elektrische Leitfähigkeit** ist Kupfer ideal für den Einsatz in Elektrik, Elektronik und Telekommunikation geeignet.

Die zunehmende Vernetzung unserer Bürowelt, die steigenden Ansprüche an die Telekommunikation zu Hause, aber auch die hohen Sicherheits- und Komfortstandards im heutigen Automobilbau sorgen für einen **stetig steigenden Kupferbedarf**. Durchschnittlich rund 25 kg Kupfer finden heute ihren Einsatz in jedem PKW – in Modellen der Luxusklasse kann es mehr als das Doppelte sein. Ohne Kupfer wäre unser modernes Leben nicht möglich.

Auch in Architektur und im Bauwesen hat Kupfer seinen festen Platz: In unseren Häusern finden wir neben elektrischen Leitungen aus Kupfer auch Kupferrohre im Wasser- und Heizungssystem. Wegen seiner guten **Korrosionsbeständigkeit** und nicht zuletzt wegen seiner Ästhetik wird Kupfer vielfach für Bedachungen und Fassadenverkleidungen eingesetzt.



## Kupfer - ein besonderes Metall



**Kupfer, das Metall mit der chemischen Bezeichnung Cu, hat in reinem bzw. unlegiertem Zustand die typische kupferrote Farbe.**

Das Metall zeichnet sich durch seine **hervorragende elektrische und thermische Leitfähigkeit** aus. Sie ist 1,5-mal so hoch wie die von Aluminium und 8-mal so hoch wie die Leitfähigkeit von Stahl. Bei sehr gutem Umformverhalten ist Kupfer trotzdem extrem widerstandsfähig und zeichnet sich durch höchste Korrosionsbeständigkeit aus.

An der Atmosphäre bildet Kupfer mit den Jahren eine natürliche Patina aus, deren Farbe und chemische Zusammensetzung im Wesentlichen von der Atmosphäre am Einsatzort beeinflusst wird. Nach der anfänglichen Brauntönung in unterschiedlichen Farbnuancen bilden sich im Laufe der Jahre Patina aus, deren Farbtöne von gelb-grün bis blau-grün reichen, je nachdem, wie die klimatischen Bedingungen sind. Dieses **einzigartige Eigenschaftsprofil** erklärt die Vielzahl der Anwendungen und die grosse Verbreitung dieses Werkstoffes.

Klassische Kupferanwendungen wie Bedachungen und Installationsrohre, aber in zunehmendem Masse auch viele „High-Tech-Produkte“ wie Leadframes, Unterwasserkabelband oder die hochreine Kupfermatrix von Supraleitern sind nur einige Beispiele für die **vielfältigen Einsatzgebiete**. Die Automobilindustrie kommt ebenfalls nicht ohne Kupfer aus: In jedem Mittelklasse PKW sind bereits durchschnittlich etwa 25 kg Kupfer enthalten, in Elektro- oder Hybridautos findet sich sogar ein weit höherer Kupferanteil. Der Kupferbedarf wird in Zukunft insgesamt – und nicht nur in der Automobilbranche – durch die zunehmende Elektrifizierung weiter deutlich ansteigen.



## Kupfer – Zusammenfassung für Lehrpersonen

### Der Kupfer-Markt

In den letzten Jahren hat sich die weltweite Nachfrage nach Kupfer fast verdoppelt: Im Jahr 1980 wurden weltweit noch ca. 9 Millionen Tonnen Kupfer gefördert, inzwischen werden mehr als 16 Millionen Tonnen des roten Metalls neu aus Erz gewonnen. Und die produzierte und verarbeitete Menge an Kupfer liegt, inklusive Recycling, bei etwa 20 Millionen Tonnen jährlich.

Während der 90er Jahre spielten Rohstoffe an den Finanz- und Kapitalmärkten keine grössere Rolle, was sich jedoch **seit 2004** erheblich geändert hat, als es zu einem regelrechten Rohstoffboom kam. Industriemetalle, darunter an vorderster Stelle Kupfer, verzeichneten **signifikante Preiserhöhungen**. Der Auslöser für diese Entwicklungen waren eine zu geringe Produktion sowie die starke Nachfrage der Schwellenländer China und Indien.

