



STAATSINSTITUT FÜR SCHULQUALITÄT  
UND BILDUNGSFORSCHUNG  
MÜNCHEN

# METALL

im LehrplanPLUS der Realschule in Bayern



Werken 9





STAATSINSTITUT FÜR SCHULQUALITÄT  
UND BILDUNGSFORSCHUNG  
MÜNCHEN

Metall im LehrplanPLUS der Realschule in Bayern

Erarbeitet im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht  
und Kultus

**Leitung des Arbeitskreises:**

Simone Eder, ISB

**Mitglieder des Arbeitskreises:**

Günter Trager, Staatliche Realschule Altötting

Thomas Reche, Staatliche Realschule Neumarkt in der Oberpfalz

Martin Hornung, Staatliche Realschule Neusäß

Silvia Rauß, Staatliche Realschule Marktoberdorf

auf der Grundlage des Arbeitshefts für das Fach Werken an Realschulen  
in Bayern, Metall, Jahrgangsstufe 9, Günter Trager, 2011

**Bildrechte:**

Titelbilder: © ClipDealer

Abb. 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 29, 30, 67, 69, 70, 72:

© ClipDealer

Abb. 2, 63: Elisabeth Mehrl

Abb. 4, 11, 12, 14, 17, 18, 23, 25, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39,  
40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59,  
60, 61, 62, 64, 65: Günter Trager

Abb. 6, 15, 16, 66, 71: alamy

Abb. 68: Thomas Reche

**Herausgeber:**

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung  
München 2021

**Anschrift:**

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung  
Abteilung Realschule  
Schellingstr. 155  
80797 München  
Telefon: 089 21 70-24 46  
Telefax: 089 21 70-28 13  
Internet: [www.isb.bayern.de](http://www.isb.bayern.de)

## Hinweise zum Einsatz im Unterricht

Die Gliederung im Heft entspricht dem LehrplanPLUS im Fach Werken und deckt alle prüfungsrelevanten Inhalte zu den Kompetenzen des Profulfaches ab. Um Wissen zu vernetzen, werden wichtige Hintergründe und Zusammenhänge ggf. auch vertieft erläutert. **Für die Erhebung von Leistungsnachweisen gilt grundsätzlich der LehrplanPLUS.**

Mit dem Infoheft kann im Unterricht gearbeitet werden, es eignet sich aber auch zum Nachholen, Wiederholen und Lernen zu Hause.



Dieses Zeichen ist bei einigen Schemazeichnungen zu finden. Es bedeutet, dass die Zeichnung prüfungsrelevant ist. Diese Zeichnung muss selbständig angefertigt werden können. **Darüber hinaus gibt es selbstverständlich weitere Sachverhalte, deren zeichnerische Darstellung verlangt werden kann.**



Dieses Zeichen kennzeichnet größere inhaltliche Blöcke, die über den LehrplanPLUS hinausgehen und der weiteren Information dienen.

Es empfiehlt sich, zusätzlich zum vorliegenden Infoheft, die umfassenden illustrierenden Aufgaben sowie Materialien zum LehrplanPLUS für den Unterricht zu nutzen: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/realschule/9/werken>

Zur intensiveren Vernetzung und Strukturierung der **Kenntnisse über Werkstoffe und Werkstoffeigenschaften** trägt insbesondere die folgende Aufgabenstellung bei: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/zusatzinformationen/aufgabe/kapitel/67618/fachlehrplaene/realschule/9/werken>

Die Auswahl der dort angeführten **Werkstoffeigenschaften** orientiert sich dabei an den Kompetenzerwartungen und Inhalten der verschiedenen Lernbereiche in der Wahlpflichtfächergruppe IIIb; unter anderem verdeutlicht eine tabellarische Übersicht deren Relevanz über die Jahrgangsstufen hinweg.

## Inhaltsverzeichnis

<b>METALL   Kultureller Kontext</b>	
Historische und gegenwärtige Bedeutung und Verwendung von Metallen (Bauwesen, Verkehrswesen, Maschinenbau, Gebrauchsgegenstände, Elektrotechnik)	3
Normteile	7
<b>METALL   Werkstoff</b>	
Metallgewinnung (Erzabbau, Verhüttung)	8
Einteilungsmöglichkeiten von Metallen	10
Einsatzbereiche und Eigenschaften von Eisen- und Nichteisenmetallen	10
Legierungen	12
<b>METALL   Werkverfahren</b>	
Gewindeschneiden	13
Fügen durch Schraubverbindungen	14
Fügen durch Löten	15
Gesundheitsschutz	16
<b>METALL   Funktion, Gestaltung</b>	
Design und Funktionalität bei Gebrauchsgegenständen	17
<b>METALL   Ökologie</b>	
Problematik der Seltenerdmetalle	18
Elektroschrottreycling	18
Urban Mining	19

## Historische und gegenwärtige Bedeutung und Verwendung von Metallen

Noch bevor der Mensch sie industriell in riesigen Mengen verarbeitete, spielten Metalle in der Entwicklung der Gesellschaft eine sehr wichtige Rolle. Die **Überlegenheit von Kulturen**, die sich Metalle für Waffen, Geräte und Gegenstände des täglichen Gebrauchs zu Nutzen machen konnten, ließ den Werkstoff zu einer **begehrten Handelsware** aufsteigen. So wurden Metalle in Form von Barren oder Doppeläxten und später als Münzen **Zahlungsmittel** für Waren – der Tauschhandel wurde immer weniger wichtig. Auch bedingte die Gewinnung und Veredelung von Metallen ein weitverzweigtes Netz von Handelswegen, nicht zuletzt deswegen, weil man für die sehr gefragte Legierung Bronze die Metalle Kupfer und Zinn brauchte und diese meist nur in unterschiedlichen Gegenden zu finden waren. In der Folge fand ein **kultureller Austausch** in noch nie dagewesenem Maße statt. Darüber hinaus entstand durch die Metallerzeugung und den Handel erstmals eine **gegliederte Gesellschaft**, in der viele auf bestimmte Aufgaben **spezialisiert** waren. So war Metall die Basis des Reichtums einer sich entwickelnden **Oberschicht**, die ihre Position, ihre Macht und ihren Besitz durch Verwalter und Krieger festigte und außerdem Freiräume für Kunst und Kultur in großem Maße möglich machte.

Ein weiterer bedeutender Entwicklungsschritt war die **industrielle Revolution** seit dem Ende des 18. Jahrhunderts. Der Werkstoff Metall spielte hierbei eine entscheidende Rolle.

Viele Neuerungen und technische Entwicklungen wären ohne den stabilen und vielseitig bearbeitbaren Werkstoff Metall nicht denkbar. Dabei sind **Eisen** und **Stahl**, die man in modernen Hochöfen erzeugt, in vielen Bereichen unverzichtbar. Metalle revolutionierten das **Bau- und Verkehrswesen**, den **Maschinenbau**, ermöglichten die **Elektrotechnik** und wurden grundlegend für **Normteile** und **Gebrauchsgegenstände**.

### Bauwesen

#### Skelettbauweise

Zu den althergebrachten Bauweisen entwickelte sich der sogenannte **Ingenieurbau**. Bei dieser wirtschaftlichen Art zu bauen treten Techniker und Ingenieure in den Vordergrund. Dabei werden Teile aus Gusseisen oder Stahl in Fabriken **vorgefertigt**, zur Baustelle transportiert und dort in einem **Rastersystem**, der **Skelettbauweise**, zusammengefügt.

Vor allem große **Zweckbauten** wurden und werden immer noch so gebaut, dazu gehören Hallen für Bahnhöfe oder Ausstellungen und Messen, Brücken, aber auch Türme und Hochhäuser. Die Lasten, z. B. der Gebäudedächer oder der Stockwerke, werden dabei nicht mehr von durchgehenden Wänden, sondern von **Streben aus Metallprofilen** getragen. So wird Gewicht eingespart, außerdem kann man die Flächen zwischen den Streben verglasen. Dabei entstehen **lichtdurchflutete Räume**, wie man sie noch nie zuvor gesehen hat.

Die um Absatzmärkte für ihre Waren konkurrierenden Industrienationen zeigten ihre Errungenschaften auf sogenannten Weltausstellungen. Im Jahre 1889 beeindruckte dabei Frankreich mit einem eigens für die Ausstellung von Gustave Eiffel geplanten Turm aus Eisenträgern, dem Eiffelturm. Er war mit seinen 300 Metern das höchste Gebäude, das bis dahin jemals von Menschen errichtet worden war.

Übertreffen sollten diese Höhe erst nach etwa 40 Jahren gewaltige Wolkenkratzer in den Metropolen der USA.

