



# METALL

**Jahrgangsstufe 9**

**Arbeitsheft für das Fach Werken  
an Realschulen in Bayern**

Erarbeitet im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus

### Leitung des Arbeitskreises

Elisabeth Mehrl, ISB

### Mitglieder des Arbeitskreises:

Wolfgang Gobmeier, Staatliche Realschule Pfaffenhofen a.d. Ilm

Jens Knautd, Staatliche Realschule Roth

Marie-Luise Pfeifer, Staatliche Realschule Nabburg

Günter Trager, Staatliche Realschule Altötting

### Bildrechte: wenn nicht anders angegeben, Günter Trager (Autor)

Titelbild, Fotolia: red-hot molten steel© Inzyx

S.3: Olympiastadion Peking, Elisabeth Mehrl

S.4: Stahlarmierung, Wiki commons,

Urheber: w: en: User: Zeizmic

S.5: Transrapid, Wiki commons,

Urheber: de: Benutzer: Jusco

Brückenlager, Wiki commons, Urheber: de: Benutzer: KMJ

Queen Mary 2, Wiki commons, Urheber: de: Benutzer: KMJ

S.8: Hämatit, Wiki commons, Urheber: Rob Lavinsky

Chalkopyrit, Wiki commons, Urheber: de: Benutzer: Ra`ike

Tagebau von Uran, Wiki commons, Urheber: Ikiwaner

S. 9: Roheisenabstich, Wiki commons,

Urheber: Třinecké železářny

LD-Konverter, Wiki commons, Urheber: Axel1963

S. 10: Silberbarren, Wiki commons, Urheber: Szaaman

S. 11: Quecksilber, Wiki commons, Urheber: own work

S. 13: Metallgefüge, Wiki commons, Urheber: Alchemist-hp

Pyrit, Wiki commons, Urheber: JJ Harrison

S. 16: gelötete Brücke, Elisabeth Mehrl

S. 18: Metallschrott, Wiki commons, Urheber: Paul Goyette

Elektroschrott, Wiki commons, Urheber: Volker Thies

### Herausgeber:

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung

München 2011

### Anschrift:

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung

Abteilung Realschule

Schellingstr. 155

80797 München

Tel.: 089 2170-2446

Fax: 089 2170-2823

Internet: [www.isb.bayern.de](http://www.isb.bayern.de)

### Hinweis:

Die Gliederung im Heft entspricht dem Lehrplan im Fach Werken und deckt alle prüfungsrelevanten Inhalte des Profulfaches ab.

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



Dieses Zeichen findest du bei einigen Schemazeichnungen. Es bedeutet, dass die Zeichnung **prüfungsrelevant** ist. Diese Zeichnung musst du selbstständig anfertigen können.

## Die Bedeutung und Verwendung der Metalle seit der Industrialisierung

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, machte den Werkstoff zu einer **begehrten Handelsware**. So wurden Metalle in Form von Barren oder Doppeläxten und später als Münzen **Zahlungsmittel** für Waren - der Tauschhandel wurde immer wichtiger. 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 sog. **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 zeigen ihre Errungenschaften auf sogenannten Weltausstellungen. Im Jahre 1889 beeindruckte dabei Frankreich mit einem eigens für die Ausstellung von Gustav 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.

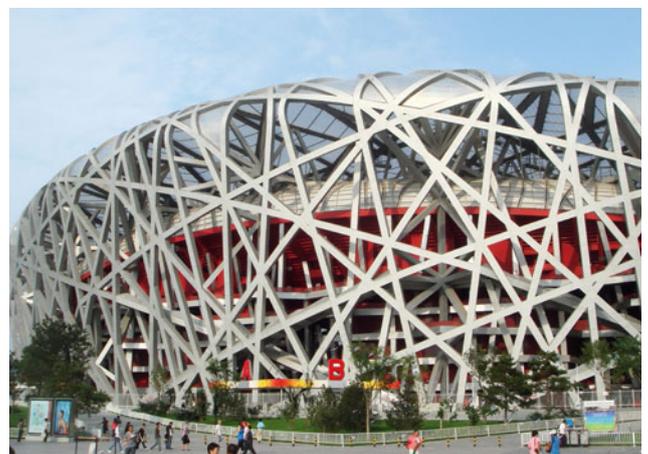
Übertreffen sollten diese Höhe schon bald gewaltige Wolkenkratzer in den Metropolen der USA.



Detailansicht des Eiffelturms in Paris

#### AUFGABE

Suche weitere Bilder von Gebäuden, die von Metallstrukturen getragen werden, und klebe sie auf ein Zusatzblatt.