Asien wurde zur zentralen Wachstumsregion für Kupfer. Mit einem jährlichen Kupferbedarf von etwa 5,1 Millionen Tonnen liegt inzwischen rund **27% der gesamten Weltnachfrage bei China**. Diese Nachfrage ist weiterhin ungebremst vorhanden, sodass bis 2018 ein Anstieg um 127% auf 11,6 Millionen Tonnen Kupfer erwartet wird.

In Europa werden jährlich rund 4 Millionen Tonnen Kupfer und damit fast 25% der Weltkupferproduktion erzeugt. Die inländische, deutsche Produktion von raffiniertem Kupfer und Kupfergusslegierungen betrug 2010 rund 704.000 Tonnen, die Halbzeugproduktion (inkl. Leitmaterial) und der Metallguss lagen zusammen bei rund 1,8 Millionen Tonnen. Insgesamt wurden 2010 in Deutschland 2.471,627 Tonnen Kupferwerkstoffe produziert.

Grosse Bedeutung hat die Sekundärindustrie, da über 50 Prozent der jährlichen deutschen Kupferproduktion aus Schrotten und kupferhaltigen Zwischenprodukten stammen. In Europa beträgt die Recyclingrate heute rd. 45 Prozent.

#### Kupferpreis-Entwicklung in US\$/Tonne über fünf Jahre

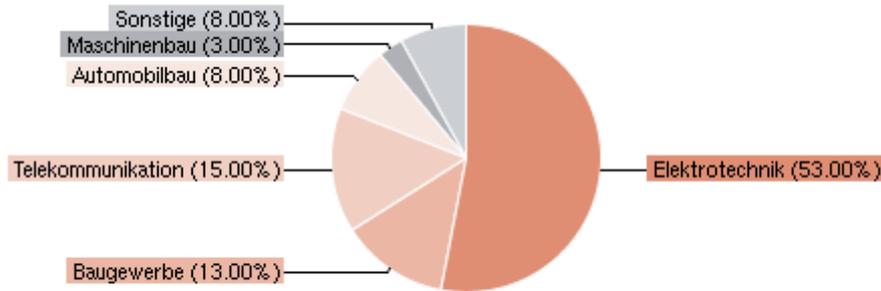




## Kupfer – Zusammenfassung für Lehrpersonen

### Kupfer-Einsatzgebiete

#### Kupferabsatz nach Branchen



Die Einsatzgebiete von Kupfer sind vielfältig: Wegen seiner guten elektrischen Leitfähigkeit ist Kupfer ideal für den Einsatz in Elektrik, Elektronik und Telekommunikation geeignet.

Die zunehmende Vernetzung unserer Bürowelt, die steigenden Ansprüche an die Telekommunikation zu Hause, aber auch die hohen Sicherheits- und Komfortstandards im heutigen Automobilbau sorgen für einen stetig steigenden Kupferbedarf. Durchschnittlich rund 25 kg Kupfer finden heute ihren Einsatz in jedem PKW – in Modellen der Luxusklasse kann es mehr als das Doppelte sein. Ohne Kupfer wäre unser modernes Leben nicht möglich.

Auch in der Architektur und im Bauwesen hat Kupfer seinen festen Platz: In unseren Häusern finden wir neben elektrischen Leitungen aus Kupfer auch Kupferrohre im Wasser- und Heizungssystem. Wegen seiner guten Korrosionsbeständigkeit und nicht zuletzt wegen seiner Ästhetik wird Kupfer vielfach für Bedachungen und Fassadenverkleidungen eingesetzt.

### Rohstoffe

Kupferhütten (z.B. Aurubis, Hamburg) beziehen die Rohstoffe zur Kupferherstellung weltweit. Der grösste Anteil des Rohstoffeintrags besteht aus importierten Kupferkonzentraten, welche direkt von den Kupferminen aus unterschiedlichen Herkunftsländern angeliefert werden.

Weiterhin wird Kupferschrott eingesetzt. Die Beschaffung erfolgt weltweit. Darüber hinaus werden auch eine Vielzahl weiterer Kupfer- und Kupferrecyclingmaterialien verarbeitet. Zu diesen gehören u.a. kupfer- und edelmetallhaltige Rückstände wie Krätzen, Schlacken und Stäube sowie Leiterplatten, gebrauchte Katalysatoren und Materialien aus der Entsorgungsindustrie.