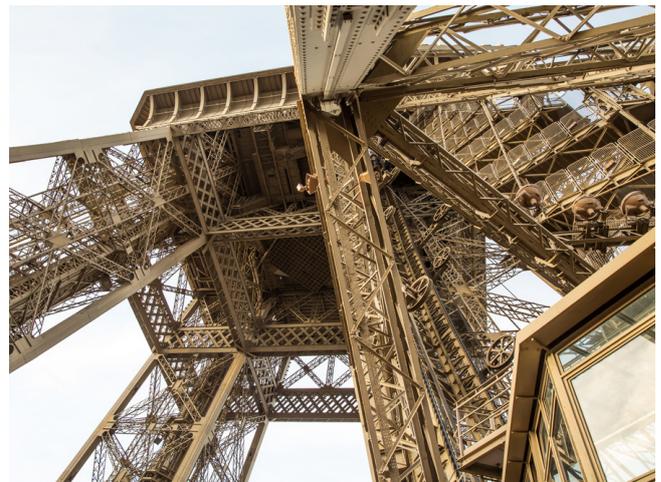


Abb. 1: Detailsicht des Eiffelturms in Paris

Quelle: © ClipDealer



Abb. 2: Äußeres Metallstrebenwerk des Olympiastadions in Peking

**Stahlbeton**

Neben der Skelettbauweise entwickelte sich seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts der **Stahlbetonbau**. In den Baustoff Beton, der schon seit der Antike bekannt war und hohen **Druckbelastungen** standhalten kann, werden dabei **Stahlstäbe** eingebracht, die besonders die bis dahin ungenügende **Zugfestigkeit** des Werkstoffs stark steigern. Kompliziertere **Armierungen aus Stahlgittern** oder aus räumlichen Geflechtern verfeinern diese Technik und erhöhen die Belastbarkeit, so dass ganze Decken in Beton ausgeführt werden können, die wiederum auf Pfeilern aus Stahlbeton ruhen. Dies ist z. B. die Grundlage für immer höhere Wolkenkratzer. Durch die anschließende Entwicklung des **Spannbetons** im 20. Jahrhundert können durch das **Spannen von Stahlseilen** im abbindenden Beton noch filigranere Bauwerke errichtet werden, die in geschwungenen Formen weite Strecken und Räume überspannen. Lange Brücken und weitläufige Dachkonstruktionen können so verwirklicht werden.



Abb. 3: Betonguss einer stahlarmierten Decke

Quelle: © ClipDealer



Abb. 4: Außenverkleidung einer Wand mit Aluminiumblech

**Aluminium und andere Metalle im Bauwesen**

Bedeutsam wurde auch die Verwendung von Aluminium als Baustoff. Aufgrund **zahlreicher positiver Eigenschaften** ist es **vielfältig verwendbar**.

Große Gebäude haben Stützkonstruktionen aus Aluminium, weite Dachflächen werden damit eingedeckt, Fassaden damit verkleidet, Fenster, Türen, Gitter, Beschläge, Griffe, Jalousien und vieles mehr werden daraus gefertigt.



Abb. 5: Hausinstallation aus Kupferrohren

Quelle: © ClipDealer



Abb. 6: Dachverkleidungen aus verzinktem Blech in Paris

Quelle: alamy

Aber auch andere Metalle fanden und finden Verwendung im Bauwesen. Aus **Kupfer** fertigt man Dächer, Dachrinnen, Rohre, Fensterbretter, Verkleidungen und Elektroinstallationen. **Zink** ist wichtig, wenn es darum geht, Eisen und Eisenbleche witterungsbeständig zu machen, so z. B. bei Dacheinblechungen. Mit **Zinn** und **Zinnlegierungen** werden Kupferdachbleche und Rohre wasserdicht verlötet.

Aus **Messing** werden Beschläge, Tür- und Fenstergriffe und Armaturen, die zudem einen glänzenden Überzug aus **Chrom** erhalten können, gefertigt. Bei Buntglasfenstern kommen Ruten aus **Blei** zur Verbindung der einzelnen Glas-teile zum Einsatz.

### Verkehrswesen

Auch im Verkehrswesen kam es zu bahnbrechenden Neuerungen, die ohne die Entwicklungen in der Metallverarbeitung nicht möglich gewesen wären. An vorderster Stelle ist hier die **Eisenbahn** zu nennen, die es ermöglichte, die enormen Mengen an Rohstoffen für die neuen Industrieanlagen herbeizuschaffen und gleichzeitig die Halbzeuge oder fertigen Produkte der beginnenden Massenfertigung über **weite Entfernungen** zu transportieren. Mit ihrem sich immer weiter verzweigenden Netz aus Stahlschienen, den fast gänzlich aus Metall gefertigten Lokomotiven, die immer leistungsstärker wurden, und den Wagons, deren Aufbauten auf Stahlchassis montiert und oft selbst aus Stahl waren, ermöglichte die Eisenbahn einen **noch nie dagewesenen Warenverkehr**. Natürlich profitierte davon auch der **Perso-**

**nenverkehr**, da man **so schnell wie noch nie** Entfernungen überbrücken konnte, was immer mehr Menschen nutzten. Dies erlaubten ebenso moderne **Dampfschiffe**, welche wie Lokomotiven von Dampfmaschinen angetrieben wurden, deren Dimensionen jedoch noch viel größer waren. Solche Schiffe entwickelten sich im Laufe der Zeit zu wahren Ozeanriesen und selbst der Rumpf und viele Aufbauten bestanden aus Metall. Klassische Großsegler aus Holz verloren daraufhin sehr schnell an Bedeutung. Auch im **Flugverkehr** wurde der Werkstoff Holz durch Metalle abgelöst, insbesondere von Aluminium, das wegen seines geringen Gewichts bei hoher Stabilität sogar für Rumpf, Verstrebrungen, Tragflächen, Propeller und Leitwerke eingesetzt wurde.



Abb. 7: ICE der Deutschen Bundesbahn

Quelle: © ClipDealer



Abb. 8: Passagierschiff Queen Mary 2

Quelle: © ClipDealer



Abb. 9: Ford GT40, eine Technik-Legende: Die amerikanischen Hightechbolden aus Stahl und Aluminium dominierten 4 Jahre lang das 24-Stunden-Rennen von Le Mans

Quelle: © ClipDealer

Das **Automobil** entwickelte sich bis in unsere Zeit zu einem der wichtigsten Fortbewegungsmittel. Metalle waren unentbehrlich für das Fahrgestell, die Karosserie, den Antriebsmotor, das Getriebe, die Achsen und Felgen, die Bremsen, das Auspuffsystem etc.

Zum Verkehrswesen gehören jedoch nicht nur die Fahr- und Flugzeuge, sondern auch der **Verkehrswegebau**. Neben dem bereits erwähnten Schienennetz der Eisenbahn ist hier der Brückenbau anzuführen, der durch Stahlträgerkonstruktionen und an Stahlseilen aufgehängte Fahrwege einen Höhepunkt erreichte, womit die Verbindung von Stahl mit Beton noch einmal gesteigert werden konnte. Darüber hinaus werden die Verkehrswege gesäumt von Stellwerken, Signalanlagen, Lichtmasten, elektrischen Oberleitungen, Verkehrsschildern, Leitplanken und vielem mehr.

## Maschinenbau

Seit jeher versucht der Mensch seine Lebensumstände, Arbeitsabläufe und Erzeugnisse zu **optimieren**. Er entwickelte dazu immer bessere Werkzeuge und Hilfsmittel, die im Laufe der Zeit an Komplexität zunahmten.

Mechanische Geräte und Apparaturen, die zum Großteil noch aus Holz bestanden, wie z. B. der voll mechanisierte Webstuhl, führten im 18. Jahrhundert zu ersten **revolutionären Umwälzungen der Arbeitswelt**, mit weitreichenden Folgen für das soziale Gefüge der Gesellschaft, da Arbeitsplätze im traditionellen Handwerk vernichtet wurden.

Maschinen wurden zunächst von Wind-, Wasser- oder Muskelkraft angetrieben oder über Federn und Gewichte in Gang gesetzt. Nach Erfindung der **Dampfmaschine**, der **Verbrennungs-** und **Elektromotoren** waren den Anwendungsmöglichkeiten und Dimensionen der Maschinen kaum mehr Grenzen gesetzt und Fabriken mit riesigen Fertigungsstraßen entstanden.

All diese Errungenschaften basieren auf dem Werkstoff Metall.

Seit ihn sich der Mensch zu Nutze machen konnte, spielte er auch im Geräte- und Maschinenbau eine immer essenziellere Rolle. Den zahlreichen Erfindungen auf dem Gebiet der Metallproduktion, wie zum Beispiel der Entwicklung der verschiedensten Stahllegierungen, ist es zu verdanken, dass viele Maschinen erst verwirklicht werden konnten.

Heute teilt sich der **Maschinenbau** in viele **verschiedene Sparten** auf.



Darunter finden sich die Fahrzeugtechnik, Luft- und Raumfahrttechnik, Feinwerktechnik, Schiffstechnik, Baumaschinenteknik, Verfahrenstechnik, Textiltechnik, Papiertechnik, Kunststofftechnik, Werkzeugtechnik, Antriebstechnik, Waffentechnik und viele andere mehr.

**Abb. 10:**  
Programmierbarer Roboterarm, beweglich in alle Raumrichtungen  
Quelle: © ClipDealer



**Abb. 11, 12:**  
Schüler am Steuerungspaneel einer CNC-Fräse während einer Berufsinformationsveranstaltung

Die Produktionsweisen des Maschinenbaus stützen sich dabei immer weniger auf Handarbeit, sondern auf **Automaten, CNC-Maschinen, 3-D-Drucker, Lasercutter und Roboter**. Diese wiederum sind selbst Ergebnisse der Entwicklungen und Innovationen des Maschinenbaus. Sie können als hochkomplexe Fertigungseinheiten digitale Daten, die z. B. mit CAD-Programmen erstellt wurden, in verschiedenen Arbeitsschritten umsetzen.