Äußeres Metallstrebenwerk des Olympiastadions in Peking

**Stahlbeton und Spannbeton**

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. Jh. 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.



Armierung aus Stahl vor dem Betonguss



Außenverkleidung einer Wand mit Aluminiumblech

**Aluminium und andere Metalle im Bauwesen**

Bedeutsam wurde auch die Verwendung von Aluminium als Baustoff, da es aufgrund **vieler positiver Eigenschaften vielfältig verwendet werden kann**. 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.

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 **Blei** und **Zinn** werden Kupferdachbleche und Rohre wasserdicht verlötet. Aus **Messing** werden Beschläge, Tür- und Fenstergriffe und Armaturen, die zudem einen glänzenden Überzug aus **Chrom** erhalten, gefertigt.



Nenne Eigenschaften, die Aluminium zu einem beliebten Baustoff machen. Ziehe dabei das Arbeitsheft Metall der achten Klasse zu Rate.

---



---



---



---



---

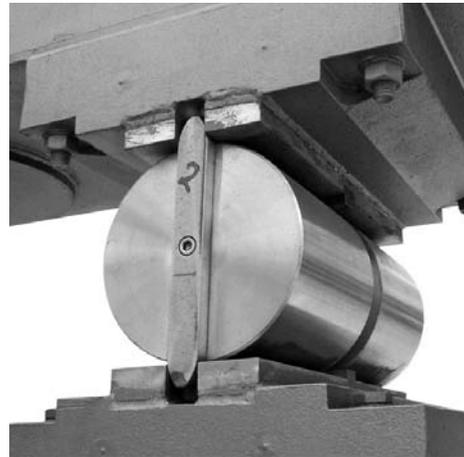
### Verkehrswesen

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 Eisenchassis montiert und oft selbst aus Eisen waren, ermöglichte die Eisenbahn einen **noch nie dagewesenen Warenverkehr**.

Natürlich profitierte davon auch der **Personenverkehr**, da man **so schnell wie noch nie** Entfernungen überbrücken konnte, was auch immer mehr Menschen nutzten. Dies erlaubten auch moderne **Dampfschiffe**, die ebenso wie die Lokomotiven von Dampfmaschinen angetrieben wurden, deren Dimensionen jedoch noch viel größer waren. Solche Schiffe wuchsen sich im Laufe der Zeit zu wahren Ozeanriesen aus 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, Verstrebungen, Tragflächen, Propeller und Leitwerke eingesetzt wurde.



Magnetschwebebahn Transrapid, ausgestellt vor dem Münchener Flughafen



Brückenlager aus Stahl



Passagierschiff Queen Mary 2

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 **Verkehrswegbau**. Neben dem bereits erwähnten Schienennetz der Eisenbahn ist hier der Brückenbau anzuführen, der durch Stahlträgerkonstruktionen und an Stahlseilen aufgehängte Fahrwege einen Höhepunkt erreichte, der durch die Verbindung von Stahl mit Beton noch einmal gesteigert werden konnte. Außerdem werden die Verkehrswege gesäumt von Stellwerken, Signalanlagen, Lichtmasten, elektrischen Oberleitungen, Verkehrsschildern, Leitplanken und vielem mehr.

**AUFGABE** → *Erstelle eine Mindmap zur Verwendung von Metallen im Verkehrswesen.*

### 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. Jh. 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 Nutzen machen konnte, spielte er auch im **Geräte- und Maschinenbau** eine immer wesentlichere 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 die Maschinenproduktion in viele verschiedene Sparten auf.

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

Die Produktionsweisen des Maschinenbaus stützen sich dabei immer weniger auf Handarbeit, sondern auf **Automaten, CNC-Maschinen** 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 großer Anlagen virtuell zu simulieren und zu optimieren, noch ehe auch nur ein Teil real produziert wurde.



Schüler am Steuerpaneel einer CNC-Fräse während einer Berufsinformationsveranstaltung

**AUFGABE** → Nenne Maschinen, die du für die Metall-, Kunststoff-, Holz- und Papierherstellung oder Verarbeitung bereits im Werkunterricht kennengelernt hast.

### 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 herstellte. 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, Zahnräder, Muffen, Nippel, Rohre, Werkzeuge, Bolzen, Nieten, Profile, Flansche, Installationsmaterial, Felgen und vieles mehr.