#### Erzkonzentrate aus aller Welt



#### Recycling, Rohstoffsicherung/Umweltschutz



# Kupfer – Zusammenfassung für Lehrpersonen



## Kupfer – für unzählige Anwendungen

Kupfer zeichnet sich durch seine hervorragende elektrische und thermische Leitfähigkeit bei gleichzeitig sehr gutem Umformverhalten und höchster Korrosionsbeständigkeit aus. Dieses einzigartige Eigenschaftsprofil erklärt die Vielzahl der Anwendungen und die grosse Verbreitung dieses Werkstoffes in unserem Alltag. Klassische Kupferanwendungen wie Bedachungen und Installationsrohre, aber in zunehmender Masse auch viele „High-Tech“-Produkte wie Leadframes, Unterwasserkabelband, die hochreine Kupfermatrix von Supraleitern oder Kupferbänder für Steckverbinder sind nur einige Beispiele für die vielfältigen Einsatzgebiete.

## Kupferstichworte (alphabetisch)

### **Anode**

Positiv polarisierte Elektroden einer Elektrolysezelle; Kupfergehalt rd. 99,5 %

### **Anodenofen**

Aggregat der pyrometallurgischen Kupferraffination; in einem kombinierten Spül- und Reduktionsprozess (dem sog. Polen) wird das Kupfer gereinigt und durch Absenkung des Sauerstoffgehalts Anodenkupfer hergestellt.

### **Anodenschlamm**

Produkt der Kupferelektrolyse, das sich bei der Auflösung der Kupferanoden auf dem Boden der Elektrolysezelle absetzt, sowie an den Anodenresten anhaftet. Mit dem Anodenschlamm werden edle und unlösliche Bestandteile der Anode ausgeschleust (z.B. Silber, Gold, Selen und Blei).

### **Backwardation**

"Die Äpfel auf dem Markt sind teurer als die Äpfel auf dem Baum" Besondere Preiskonstellation an den Metallbörsen (LME, COMEX), die durch Verknappung von prompt verfügbaren Metallbeständen auftritt. Während einer Backwardation notieren, im Gegensatz zum Contango, die Preise für kurzfristig verfügbare Metalle (Kassa-, Tageskurs) über den Langfristpreisen (3-Monats-, Terminkurs).

### **BE-Kupfer**

Best-Elektrolyt-Kupfer; zeichnet sich durch besondere elektrische Leitfähigkeit, gute Löteigenschaften und hervorragende Wasserstoffbeständigkeit aus.

### **Betriebsstillstand**

Turnusmässig wiederkehrende Stilllegung der Produktion, um sämtliche Öfen und dazugehörige Anlagen zu überholen, warten und instand zu setzen. (Neue Ausmauerung der Öfen, Austausch von Brennern, etc.)

### **Blisterkupfer**

Auch "Blasenkupfer" ist unraffiniertes, blasiges Kupfer. Kupfer besitzt im schmelzflüssigen Zustand ein höheres Lösevermögen für Gase als das feste Metall. Beim Erstarren scheiden sich die Gase als kleine Blasen (englisch: Blister) im Kupfer aus.

### **Cakes**

Im Stranggussverfahren hergestellte Vierkantbarren mit variabler Länge und einem Gewicht von bis zu 30 Tonnen. Cakes sind das Vorprodukt für die Herstellung von Kupferblechen und Folien.

### **COMEX**

Ist neben der LME eine der beiden wichtigen Metallbörsen. Sie hat vor allem Bedeutung für den amerikanischen Markt.



# Kupfer – Zusammenfassung für Lehrpersonen

## Contango

"Die Äpfel am Baum sind teurer als die Äpfel auf dem Markt"... So funktionieren auch die Metallpreisnotierungen an den Metallbörsen, wo der Tagespreis unter dem Terminpreis für das jeweilige Metall liegt.

## Contimeltanlage

Ein von der ehemaligen Norddeutschen Affineire (heute Aurubis) und Union Miniere (Belgien) entwickeltes, kontinuierliches und damit besonders energiesparendes Verfahren zur Verarbeitung von Blisterkupfer, Kupferschrott und Anodenresten zu Kupferanoden.