Computer ermöglichen es sogar, die Funktionstüchtigkeit von großen Anlagen, Fahrzeugen oder Fluggeräten virtuell zu simulieren und zu optimieren, noch ehe auch nur ein Teil real produziert wurde.



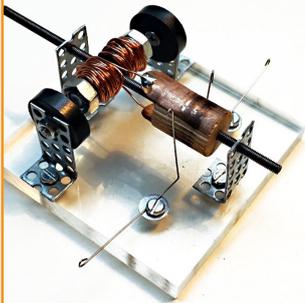
**Abb. 13:** Moderne Off-Shore-Windkraftanlage  
Quelle: © ClipDealer

## Gebrauchsgegenstände

Natürlich gehören auch die bereits oben erwähnten Armaturen, Werkzeuge, Elektroartikel und Normteile zu den Gegenständen unseres täglichen Gebrauchs, allerdings gibt es hier noch sehr viele andere Dinge, die ganz oder zum Teil aus Metall hergestellt sind. **Küchenutensilien**, Gegenstände der **Tischkultur**, **Möbel**, **Spielwaren**, **Bürobedarf**, **Dekormaterial** und **Sportartikel** sind nur einige Beispiele für Bereiche, in denen Metalle Anwendung finden.

### Elektrotechnik

Die große Bedeutung der Metalle für die Elektrotechnik beruht auf der Eigenschaft, dass sie **Strom leiten** können und darauf, dass manche, z. B. Eisenmetalle, **magnetisierbar** sind. In **Generatoren** kann so Strom erzeugt, in **Metalleitungen** elektrische Energie transportiert und in Elektromotoren die Energie in Bewegung umgewandelt werden. Dabei nutzen Generatoren den Effekt, dass bei der Bewegung eines Leiters durch ein Magnetfeld Strom fließt. Bei Elektromotoren wiederum erzeugt fließender Strom ein Magnetfeld, was in Verbindung mit einem zweiten Magnetfeld eine Achse zum Rotieren bringt.



**Abb. 14:** Hinweise zum Bau des abgebildeten Elektromotors findest du unter folgendem Link: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/zusatzinformationen/aufgabe/lernbereich/67656/fachlehrplaene/realschule/9/werken>

Turbinen können heute in modernen **Wind- und Wasserkraftwerken** umweltfreundliche Energie erzeugen, die dann von Elektromotoren ohne Schadstoffausstoß verwertet wird. Dabei ist der Wirkungsgrad der Energieumwandlung in Bewegung meist weitaus höher als bei Verbrennungsmotoren.

**Elektrische Energie** kann aber auch in Licht und Wärme und außerdem über schwingende Membrane in Schallwellen umgewandelt werden.

Für unser Stromnetz wird der erzeugte Strom zunächst in Überlandleitungen aus **Kupfer** oder **Aluminium** mit **Stahlsseele** weitergeleitet. Die Kabel hängen dabei an Hochspannungsmasten aus **Stahlskeletten**. Kleinere Strommengen werden dann, nach dem Transformieren, in **Kupferleitungen** weiterbefördert zu den Verbrauchsgeräten. Diese wiederum besitzen teilweise Metallgehäuse, enthalten Metalleitungen und viele elektronische Bauteile, die auf der Nutzung von Metallen basieren. Solche Bauteile sind z. B. Spulen für Netzteile und Relais, Kondensatoren, Akkus und Batterien, Kühlelemente, Widerstände und Dioden.

Elektrische Leitungen, Leiterbahnen und Bauteile werden mit **Lötzinn** verlötet. **Gold** findet sich als Korrosionsschutz auf vielen Steckverbindungen und Relaiskontakten.



**Abb. 17:** Vergoldete Steckanschlüsse einer Festplatte eines Laptops

**Seltenerdmetalle** (Scandium, Yttrium, Neodym, Lanthan etc.) sind in Hightech-Elektrogeräten und für andere Anwendungen unverzichtbar, so z. B. in Plasma- und Röhrenbildschirmen, in Akkus und Batterien, in Hybridmotoren, Energiesparlampen, Generatoren, Laptops, Lasern, Atomreaktoren, Katalysatoren, Rußpartikelfiltern, für Dauermagneten etc.

Probleme bereitet dabei, dass diese Metalle zum Teil nur sehr selten vorkommen und Deutschland auf Importe, z. B. aus China, angewiesen ist.



**Abb. 15, 16:** Seltenerdmetalle Antimon und Scandium Quelle: alamy

Weil der **Wert der Metalle**, gerade der Edelmetalle und der Seltenerdmetalle, steigt, ist es unumgänglich, **Elektroschrott** konsequent dem **Recycling** zuzuführen. Dabei wird der Schrott geschreddert und die Metalle werden herausgeschmolzen.

### Normteile

Mit der **Massenproduktion von Waren** seit der Industrialisierung, die dann in alle Welt verkauft werden sollten, wurde es nötig, Produkte zu normieren. Es wurden **verbindliche Richtlinien** aufgestellt, z. B. Maße betreffend. Damit wurde gewährleistet, dass Teile zueinander passten, auch wenn sie von verschiedenen Herstellern produziert wurden.

Am augenfälligsten wird dies bei Verbindungssystemen, wie Verschraubungen. So passt z. B. jede Schraube mit dem metrischen Gewinde der Größe Fünf (M5) in eine Mutter mit passendem Innengewinde, egal welche Firma sie herstellt. Eine Norm, die für ganz Deutschland gilt, gibt es seit 1917, die spätere **DIN-Norm** des Deutschen Instituts für Normung. Heutzutage gelten viele Normen für ganz Europa (EN ISO) oder als weltweite **ISO-Norm** der Internationalen Organisation für Normung, was den **Warenaustausch** in einer **globalisierten Welt** sehr vereinfacht.

Beispiele solcher Normteile sind Schrauben, Muttern, Muffen, Nippel, Rohre, Bolzen, Nieten, Profile, Flansche, Installationsmaterial, Zahnräder, Felgen, Werkzeuge etc.



**Abb. 18:** Normteile aus dem Installationsbereich

## Metallgewinnung

### Der Erzabbau

Metalle kommen nur in kleinen Mengen metallisch „gediegen“ in der Erdkruste vor (wie z. B. Gold, Silber und teilweise Kupfer). Meistens sind sie in **Erzen** als **Minerale** an andere Stoffe gebunden, hauptsächlich an Sauerstoff (**oxidische Erze**, wie z. B. Eisenoxid  $Fe_3O_4$ ) oder Schwefel (sulfidische Erze, wie z. B. Kupfersulfid  $Cu_2S$ ). Diese metallhaltigen Mineralien bilden ein Gemisch mit anderen Mineralien (technisch als „Gangart“ bezeichnet) wie z. B. Quarz oder Feldspat. **Gebräuchliche Eisenerze** sind z. B. Magnetit, Hämatit, Limonit, Siderit und Pyrit.

**Kupfer** wird aus Chalkosin (Kupferglanz) oder Chalkopyrit (Kupferkies) gewonnen. Ein wichtiges **Aluminium-Erz** ist das Bauxit, eine Mischung verschiedener Mineralien.



Abb. 19: Tagebau von Gold

Quelle: © ClipDealer



Abb. 20, 21: Hämatit und Bauxit

Quelle: © ClipDealer

Erze werden heute – wenn möglich im **Tagebau** – großtechnisch abgebaut und aufbereitet.

Durch **Mahlen**, **Sintern** und **Pelletieren** werden die Erze auf gleiche Korngröße gebracht (Pellets).

### Verhüttung

Zur Gewinnung der Metalle muss anschließend die chemische Verbindung zwischen Metall und „Rest-Stoff“ aufgelöst werden. Dies geschieht in der Regel durch **Verhüttung**. Von Verhüttung wird immer dann gesprochen, wenn ein metallurgischer Prozess stattfindet. Dabei ist nicht nur die Gewinnung des Metalls aus dem Erz gemeint, sondern auch Umwandlungs- und Umformprozesse gehören dazu. Dies geschieht in Metallhütten, also den Betrieben, die dazu spezialisiert sind (z. B. Eisenhütten, Kupferhütten usw.). Meist sind diese räumlich nahe bei den Erzabbaustätten angesiedelt. Verfahren der Verhüttung sind z. B. der **Hochofenprozess**, der eine lange Tradition besitzt, oder die moderne **Schmelzflusselektrolyse**.



Abb. 22: Stahlarbeiter bei der Eisenverhüttung

Quelle: © ClipDealer

Bei der Verhüttung wird auch die **Schlacke** aus den Metallen entfernt.

Mit Schlacke bezeichnet man glasige oder kristalline nichtmetallische Stoffe, welche die Qualität des Metalls negativ beeinträchtigen würden. Es handelt sich dabei um ein Stoffgemisch, das sich aus basischen und sauren Oxiden zusammensetzt.

Schlacke entsteht bei der Gewinnung von Metallen in der Erzverhüttung. Manche Schlacken enthalten auch giftige Substanzen und ihre Entsorgung ist problematisch.

### Der Hochofen

ist eine großtechnische Anlage, mit der aus den aufbereiteten **Eisenerzen** in einem fortwährenden **Reduktions-** und **Schmelzprozess** flüssiges Roheisen gewonnen wird.