Verschiedene genormte Installationsteile

**AUFGABE** → Suche in den Datenbanken deines CAD-Programms nach Darstellungen von Normteilen.

**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.

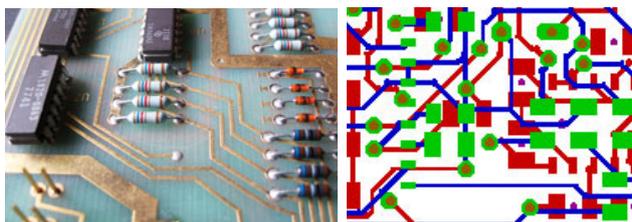
In **Generatoren** kann so Strom erzeugt, in **Metalleitungen** elektrische Energie transportiert und in **Elektromotoren** die Energie in Bewegung umgewandelt werden. Dabei nutzen Generatoren den Effekt, dass bei der Bewegung eines Leiters durch ein Magnetfeld Strom fließt. Bei Elektromotoren wiederum erzeugt fließender Strom ein Magnetfeld, was in Verbindung mit einem zweiten Magnetfeld eine Achse zum Rotieren bringt.

**AUFGABE** *Informiere dich näher über die Funktionsweise von Elektrogeneratoren und -motoren. Frage dazu auch deinen Physiklehrer.*

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 aus dem Alltag nicht mehr wegzudenkendes Stromnetz wird der erzeugte Strom zunächst in Überlandleitungen aus **Kupfer** oder **Aluminium** mit **Stahlseele** weitergeleitet. Die Kabel hängen dabei an Hochspannungsmasten aus **Stahlskeletten**. Kleinere Strommengen werden dann, nach dem Transformieren, in **Kupferleitungen** weiterbefördert zu den Verbrauchsgewerten. Diese wiederum besitzen teilweise Metallgehäuse, enthalten Metallleitungen, 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, Dioden oder auch Lampen, in denen sich sogar **Quecksilber** befinden kann. Elektrische Leitungen, Leiterbahnen und Bauteile werden mit **Lötzinn** verlötet. **Gold** befindet sich als Korrosionsschutz auf vielen Steckverbindungen und Relaiskontakten.



Geätzte und bestückte Leiterplatte (links) und ein CAD-Entwurf einer solchen Platine

**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 nur sehr selten vorkommen und Deutschland auf Importe, z. B. aus China, angewiesen ist.



Aus seltenen Erden gewonnene und in kleinsten Mengen gehandelte Metalle, hier Yttrium und Antimon

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.

**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**, **Dekorationsmaterial** und **Sportartikel** sind nur einige Beispiele für Bereiche, in denen Metalle Anwendung finden.

**AUFGABE** *Erstelle eine Tabelle mit der angegebenen Einteilung und ergänze sie.*

Gebrauchsgegenstand aus Metall	verwendetes Metall	verwendungsspezifische Eigenschaft des Metalls

## Metallgewinnung

### Der Erzabbau

Metalle kommen nur in kleinen Mengen metallisch „gediegen“ in der Erdkrinde 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.  $Fe_3O_4$ ) oder Schwefel (**sulfidische Erze**, wie z. B.  $Cu_2S$ ). 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.

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

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

Zur Gewinnung der Metalle muss anschließend die chemische Verbindung zwischen Metall und „Rest-Stoff“ aufgelöst werden. Dies geschieht in der Regel durch **Verhüttung** (wie beim Roheisen im Hochofen) oder durch **Schmelzflusselektrolyse**.