## Doppelkontakanlage

Das  $\text{SO}_2$  (Abgas aus den Schmelzprozessen) wird, nachdem in der Gasreinigung weitestgehend alle Verunreinigungen ausser  $\text{SO}_2$  entfernt wurden, in der Doppelkontakanlage mit einem Wirkungsgrad von mindestens 99,8% zu Schwefelsäure umgesetzt. Dabei wird am  $\text{V}_2\text{O}_5$ -Katalysator (der sog. „Kontakt“) das  $\text{SO}_2$  zu  $\text{SO}_3$  oxidiert. Das gebildete  $\text{SO}_3$  wird in der Absorption in konzentrierter Schwefelsäure gelöst und bildet unter Zugabe von  $\text{H}_2\text{O}$  die  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Schwefelsäure). Da der Prozess Katalyse - Absorption zweimal hintereinander erfolgt, wird von einer Doppelkatalyse bzw. für die gesamte Anlage von einer Doppelkontakanlage gesprochen. Durch die zwischengeschaltete  $\text{SO}_3$ -Entfernung wird der hohe  $\text{SO}_2$ -Umsatz ermöglicht, so dass im gereinigten Abgas nur noch sehr geringe Mengen  $\text{SO}_2$  verbleiben.

## DOWA-Tower

Aggregat, das bei Aurubis eingesetzt wird, um das Quecksilber vor der Schwefelsäureproduktion aus den  $\text{SO}_2$ -haltigen Abgasen zu entfernen. Dabei werden die Abgase durch einen mit kleinen porösen Bimsstein-Pellets gefüllten Turm (Tower) geleitet. DOWA ist der Name der japanischen Firma, die das entsprechende Verfahren entwickelt hat und das Schutzrecht besitzt.

## Eisensilikatgestein

Schmelzprodukte der (Primär)-Kupfergewinnung. Im Verhüttungsprozess wird das im Kupferkonzentrat chemisch gebundene Eisen unter Zugabe von Sand ( $\text{SiO}_2$ ) zu Eisensilikat ( $2 \text{FeO} \times \text{SiO}_2$ ) verschmolzen. In der Struktur vergleichbar mit natürlichen Gesteinen, hat dieses künstlich erzeugte Gestein jedoch eine deutlich höhere Dichte und Härte.

## Erz (Konzentrate)

Mineralgemenge, das aufgrund seines Metallgehaltes bergmännisch abgebaut wird. Es besteht aus metallhaltigen Erzmineralen (gelegentlich auch Erze genannt) und der nicht-metallhaltigen Gangart (bis zu 70%), das heisst taubes Gestein wie Kieselsäure, Tonerde, Kalkstein. Weiterhin gibt es unerwünschte Begleitelemente wie Oxide, Sulfide und Verunreinigungen, die bei der Verhüttung metallurgische Probleme bereiten und in Form von Sondermüll entsorgt werden müssen.

## Elektrolyt

Ist ein Stoff (bzw. dessen Lösung), der aufgrund vorhandener freibeweglicher Ionen elektrisch leitfähig ist. In einer Kupferelektrolyse besteht dieser aus einer schwefelsauren Kupfersulfatlösung und verbindet Anode und Kathode als elektrischer Leiter. Da sich während des Prozesses Kupfer sowie andere lösliche Stoffe (z.B. Arsen und Nickel) aus den Anoden im Elektrolyten anreichern, wird kontinuierlich eine Teilmenge des Elektrolyten ausgetauscht. Nach der Entkupferung werden angereicherte Stoffe – z.B. Arsen als Arsenik ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) und Nickel als Nickelsulfat ( $\text{NiSO}_4$ ) – gewonnen. Der Elektrolyt wird in regenerierter Form dem Prozess wieder zugesetzt (Kreislauf).

## Giesswalzdraht

Im Southwire-Verfahren hergestelltes Vorprodukt für die Produktion von Drähten. Durchmesser von 8 bis 23,6 mm.

## Güldisch

Rohsilber mit einem Silbergehalt von über 90%. Enthält neben Gold auch Platinmetalle. Wird in der Silberelektrolyse weiter raffiniert.