Der Hochofen wird dabei kontinuierlich von oben mit einem Gemisch aus Koks, Eisenerzpellets und weiteren Stoffen beschickt. Der Koks wird durch das Einblasen sehr heißer Luft entzündet und es entstehen extrem hohe Temperaturen (800 bis 2200 °C). Dies führt zu Reduktionsprozessen. Das heißt, dem Eisenoxid wird Sauerstoff entzogen und geschmolzenes Roheisen kann unten am Hochofengestell entnommen („abgestochen“) und zur weiteren Verarbeitung abtransportiert werden. Dabei entsteht auch Schlacke, die auf dem Eisen schwimmt und gesondert abgelassen werden kann. Der beschriebene Prozess erfolgt so lange, bis die sogenannte „Hochofenreise“ (durchgehende Betriebszeit von bis zu 20 Jahren) beendet ist und der Hochofen „ausgeblasen“, sprich abgeschaltet wird.

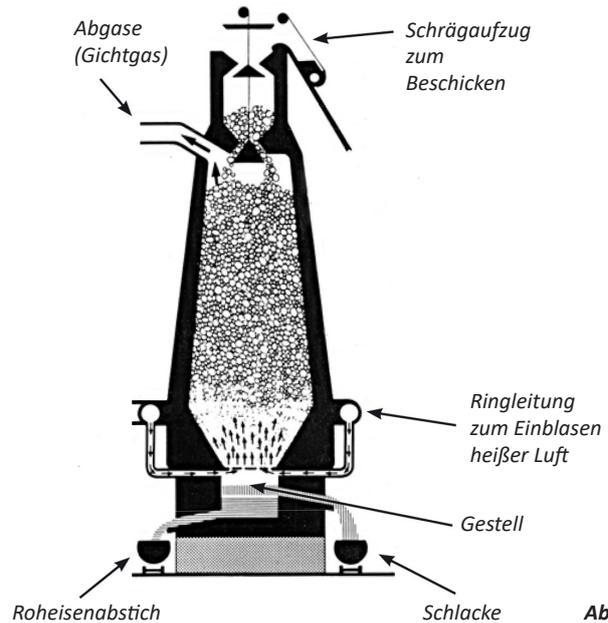


Abb. 23

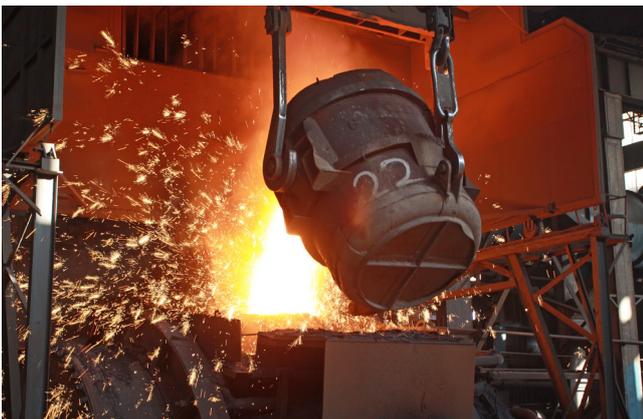


Abb. 24: Flüssiger Stahl

Quelle: © ClipDealer

### Die Stahlerzeugung

Der **Kohlenstoffgehalt des Roheisens** aus dem Hochofen ist noch **zu hoch**, das Metall ist spröde und kann nicht geschmiedet oder geschweißt werden. Bei der Weiterverarbeitung soll **Stahl** hergestellt werden mit einem **Kohlenstoffgehalt unter 2 %**. Er soll bestimmte Eigenschaften wie Rostbeständigkeit, Härbarkeit oder gute Verformbarkeit aufweisen.

Das Ziel ist es, unerwünschte Stoffe, vor allem den Kohlenstoff, aus dem Eisen zu entfernen. Meist wird dazu auf verschiedene Weisen Sauerstoff in das flüssige Eisen gebracht, der den Kohlenstoffgehalt reduziert. Diese **Sauerstoffzugabe** nennt man „**Frischen**“.

### INFO



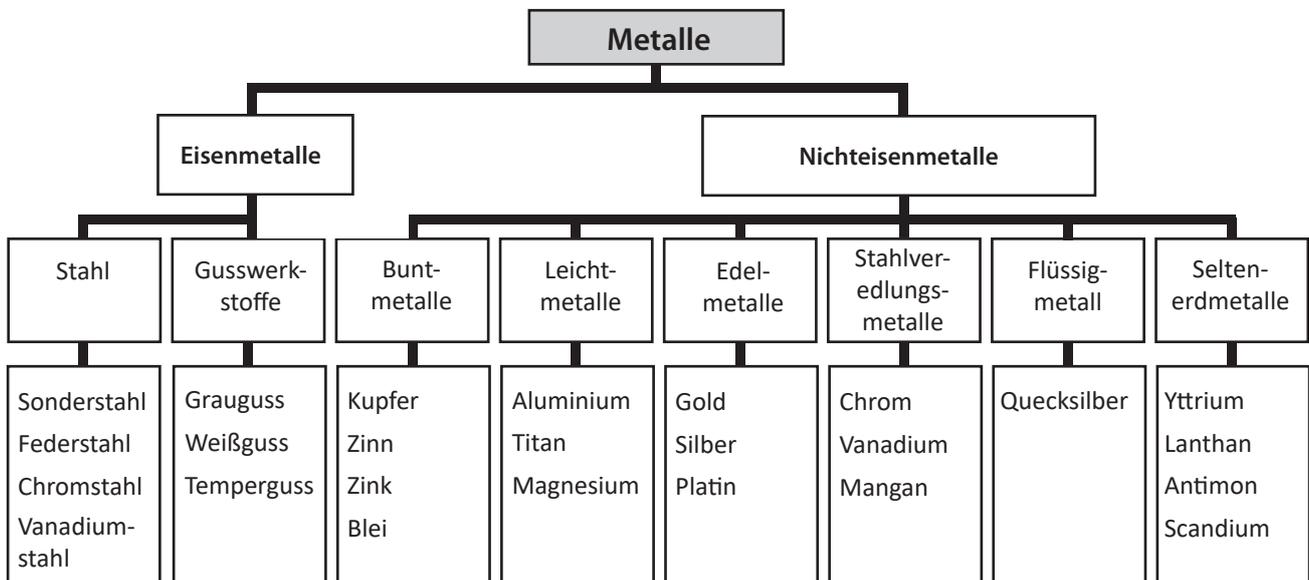
#### Aktuelle Verfahren der Stahlerzeugung

Beim **LD-Verfahren** (benannt nach den Standorten der Firma Voestalpine im österreichischen Linz und Donawitz) wird der Sauerstoff über ein Rohr, die sog. Lanze, in einen Konverter geblasen. Bei modernen **Elektrostahlverfahren** wird die Schmelzenergie durch einen Lichtbogen oder durch Induktion erzeugt. Es entstehen sehr hohe Temperaturen bis 3500 °C, die auch schwer zu schmelzende Elemente wie Wolfram oder Molybdän in die Stahllegierungen einbauen können. Die Kosten für diese Verfahren sind so hoch, dass sie nur für die Herstellung von Edelstählen und anderen Qualitätsstählen benutzt werden. Ein weiteres aktuelles Verfahren ist das **Corex-Verfahren**. Es verläuft in zwei Schritten. Zunächst wird das Eisenerz zu Eisenschwamm reduziert, anschließend finden in einer anderen Vorrichtung die Endreduktion und das Schmelzen des Eisens statt.

#### Historische Verfahren der Stahlerzeugung

Beim **Puddeln** wurde die Roheisenmasse mit Stangen gewendet, damit so viel Oberfläche wie möglich mit dem Sauerstoff der Umgebungsluft in Berührung kam. Andere Verfahren finden in Konvertern (birnenförmigen Stahlbehältern) statt, die unterschiedlich ausgemauert sind, was verschiedene Stahleigenschaften hervorruft. Diese Verfahren beruhen darauf, dass durch Bodendüsen Sauerstoff in das flüssige Eisen gelangt. Die **Bessemer-Birne** und die **Thomas-Birne** arbeiten nach diesem Prinzip. Im **Siemens-Martin-Ofen** erfolgt das Frischen durch den Sauerstoffüberschuss der Brennerflamme.

## Einteilungsmöglichkeiten von Metallen



Im industriellen Bereich wird häufig auf jegliche Einteilung verzichtet und es werden lediglich die exakten chemischen Bestandteile der Metalle genannt. So wird z. B. annähernd reines Zinn schlicht mit Sn99,9 bezeichnet (Abkürzung für lateinisch „Stannum“ und davon 99,9%) oder eine Messinglegierung wird mit ihren exakten Bestandteilen genannt, z. B. CuZn36 (Cu für lateinisch „Cuprum“ und Zn für „Zink“ und davon 36%).