Hämatit



Chalkopyrit



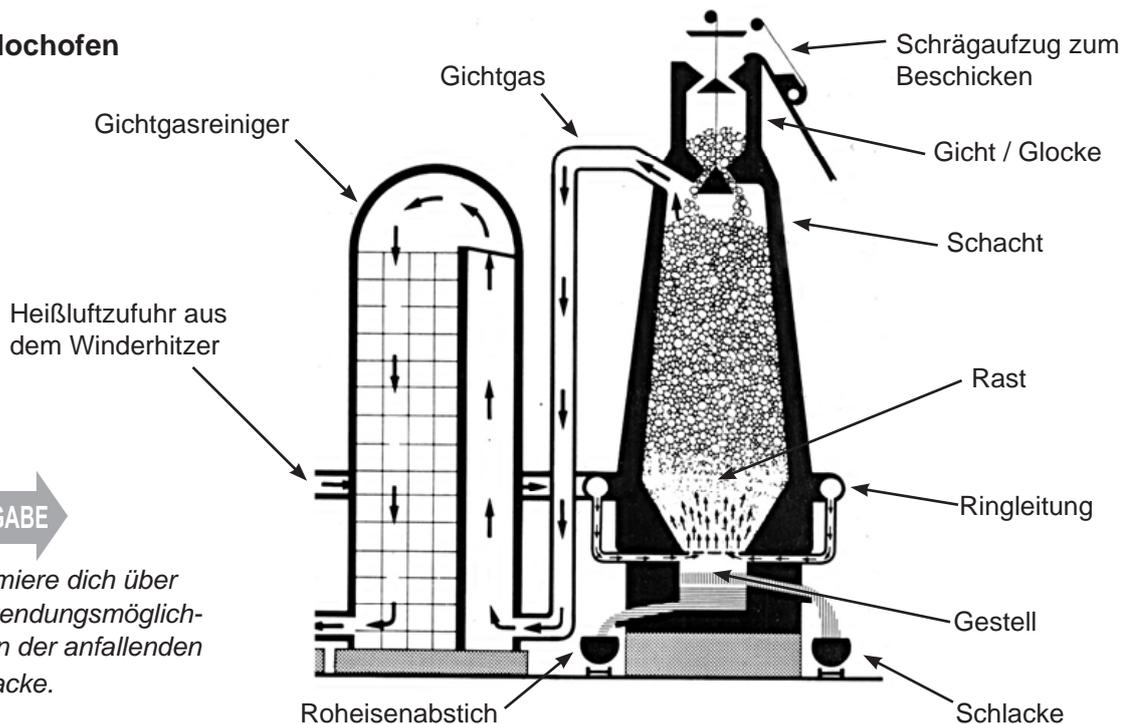
Tagebau von Uran, einem radioaktiven Metall

**AUFGABE** Informiere dich im Fach Erdkunde über verschiedene Erze und deren Abbaugebiete.

### Der Hochofenprozess

**Eisen und Stahl** sind die metallischen Stoffe, die in den größten Mengen Verwendung finden. Zur Gewinnung dieser Metalle gibt es verschiedene Verfahren. Ein Verfahren mit langer Tradition ist der Hochofenprozess, der im Folgenden schematisch dargestellt ist und dessen Ablauf anschließend beschrieben wird.

### Der Hochofen



**AUFGABE** Informiere dich über Verwendungsmöglichkeiten der anfallenden Schlacke.

## Ablauf des Hochofenprozesses

- Die **Beschickung** erfolgt über einen **Schrägaufzug** von oben in die **Glocke**, abwechselnd mit Koks und Möller (Gemisch aus Eisenerzpellets und Zuschlägen wie Kalk oder Feldspat)
- Heißwind wird von unten über eine **Ringleitung** eingeblasen und steigt nach oben.
- Die unterste Koksschicht verbrennt in der **Rast** mit Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid (es entstehen 1800 bis 2200 °C).
- Kohlenstoffdioxid reagiert mit der darüberliegenden Koksschicht zu Kohlenstoffmonoxid.
- Kohlenstoffmonoxid reduziert das Eisenoxid im **Schacht** zu Eisen.
- Durch die hohen Temperaturen in der Schmelzzone des unteren Ofenbereichs schmilzt das Eisen.
- Flüssiges Eisen sammelt sich unten im **Hochfengestell**.
- Die **Schlacke**, ein Nebenprodukt, schwimmt auf dem flüssigen Roheisen.
- Die Schlacke wird zuerst abgelassen.
- Alle 4 bis 5 Stunden wird das **Roheisen abgestochen**.
- Gase (Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Stickstoff- und Schwefelverbindungen) entweichen dem Ofen an der **Gicht** als **Gichtgas**.
- Das Gichtgas wird im **Gichtgasreiniger** von Staub gereinigt
- und über den **Winderhitzer** und eine Ringleitung wieder in den Ofen geblasen.



Roheisenabstich

Der beschriebene Prozess erfolgt ununterbrochen, bis die sogenannte „Hochofenreise“ (durchgehende Betriebszeit) beendet ist und der Hochofen „ausgeblasen“, sprich abgeschaltet wird.

## 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, Härtebarkeit 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**“. Hierzu wurden **historisch** etliche verschiedene Verfahren angewandt. Ein aktuelles Verfahren ist das **LD-Verfahren** (benannt nach den Standorten der Firma Voestalpine im österreichischen Linz und Donawitz). Der Sauerstoff wird bei diesem Verfahren 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 sog. Eisenschwamm reduziert, anschließend finden in einer anderen Vorrichtung die Endreduktion und das Schmelzen des Eisens statt.