## Katalysator

Stoffe, die durch ihre Anwesenheit die Ablaufgeschwindigkeiten chemischer Reaktionen beeinflussen (erhöhen) und nach Abschluss der Reaktion in unveränderter Form vorliegen. Theoretisch wird ein Katalysator nicht verbraucht.

## Kathoden



# Kupfer – Zusammenfassung für Lehrpersonen

Negativ polarisierte Elektrode einer Elektrolysezelle. An der Kathode findet eine Reduktionsreaktion statt. Dabei werden Elektronen über den elektrischen Leiter zugeführt und an der Kathode abgeschieden.

## **Kokille**

Gussform aus Kupfer, Grafit, Gusseisen oder Stahl zum Giessen von Metallblöcken. Für die Herstellung von Kupfer-Stranggussformaten werden wassergekühlte, oben und unten offene Kokillen aus Grafit mit einer Kupferummantelung verwendet.

## **Konverter**

Metallurgisches Aggregat, in dem i.d.R. oxidierende Metallgewinnungs- oder Raffinationsprozesse durchgeführt werden.

## **Kupferanoden**

Endprodukt des Hüttenprozesses (Kupfergehalt 99,5%). Sie wird in der Elektrolyse zur Kupferkathode weiterverarbeitet.

## **Kupferelektrolyse**

Die Elektrolyse – ein hydrometallurgischer Prozess zur elektrochemischen Raffination von Kupfer – ist die letzte Raffinationsstufe der Kupfergewinnung. Anode und Kathode werden im Wechsel in eine schwefelsaure Lösung (Elektrolyt) getaucht und an einen Stromkreis angeschlossen. Kupfer und unedlere Elemente (Arsen, Nickel, etc.) gehen an der Anode in die Lösung. Edelmetalle und in Schwefelsäure unlösliche Elemente (z.B. Blei, Selen) sinken zu Boden und bilden den Anodenschlamm. An der Kathode scheidet sich Kupfer aus der Lösung mit einer Reinheit von 99,99 Gewichts-% ab.

## **Kupferkathoden**

Produkt der Kupferelektrolyse (Kupfergehalt > 99,99 Gewichts-%).

## **Kupferkonzentrat**

Produkt aus der Aufbereitung (Anreicherung) von Kupfererzen, Hauptrohstoff der Hütte. Da Kupfer in seinen Erzen fast ausschliesslich chemisch gebunden und in niedrigen Konzentrationen (0,5 bis 4 % Kupferinhalt) vorliegt, werden die Erze nach Gewinnung in der Mine in Aufbereitungsanlagen zu Konzentraten angereichert (Kupfergehalt 25 bis 40 %). Die in der Hütte verarbeiteten Kupferkonzentrate können neben den Hauptbestandteilen Kupfer, Eisen und Schwefel (je etwa 30 Gewichts-%) auch Edelmetalle, Arsen, Wismut, Blei, Nickel, Selen und Tellur enthalten.

## **Kupferstein**

Bei der pyrometallurgischen Verarbeitung sulfidischer Kupferkonzentrate entstehende Mischphase aus Kupfersulfid und Eisensulfid ( $n\text{Cu}_2\text{S} \times \text{FeS}$ ). Der in der Hütte im Schwebeschmelzofen erzeugte Kupfer(roh)stein mit einem Kupfergehalt von ca. 65% wird im Konverter durch selektive Oxidation zunächst zu Spurstein ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) und dann weiter zu Blisterkupfer verarbeitet.

## **LME (London Metal Exchange)**

Die umsatzstärkste und wichtigste Metallbörse der Welt.

## **Metallbörse**

Warenterminbörse, an der durch Vergleich von Angebot und Nachfrage allgemein anerkannte Metallpreise als Grundlage für den weltweiten Handel mit Metallen und Warenterminkontrakten festgestellt werden.

## **Metallurgie**

Oder auch Hüttenwesen. Sammelbegriff für Verfahren zur Herstellung von Metallen aus Rohstoffen wie Erzkonzentraten, Rückständen und Recyclingmaterialien. Man unterscheidet zwischen pyrometallurgischen (schmelzflüssigen) und hydrometallurgischen (nasschemischen) Verfahren.