## Einsatzbereiche und Eigenschaften von Eisen- und Nichteisenmetallen

### Wichtige Edelmetalle



Abb. 25: Goldmünzen

#### GOLD

**Chemisches Element.** Schmelzpunkt **1063 °C**. Dichte **19,3 g/cm<sup>3</sup>**. Es ist **weich** und das **dehnbarste** Metall (1 g lässt sich zu einem 2 km langen Draht ausziehen). Man kann es walzen und zu Blattgold hämmern. Um für Anwendungen hart genug zu sein, wird Gold **mit anderen Metallen legiert**. Gold ist sehr korrosionsbeständig. Umwelteinflüsse zeigen keine Auswirkungen, es ist sogar **laugen- und säureresistent**. Es kann lediglich in „Königswasser“ (3 Teile Salzsäure und 1 Teil Salpetersäure) gelöst werden. Gold wird z. B. für Schmuck, liturgische Geräte, Münzen und als Zahnersatz verwendet. Vergoldungen dienen z. B. als **Korrosionsschutz** für Steckverbindungen und Zierrat. Gold wird auch wegen seines recht begrenzten Vorkommens als **Wertmaßstab** an sich verwendet.



Abb. 26: Silberbarren

Quelle: © ClipDealer

#### SILBER

**Chemisches Element.** Schmelzpunkt **960,5 °C**. Dichte **10,5 g/cm<sup>3</sup>**. Es ist relativ **weich, dehnbar** und hat die **beste elektrische Leitfähigkeit** der Metalle. Silber wird **oft legiert**, um es härter zu machen. **Gegen Umwelteinflüsse** ist es **beständig**, kann jedoch bräunlich bis schwarz anlaufen. Es hat **keimtötende** Wirkung und wird deshalb z. B. für Pflaster, Funktionskleidung und in der Wasseraufbereitung verwendet. Meist werden aus Silber aber Schmuck und Münzen hergestellt. Es dient auch als Zahnersatz, zur Herstellung von Besteck, Spiegeln, Thermogefäßen, Batterien, Filmen, Fotopapieren und für Bauteile und Leitungen in der Elektronik.

Wichtige Buntmetalle



Abb. 27: Stangenzinn Sn99,9

**ZINN**

**Chemisches Element.** Schmelzpunkt **231,9 °C**. Dichte **7,28 g/cm<sup>3</sup>**. Es besitzt eine **glänzend silbrige** Farbe. Es ist **weich** und **dehnbar**. Der niedrige Schmelzpunkt ermöglicht das **Verzinnen** anderer Metalle im Tauchverfahren, das **Weichlöten** und das **Gießen** in Formen. Schwarzblech mit einem Zinnüberzug als **Korrosionsschutz** wird als Weißblech bezeichnet. Zum Löten wird Stangenzinn oder Lötendraht angeboten. Das leise Knirschen, das beim Biegen von Zinn zu hören ist, wird „Zinggeschrei“ genannt. Bei niedrigen Temperaturen kann reines Zinn von der „Zinnpest“ befallen werden, wobei sich erst dunkle Ausblühungen zeigen, bevor das Metall nach und nach in graues Pulver zerfällt. Reines Zinn ist **für Lebensmittel geeignet**, weil es im Kontakt mit ihnen keine giftigen Substanzen bildet. Es wird für Geschirr, Dosen und Tuben verwendet.



Abb. 28: Ränderscheibe aus Zinkdruckguss

**ZINK**

**Chemisches Element.** Schmelzpunkt **419,46 °C**. Dichte **7,14 g/cm<sup>3</sup>**. Es glänzt **bläulich-weiß**. An der Luft überzieht es sich mit einer **Schutzschicht gegen Korrosion**. Als Rostschutz erhalten Stahlhalbezeuge, wie Bleche und Rohre, und Stahlgegenstände (Eimer, Wannen, Dachrinnen, Autokarosserien, Lichtmasten usw.) oft einen Überzug aus Zink. Das **Verzinken** geschieht im Tauchverfahren (Feuerverzinken) oder im elektrolytischen Bad (Galvanisieren). Feuerverzinkte Oberflächen sind mattglänzend und weisen unregelmäßige kristalline Muster auf. Als **Gusslegierung** (z. B. Messing) wird es in der Feinmechanik verwendet. Auch Edelmetalllegierungen und Hartlote enthalten Zink. Es ist **nicht für Lebensmittel geeignet**, da es säureempfindlich ist. Die Säuren greifen das Metall an, lösen es auf und es bilden sich **giftige Substanzen**.



Abb. 29: Luftgewehrprojektil  
Quelle: © ClipDealer

**BLEI**

**Chemisches Element.** Schmelzpunkt **327,4 °C**. Dichte **11,34 g/cm<sup>3</sup>**. Es ist sehr **dehnbar** und das **weichste** Metall. Frisch durchgeschnitten **glänzt es silbergrau**. An der Luft überzieht es sich mit einer **mattblaugrauen, korrosionsbeständigen Schicht**. Blei ist sehr gut **kaltverformbar**, es neigt nicht zu Brüchen, selbst wenn man es hämmert. Rohre und Platten können **verschweißt** und sogar **verlötet** werden. Alle Bleiverbindungen, auch Bleidämpfe und -stäube sind **giftig**. Blei ist **säurebeständig** und schon in dünnen Schichten **für Strahlung undurchdringlich**, daher wird es in der Röntgentechnologie eingesetzt. Es findet aber auch Verwendung beim Kunstguss, für Dichtungen, Akkus, Sicherungen, Geschosse, Rohrleitungen, Kabelmäntel und als Bleirute für Verglasungen von Farbfenstern.

Flüssigmetall

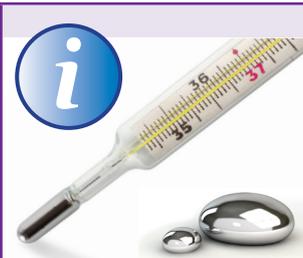


Abb. 30: Quecksilberthermometer  
Quelle: © ClipDealer

**QUECKSILBER**

**Chemisches Element.** Schmelzpunkt minus **38,8 °C** (daher bei Raumtemperatur flüssig). Dichte **13,53 g/cm<sup>3</sup>**. Es ist **beständig gegen Umwelteinflüsse**. Quecksilber ist **giftig** und gibt auch gesundheitsschädliche Dämpfe ab. Trotz seiner Giftigkeit wurde es in Energiesparlampen benutzt. Die Lampen müssen gesondert entsorgt werden. Wenn eine Lampe zerbricht, ist höchste Vorsicht geboten. Quecksilber wird auch in Thermometern, für Batterien, für Bewegungsschalter in der Elektronik und für Kathoden in der Elektrolyse verwendet. Als Mischung mit anderen Metallen kommt es noch immer als Zahnfüllung (Amalgam) zum Einsatz.

## Legierungen

In der heutigen Arbeitswelt werden Metalle nur **selten in reiner Form** verwendet, sondern als Legierungen. Ursprünglich verstand man unter einer Legierung nur die **Mischung zweier oder mehrerer Metalle** zu einem neuen Metall, **zur Verbesserung der Materialeigenschaften**. Meist geschah dies im **Schmelzfluss**, wobei durch verschiedene Mischungsverhältnisse der Metalle, verschiedene Legierungsvarianten mit unterschiedlichen Eigenschaften entstehen.

In unserer Zeit spricht man auch dann von Legierungen, wenn einem Metall **nicht metallische Zusätze** beigegeben werden, z. B. wird Eisen mit Kohlenstoff legiert. Chemisch reines Eisen, ohne Kohlenstoff oder andere Einlagerungen, kommt in der Praxis nicht zur Anwendung, sondern meist in Form von Gusseisen und Stahl.



Abb. 31:  
Bronzetaaler nach dem Guss

### BRONZE

ist eine **Legierung aus Kupfer und Zinn** mit bis zu 20 % Zinnanteil. Je mehr Zinn enthalten ist, desto härter wird dabei die Bronze. Die **Schmelztemperaturen variieren** je nach Zusammensetzung. Auch die Dichte ist nicht konstant, sie liegt etwa bei **8,7 g/cm<sup>3</sup>**. Bronze ist sehr **gut gießbar, hart, zäh** und **verschleißfest**. An der Luft bildet sich eine **schützende Patina**, die auch durch verschiedene Chemikalien farblich beeinflusst werden kann. Bronze findet Verwendung für stark beanspruchte Maschinenlager sowie für Armaturen und Federbleche, außerdem für Kirchenglocken und künstlerischen Bronzeguss. Oft kommt hierbei das Wachsaußschmelzverfahren zur Anwendung, welches bereits in der Antike bekannt war.



Abb. 32:  
Bruchstelle einer Mosaikzange aus Gusseisen

### GUSSEISEN

liegt vor, wenn der **Kohlenstoffgehalt deutlich mehr als 2 %** beträgt. Sein Schmelzpunkt liegt bei über **1400 °C**. Es weist eine Dichte von **7,86 g/cm<sup>3</sup>** auf und ist von **hoher Gießbarkeit**. Die Verarbeitung und Formung zu Halbzeugen und Werkstücken erfolgt auch meist durch Gießen, da das Metall in der Regel **nicht schmiedbar** ist. Je nach der Art der Kohlenstoffeinlagerungen kann Gusseisen sehr **spröde und bruchgefährdet** sein, aber auch Zugfestigkeit aufweisen. Manche Gussarten können sogar stahlähnliche Eigenschaften erreichen. Beispielsweise Getriebegehäuse für Werkzeugmaschinen und Kurbelgehäuse für Dieselmotoren, Kurbelwellen, Arbeitsspindeln von Drehmaschinen, aber auch Hand-Werkzeuge und Zierat werden aus Gusseisen hergestellt.



Abb. 33:  
Küchenutensilien aus Edelstahl in einem Edelstahlpülbecken

### STAHL

Von Stahl spricht man, wenn der Hauptbestandteil des Werkstoffs Eisen ist, dessen **Kohlenstoffgehalt unter 2 %** beträgt. Auch Stahl benötigt über **1400 °C** um zu schmelzen. Seine Dichte liegt bei **7,85 g/cm<sup>3</sup>**. Er wird durch Umformen weiterverarbeitet, zum Beispiel durch Walzen. Stahl ist aber auch **schmiedbar** und kann sehr **zugfest, hart, zäh** und **biegefähig** sein. Je nach Behandlung bei der Herstellung und je nach den unterschiedlichen Legierungszusätzen, kann Stahl **vielfältige Eigenschaften** haben und findet ebenso breitgefächert seine Anwendungen. So kann Stahl hergestellt werden, der völlig rostfrei bleibt und beispielsweise für Spülbecken in Küchen genutzt wird. Aber auch als Baustahl oder Werkzeugstahl, im Maschinenbau, Schienenbau, Fahrzeugbau und für Waffen findet Stahl Verwendung.

# Gewindeschneiden

Beim Gewindeschneiden werden schraubenförmige Rillen, die **Gewiddegänge**, aus Bohrungen oder Bolzen **herausgespant**. Man unterscheidet das Schneiden von **Innengewinden** und das Schneiden von **Außengewinden**.

## Das Schneiden von Innengewinden

Zunächst wird der Bohrmittelpunkt als Kreuz mit der Reißnadel **angerissen** und mit dem Körner **angekört**.

Dann wird das Kernloch (Loch, welches das Material durchdringt) **gebohrt**. Genaue Bohrlochdurchmesser sind in der folgenden Tabelle für einige im Werkbereich gebräuchliche Gewindedurchmesser angegeben.

Gewinde $\varnothing$	M4	M5	M6	M8
Bohrer $\varnothing$	3,3 mm	4,2 mm	5,0 mm	6,8 mm

Mit der folgenden **Faustregel** ergeben sich zwar abweichende Maße, allerdings kommt man mit ihr meist auch zu brauchbaren Ergebnissen.

„**Nenn**durchmesser x 0,8“

z. B. für ein M4-Gewinde:  $4 \times 0,8 = 3,2$  mm

Nach dem Bohren werden die Löcher **angesenkt**, damit der Gewindebohrer besser anschneiden kann. Wird ein Satz Gewindebohrer verwendet, so werden die Bohrer in folgender Reihenfolge benutzt:

Vorschneider, Mittelschneider, Fertigschneider.

Üblich sind sogenannte **Einschneider**, die es ermöglichen, in einem einzigen Arbeitsgang mit nur einem Werkzeug zu schneiden.

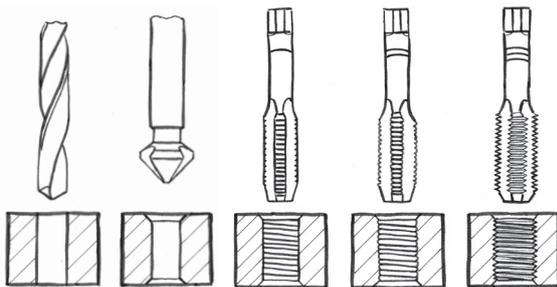


Abb. 34: Bohren, Senken, Vor-, Mittel-, Fertigschneiden

Der jeweils **passende Gewindebohrer** wird in das Windeisen eingesetzt und das Werkstück wird **fest eingespannt**. Damit keine einseitig erweiterten oder schiefen Gewinde entstehen, müssen alle Gewindebohrer **exakt in Richtung der Achse des Kernlochs angesetzt** werden, was besonders beim Vorschneider erhöhte Konzentration erfordert. **Schneidöl** oder Schneidpaste erleichtert das **Gewindebohren**. Auch werden die Gewiddegänge exakter und sie reißen nicht aus. Die entstehenden Späne werden durch **wechselseitiges Vor- und Rückwärtsdrehen** des Schneidbohrers gebrochen und gelockert.

Dabei gelangt auch frischer Schmierstoff an die Schneiden und der Gewindebohrer verklemmt nicht im Bohrloch. Dies ist besonders bei zähen Werkstoffen, bei großen Gewindetiefen und bei Grundlöchern (Löcher, die das Material nicht durchdringen) wichtig. Grundlöcher werden außerdem tiefer gebohrt als die nutzbare Gewindelänge, weil man Gewinde nicht bis zum Grund der Bohrung schneiden kann. Gefühlvoller Umgang mit den Gewindebohrern ist geboten, da ihr extrem harter Stahl sehr spröde und daher **bruchgefährdet** ist.

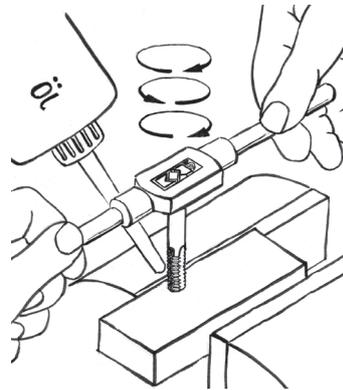


Abb. 35: Gewindeschneiden

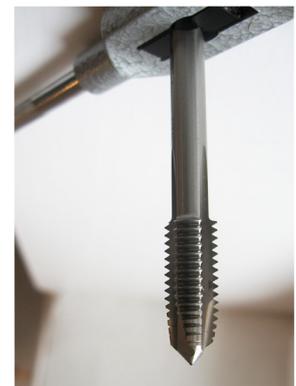


Abb. 36: Einschneider in ein Windeisen eingespannt

## Das Schneiden von Außengewinden

Hier wird das **passende Schneideisen** für den zu bearbeitenden Bolzen gewählt und in den Schneideisenhalter eingesetzt. Das zu fertigende Gewinde entspricht dabei dem vorliegenden Bolzendurchmesser,

z. B. Bolzen 6 mm Durchmesser = Gewinde M6.

Der Bolzenkopf wird **angefast**, damit sich das Schneideisen leichter ansetzen lässt. Der Bolzen wird **fest eingespannt** und das Schneideisen unter Druck **im rechten Winkel auf den Bolzen gesetzt** und auf diesen **aufgedreht** und anschließend **weitergedreht**. Auch hier wird ein einwandfreies Ergebnis durch **Schmieren** und **wechselseitiges Vor- und Rückwärtsdrehen** gewährleistet.



Abb. 37, 38: Schneideisenhalter und Schneideisen für Außengewinde

## Fügen durch Schraubverbindungen

Durch Verschrauben können unterschiedliche **Halbzeuge oder Werkstückteile**, auch aus verschiedenen Werkstoffen, **lösbar** miteinander **verbunden** werden. Dabei werden die Teile **aneinander gepresst**. Metalle werden mit Metallschrauben oder Gewindebolzen und Muttern (oder Innengewinden in einem der zu verschraubenden Teile) miteinander verbunden.

**Metallschrauben und Muttern** sind nach **DIN genormt**. Meist bestehen die Schrauben aus **Kopf, Schaft** und **Außengewinde**, die Muttern besitzen ein **Innengewinde**. Die meisten Schrauben werden mit **Rechtsgewinde** verwendet. Für spezielle Anwendungen gibt es auch **Linksgewinde**, z. B. bei Spannschlössern oder um das Blatt einer Kreissäge zu befestigen, das sich bei der Rotation während des Sägens so nicht lösen kann.

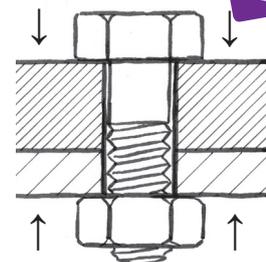


Abb. 39: Schemadarstellung einer Verschraubung

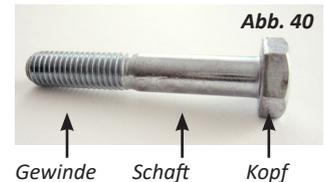


Abb. 40

### Gebräuchliche Schrauben

- Zylinderschraube mit Schlitz
- Zylinderschraube mit Kreuzschlitz
- Zylinderschraube mit Innensechskant
- Sechskantschraube
- Senkschraube mit Schlitz
- Senkschraube mit Kreuzschlitz
- Senkschraube mit Innensechskant
- Schlossschraube
- Linsensenkkopfschraube mit Schlitz
- Linsensenkkopfschraube mit Kreuzschlitz
- Blechschaube
- Flügelschraube



Abb. 41–52

### Gebräuchliche Muttern und Scheiben



Sechskantmutter rechts selbstsichernd

Hutmutter

Flügelmutter

Beilagscheibe

Sprengring

Zahnscheibe

Federscheibe

Abb. 53–60

### Werkzeuge zum Verschrauben

- Abb. 61: Steckschlüssel (mit Ratsche und Nuss)
- Maulschlüssel
- Maul- und Ringschlüssel kombiniert
- Ringschlüssel
- Innensechskantschlüssel (Inbusschlüssel)
- „Franzose“ (verstellbarer Schraubenschlüssel)
- Schraubendreher (Schlitz, Kreuzschlitz etc.)