## **OF-Kupfer**

Oxygen-free (sauerstofffreies) Kupfer

## **Outokumpu-Verfahren**



# Kupfer – Zusammenfassung für Lehrpersonen

Outokumpu Oy ist der Name der finnischen Hüttengesellschaft, die dieses pyrometallurgische Verfahren zur Verarbeitung von Kupfer- bzw. Nickelerzkonzentraten entwickelt hat. Kernstück dieses Verfahrens ist die Schwebeschmelzofenanlage.

## Oxidation

In der Metallurgie werden unter diesem Begriff die chemischen Reaktionen zusammengefasst, bei denen Sauerstoff aufgenommen (verbraucht) wird. Reaktionsprodukt ist oft ein Oxid. In der allgemeinen Chemie fasst man unter diesem Oberbegriff alle chemischen Reaktionen zusammen, in deren Verlauf ein zu oxidierender Stoff (Atome, Moleküle oder Ionen), als Elektronendonator, Elektronen abgibt.

## Reduktion

In der Metallurgie die Umkehrung der Oxidation, also die Sauerstoffabgabe bzw. in der allgemeinen Chemie die Elektronenaufnahme. Reduktionsverfahren haben in der Metallurgie eine grosse Bedeutung bei der Gewinnung von Metallen aus ihren oxydischen Verbindungen.

## Rohhütte

Werksteile oder Unternehmen, in denen die Gewinnung von Roh- oder Werkmetallen erfolgt, bezeichnet man als Rohhütte. Typische Produkte sind Werkblei, Blister- und Schwarzkupfer sowie Rotguss.

## Rotguss

Zur Gruppe der Bronzen gehörende Kupferlegierungen mit 4 bis 10 Gew.-% Zinn, 2 bis 7 Gew.-% Zink und bis zu 7 Gew.-% Blei.

## Schmelzlöhne

Verarbeitungsentgelte, die die Hütte von den Minen für die Verarbeitung der Erzkonzentrate erhält.

## Schwebeschmelzofen

Erster pyrometallurgischer Prozessschritt bei der Verarbeitung von Kupferkonzentrat. Das in einem Reaktionsschacht herabfallende (schwebende) Konzentrat wird mit Sauerstoff zur Reaktion gebracht. Durch die freiwerdende Wärme schmilzt das Konzentrat. Schwefel und Eisen werden in Zwischenprodukten auf Grund von Dichteunterschieden abgetrennt. Es erfolgt eine Anreicherung des Kupfers im Kupferstein auf etwa 65% Kupferinhalt.

## Southwire-Verfahren

Mit diesem Verfahren wird das ursprünglich diskontinuierlich und in getrennten Verfahrensschritten durchgeführte Giesen von Drahtbarren (Wirebars) und deren anschliessendes Warmwalzen zu einzelnen Drahtabschnitten in einem kontinuierlichen Prozess zusammengefasst. Dabei wird das geschmolzene Kupfer über ein Giessrad zunächst zu einem endlosen Strang vergossen. Dieser wird direkt aus der Schmelzwärme in einer mehrstufigen Warmwalzstrasse zu Giesswalzdraht umgeformt, welcher das Ausgangsprodukt für die Herstellung von Kabeln, Litzen und hauchfeinen Drähten bei Kunden darstellt.

## Strangguss

Kontinuierliches Giessverfahren, bei dem im Gegensatz zum Kokillenguss ein endloser Barrenstrang erzeugt wird. Während des Giessprozesses werden von diesem Strang mit einer mitlaufenden („fliegenden“) Säge die einzelnen Barren abgetrennt. Es können Vierkant- oder Rundbarren in den verschiedensten Abmessungen und mit variablen Längen entsprechend den Kundenanforderungen erzeugt werden. Die Vierkantbarren (Walzplatten) werden durch Walzen zu Blechen, Bändern oder Folien weiterverarbeitet, die Rundbarren (Billets) werden hauptsächlich mittels Strangpressen zu Profilen oder Rohren umgeformt.

## Treibkonverter

Einstufiges pyrometallurgisches Aggregat zur Gewinnung von Edelmetallen aus dem Anodenschlamm der Elektrolyse.