Abb. 62: Akkuschauber mit Bits



Abb. 61



Abb. 62

### Arbeitsvorgang

Zunächst müssen die zu verschraubenden Teile **gebohrt** werden. Der **Schraubendurchmesser** muss mit dem nötigen Spiel zum Durchmesser dieser Löcher passen, damit die Teile in der richtigen Lage und nicht verschoben zusammengepresst werden. **Beilagscheiben** dienen der gleichmäßigen Druckverteilung. Der **Schraubendreher** muss der Größe und Art der Schraube entsprechend ausgewählt werden, ebenso der **Schraubenschlüssel** passend zu den Maßen des Schraubenkopfs bzw. der Mutter. Um Schrauben **gegen ungewolltes Aufdrehen**, z. B. durch Vibrationen, zu sichern, verwendet man Zahnscheiben, Federscheiben, Sprengringe oder selbstsichernde Muttern.

## Fügen durch Löten

Löten ist das **nicht lösbare Verbinden** von **Metallteilen** durch **schmelzbare Bindemetalle** (Lote) unter entsprechender **Erhitzung**. An den Kontaktstellen entstehen dünne Legierungsschichten. **Hartlöten** vollzieht sich je nach Lotzusammensetzung bei einer Temperatur von ca. 550 bis 1000 °C, **Weichlöten** bei etwa 180 bis 450 °C.

### Weichlöten

Als **Lot** verwendet man heute bleifreie Zinnlote (z. B. Zinn-Kupfer-Legierungen. „Sn99,3Cu0,7“ z. B. bedeutet: 99,3 % Zinngehalt und 0,7 % Kupfergehalt). Der **Schmelztemperaturbereich** solcher Lote liegt bei 180 bis 450 °C. Sie werden als Stangen- oder Drahtlot gehandelt. **LötKolben** übertragen die Hitze durch eine flüssige Lötzinnbrücke an der Spitze in das Material und eignen sich je nach **Anschlusswert** für verschiedene Arbeiten (15–30 Watt: feine Lötarbeiten; 50–100 Watt: dünne Bleche; ab 150 Watt: dickere Bleche und Drähte). Für großflächigere Arbeiten wird der **Gaslöt Brenner** eingesetzt, der das Werkstück

meist vollständig auf Löttemperatur bringt. **Lötzinn** ist ein relativ weiches Material. **Je mehr mechanische Belastung** eine Lötstelle aushalten muss, **desto größer sollten die Flächen sein**, die verlötet werden (Blechkanten umbiegen, keine stumpfen Verbindungen). Es dürfen vor dem Löten noch **keine hitzeempfindlichen Teile** am Werkstück angebracht sein! Mehr Lötzinn als nötig an die Lötstelle zu bringen, erhöht die Belastbarkeit der Verbindung nicht.

### Vorbereitende Arbeiten am LötKolben

- Kabel und LötKolben auf Schäden kontrollieren.
- Mechanische Reinigung der LötKolbenspitze durch Feile oder Schleiflein (nicht bei Dauerlötspitze).
- Chemische Reinigung der LötKolbenspitze am Salmiakstein (LötKolben vorher erhitzen).
- Verzinnen der LötKolbenspitze mit Lötzinn (verhindert Oxidieren der Kupferspitze).

### Arbeitsvorgang

Die zu lötenden Oberflächen werden zunächst **von Fett und Oxid gereinigt**, denn mit dem Metalloxid lässt sich keine Legierungsschicht herstellen. Das Reinigen kann durch Fachleute **chemisch** z. B. mit verdünnter Schwefelsäure erfolgen, die anschließend gründlich abgewaschen wird, oder **mechanisch** durch Feilen, Schaben mit dem Dreikantschaber oder Polieren mit Stahlwolle.

Die Teile werden auf einer **hitzeunempfindlichen Unterlage** exakt in Position gebracht. Dabei müssen sie sicher und **spannungsfrei fixiert** sein. Festhalten wäre wegen der Hitze nur mit Zangen möglich. Beide Hände sind aber ohnehin für die Arbeit nötig. Die zu lötenden Teile sollten sich so überlappen, dass ein schmaler Spalt entsteht, die „**Löt fuge**“. In diesen Spalt kann das geschmolzene Lot gut „einschießen“ (Kapillareffekt bis ca. 0,5 mm). **Lötmittel** wie Lötwasser oder Lötfett sollten bei der Verwendung von Stangenlot zusätzlich aufgetragen werden, um die Bildung einer Oxidschicht beim Erhitzen zu verhindern und das Lot besser fließen zu lassen. Im Löt draht ist ein Flussmittel üblicherweise bereits enthalten („Flussmittelseele“ meist aus Kolophonium).

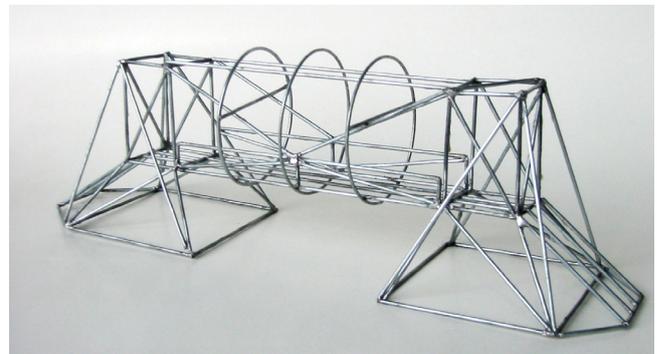


Abb. 63: Gelötete Brücke, Schülerarbeit



Abb. 64: Löt vorgang

Mit dem **LötKolben** werden die Teile auf **Löttemperatur** erhitzt. Nun wird das **Löt zinn** an den Spalt gebracht. Durch den Kontakt mit dem heißen Werkstück wird es flüssig und **schießt in den Spalt ein**.

**Das zugeführte Lot muss dabei am Metall und nicht an der LötKolbenspitze schmelzen!**

Erst wenn die Lötstelle in Ruhe **erkalten** konnte, wird das Werkstück **ausgespannt** und bewegt. **Flussmittelreste** werden nun z. B. mit Seifenlauge entfernt. Überstehendes Löt zinn wird nötigenfalls abgeschabt oder abgefeilt.

## Gesundheitsschutz

Etliche Unfallgefahren beim Bearbeiten von Metallen hast du bereits in der 8. Klasse kennengelernt (siehe Infoheft Metall 8, S. 19). Das Löten birgt weitere Gefahren.

- **Elektrische Anschlusskabel** dürfen nicht mit den heißen Teilen der Lötgeräte in Berührung kommen, da sonst der Kunststoffmantel des Kabels **durchschmolzen** werden könnte. Dabei treten nicht nur gesundheitsschädliche Dämpfe auf, sondern es kann zu **tödlichen Stromschlägen** kommen. Lötgeräte mit beschädigten Kabeln **dürfen nicht verwendet werden** und müssen von einem Fachmann repariert werden.
- Bei der Arbeit mit dem LötKolben oder dem Lötbrenner können **Verbrennungen** entstehen. Die Heizzone des LötKolbens und die Lötspitze, die Brenndüse des Lötbrenners, sowie erhitzte Teile des Werkstücks **dürfen daher nie berührt werden**.
- Lötfeet- und Lötflussmitteldämpfe, außerdem **Dämpfe** durch einen Salmiakstein können die **Atemwege schädigen**. Beim Löten ist daher gut zu lüften und am besten mit einer Absauganlage oder mit einem **Lötdampfabsorber** zu arbeiten.
- Bei der Verwendung von Lötzinn muss darauf geachtet werden, in jedem Fall zu **bleifreien Varianten** zu greifen. Besonders bei Altbeständen können noch die **gesundheitsschädigenden Legierungen** mit Blei vorkommen.



Abb. 65: LötKolben mit lebensgefährlichem Anschlusskabel

## Umweltbewusster Umgang

Metalle sind wertvolle Rohstoffe, die nur in begrenzten Mengen auf der Erde vorkommen. Die folgenden Grundsätze sollten deswegen beim Umgang mit Metallen berücksichtigt werden.

- Unnötigen Verbrauch **gänzlich vermeiden**, z. B. auf überflüssigen Metallzierrat verzichten.
- Sinnvolle **Alternativen** zu Metall verwenden, z. B. statt Dosen Mehrwegflaschen nutzen oder Papier statt Alufolie als Verpackung.
- Wenn Metallverwendung, dann **sparsam**, z. B. Werkarbeiten gut planen, intelligente Nutzung der Fläche, Verschnitt gering halten.
- Produkte aus Metall **mehrmals verwenden**, z. B. Alufolien öfter verwenden.
- Abfall dem **Recycling** zuführen, z. B. Elektronikprodukte, wie Computer und Handys, welche seltene Metalle enthalten.

## Design und Funktionalität bei Gebrauchsgegenständen

Der gestalterische Grundsatz „**form follows function**“, wonach sich gelungenes Design immer am Verwendungszweck orientiert, wurde bereits im Bauhaus als richtungsweisend erkannt. In der 1919 in Dessau gegründeten Schule für Gestaltung verwirklichte man unter Leitung des Architekten Walter Gropius das Ziel, **Handwerk und Kunst** unter modernen Gesichtspunkten miteinander zu verbinden. Aufgrund der Bevorzugung von **linearen geometrischen Formen** zeichnen sich Werkstücke und Architektur des Bauhauses durch große **Einfachheit** und **Effektivität** aus. Sie wirken schlicht und zeitlos-elegant, weshalb sich das Gegenwartsdesign gerne auf die Bauhausprinzipien bezieht.



**Abb. 66:**  
Aula des Bauhauses Dessau: Die klare Form der Inneneinrichtung zeigt sich auch in der Fensterfassade. Die Sitze sind ansteigend angeordnet, um optimale Sicht zu bieten, klappen nach dem Aufstehen raumsparend hoch und geben den Zwischengang frei.

Quelle: alamy



**Abb. 67:**  
Der 1925 nach Bauhausprinzipien konzipierte Freischwinger, ein Stuhl ohne Hinterbeine, ermöglicht durch seine Metallkonstruktion ein wippendes Sitzen, das weniger ermüdet. Die Sitzfläche und die Rückenlehne bestehen aus Leder oder Leinen.

© ClipDealer

Das Bemühen um eine **ansprechende Ästhetik** bei gleichzeitig **optimaler Funktion** beweist sich im Materialbereich Metall in unterschiedlichsten Anwendungen. In der Architektur, aber auch bei Produkten des täglichen Lebens wie Werkzeugen oder Essbesteck und im Fahrzeugbau sind eine Vielfalt von Varianten möglich.

Eine seit Jahrhunderten bestehende Funktionsanforderung wie die Aufnahme von Nahrung führt nur im Detail zu sehr voneinander abweichenden Varianten. Dies zeigt sich auch bei **Alltagsgegenständen**, z. B. diesen Löffeln, die sich – obgleich zum Teil mehrere Jahrzehnte alt – noch immer in Gebrauch befinden.



**Abb. 68**

## Problematik der Seltenerdmetalle



**Seltenerdmetalle** spielen aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften in der Digitaltechnik eine wichtige Rolle, z. B. für die **Farbdarstellung** auf **Bildschirmen** oder die Herstellung von **Dauermagneten**, **Turbinen** und **Triebwerken**. Sie erhielten ihren Namen, weil sie zuerst in seltenen Mineralien entdeckt wurden.

**Abb. 69:** Neodym-Stein, der zur Gruppe der Seltenen Erden gehört, dem stärksten magnetischen Erz der Welt, das in der Technologiebranche verwendet wird.  
Quelle: © ClipDealer

In der chinesischen Mongolei befinden sich die weltweit größten Vorkommen Seltener Erden, die unter großem chemisch-physikalischen Aufwand vom Muttergestein getrennt werden müssen, was zu **hohen Umweltbelastungen** führt. Beim Herauslösen aus dem Boden durch **Säure** bleiben große Schlammengen zurück. Diese stellen aufgrund ihrer **Schwermetallbelastung** eine **starke Gefährdung des Grundwassers** dar. Jährlich werden etwa 130 000 Tonnen Seltenerdmetalle gefördert. 2015 wurden im Rhein Muscheln gefunden, die einen **gesundheitsschädigenden Schwermetallanteil** an Lanthan und Samarium aufwiesen. Diese wurden durch die Erdölindustrie freigesetzt, welche Seltene Erden als Katalysator für chemische Prozesse nutzt.

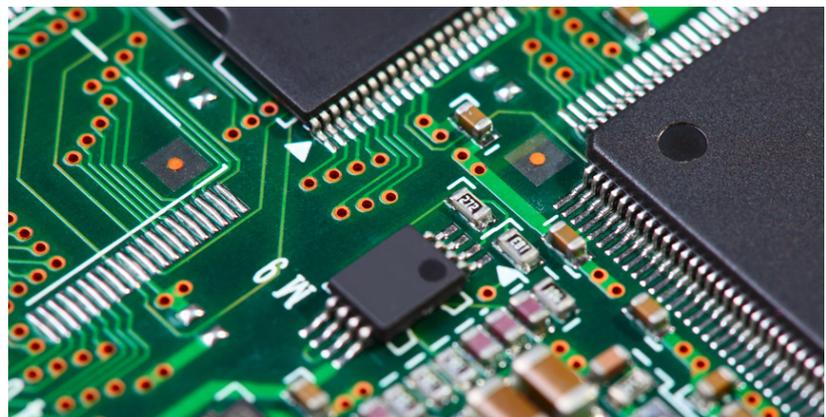
Das **Recycling von Seltenen Erden** ist somit ein **ökologisch notwendiger Schritt**, die Umwelt- und Wasserverschmut-

zung zu reduzieren, obgleich die Wiederverwertung bislang noch in den Kinderschuhen steckt.

Die in **Mobiltelefonen**, **Energiesparlampen** und **Bildschirmen** verwendeten Seltenerdmetalle sind nur unter großen Schwierigkeiten voneinander zu trennen, da sie **chemisch sehr ähnliche Eigenschaften** aufweisen. Allerdings zeigen sich vielversprechende Ansätze: So gelingt es inzwischen durch **Bakterienkulturen**, bestimmte Schwermetalle herauszulösen. Auch durch **elektrokinetische Verfahren**, die sich das unterschiedliche Verhalten der Seltenerdmetalle bei Stromfluss zunutze machen, können diese Stoffe getrennt und somit recycelt werden, wodurch die chemische Industrie auch unabhängiger von Importen aus anderen Staaten wird.

## Elektroschrottreycling

Neben den Seltenerdmetallen verbergen sich im Elektroschrott weitere Metalle, die ein Recycling unerlässlich machen. Bislang beschränkte sich die Wiederverwertung vor allem auf **Kupfer**, **Eisen**, **Stahl**, **Aluminium** und **Kobalt**, doch auch Edelmetalle wie **Platin**, **Gold** und **Silber** lassen sich durch gezielte chemisch-physikalische Prozesse rückgewinnen.



**Abb. 70:** Platine eines Computers. Die Kontakte aus Silber, Gold und Wolfram sind präzise und sorgfältig verlötet.  
Quelle: © ClipDealer

Wenn eine Tonne Computerschrott recycelt wird, erhält man immerhin 70 kg Kupfer, 130 g Silber und fast eine Unze (etwa 30 g) Gold, die allein einem Marktwert von derzeit über 1600 Euro entspricht.

Dennoch wird bislang nur etwa ein Fünftel der jährlich 10 Millionen Tonnen Elektroschrott dem Produktionskreislauf wieder zugeführt. Dabei wird dieser **Wohlstandsmüll** nicht selten in afrikanische Länder, nach China oder Indien **exportiert**, wo keine **umweltgerechten Trennanlagen** vorhanden sind und oft durch **Kinderarbeit** die aufwändige Handsortierung verrichtet wird. Erst vor wenigen Jahren entwickelte man ökologisch verantwortungsvolle Recyclingprozesse, z. B. durch **gepulste Energie**, die Plastik- von Metallbestandteilen separiert.



**Abb. 71:** Recycling von Elektroschrott: Nicht verwendete elektronische Konsumgüter werden gesammelt und recycelt. Quelle: alamy

## Urban Mining

Ein interessanter Ansatz unter ökologischen Gesichtspunkten ist das **Urban Mining**. Darunter versteht man analog zum klassischen Bergbau die **Nutzung der wachsenden Städte als Rohstofflagerstätten**. Weil jedes industriell erzeugte Produkt sich in einem Kreislauf von der Herstellung zum Gebrauch, zur Entsorgung und dem anschließenden Recycling befindet, fallen **in dicht besiedelten Gebieten gewaltige Rohstoffmengen** und **Ressourcen** an, die es zu nutzen gilt.

Wertvolles Metall in **Infrastruktur, in Gebäuden** und in **Konsumgütern**, aber auch z. B. im Schlamm von Kläranlagen, kann, teils durch **Mülltrennung** und **Rücknahmesysteme** wie den „Grünen Punkt“, der Wiederverwendung zugeführt werden. Dies **reduziert Schadstoffemissionen** deutlich.

Seit 1990 wurden in Deutschland durch gezieltes Recycling etwa 50 Millionen Tonnen Kohlendioxid eingespart.

Eine Sonderform des Urban Mining stellt das **Landfill Mining** dar, hierzulande als „**Abfallbergbau**“ bekannt. Darunter versteht man die **Rückgewinnung von Metallen** wie Kupfer, Eisen und Messing aus Mülldeponien, aber auch die Verwendung des Abfalls als energiereichen Brennstoff in speziellen Öfen für die Zementherstellung, wodurch Steinkohle ersetzt werden kann. Allerdings sind die **Kosten für die Rohstofftrennung sehr hoch**, zudem sind die Deponien häufig durch **giftige Zerfallsprodukte, Stäube** oder **chemische Schadstoffe** belastet.



In Europa gibt es bis zu 500 000 Mülldeponien, die eine bedeutende Rohstoffressource bilden. Durch innovative Verfahren gelingt eine nachhaltige Nutzung der deponierten Rohstoffe. Die **thermische Umwandlung** der brennbaren Anteile erzeugt in Pilotprojekten durch moderne Anlagentechnik **Wasserstoff**, der für nachhaltige Antriebssysteme benutzt werden kann. Die dabei anfallenden **verglasten Rückstände** können in der **Bauindustrie** Verwendung finden, was ebenfalls der Nachhaltigkeit dient.

**Abb. 72: Landfill Mining**  
Quelle: © ClipDealer