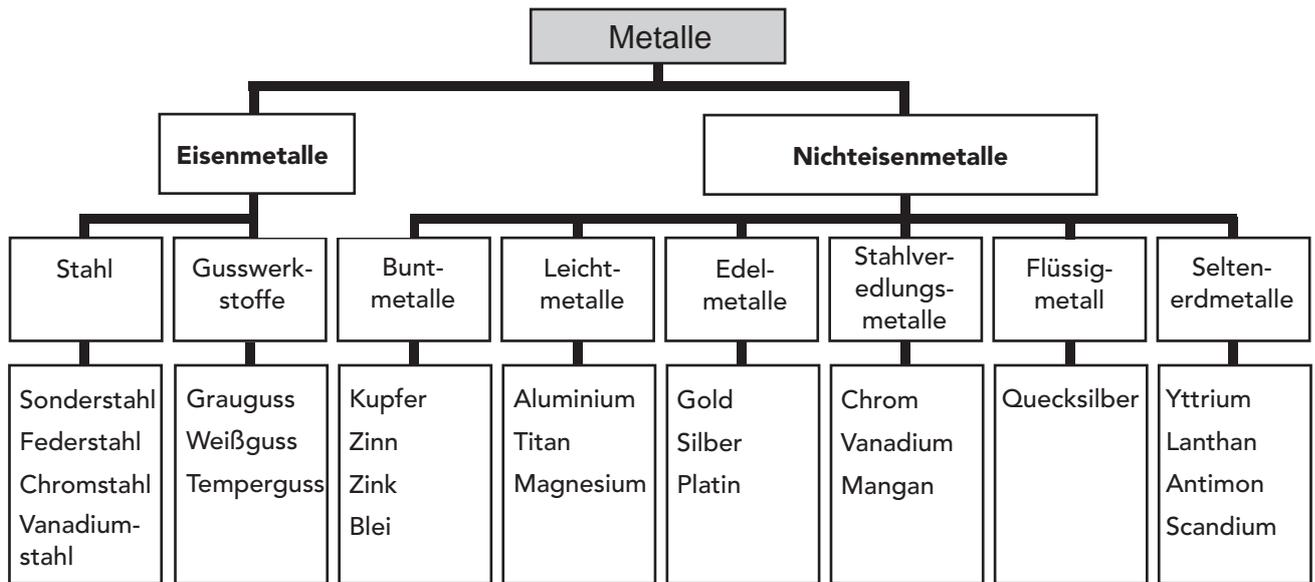


LD-Konverter

### Historische Verfahren

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 unterschiedliche 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.

## Einteilungsmöglichkeit von Metallen



### AUFGABE

Eine andere, häufig verwendete Einteilung der Metalle unterscheidet nur in „Leichtmetalle“ und „Schwermetalle“. Informiere dich hierüber und ordne die Metalle diesem anderen Schema zu.

## Häufig verwendete Metalle und ihre Eigenschaften

In der achten Jahrgangsstufe hast du bereits einige Metalle (Kupfer, Messing und Aluminium) näher kennen gelernt. Im Folgenden findest du Informationen zu weiteren gebräuchlichen Metallen.

### Wichtige Edelmetalle



Goldmünzen

#### Gold

**Chemisches Element.** Schmelzpunkt **1063 °C**. Dichte **19,3**. Es ist sehr 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. Auch wird Gold wegen seines recht begrenzten Vorkommens als **Wertmaßstab** an sich verwendet.



Silberbarren mit Punzierung

#### Silber

**Chemisches Element.** Schmelzpunkt **960,5 °C**. Dichte **10,5**. 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. Auch dient es als Zahnersatz, zur Herstellung von Besteck, Spiegeln, Thermogefäßen, Batterien, Filmen, Fotopapieren und für Bauteile und Leitungen in der Elektronik.

## Wichtige Buntmetalle



Stangenzinn Sn 99,9

### Zinn

**Chemisches Element.** Schmelzpunkt **231,9 °C**. Dichte **7,28**. 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 „Zinngeschrei“ genannt. Bei niedrigen Temperaturen kann reines Zinn von der sog. „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.



Ränderscheibe aus Zinkdruckguss

### Zink

**Chemisches Element.** Schmelzpunkt **419,46 °C**. Dichte **7,14**. 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**.



In Wasser erstarrtes Blei

### Blei

**Chemisches Element.** Schmelzpunkt **327,4 °C**. Dichte **11,34**. 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 Fenstern.

## Flüssigmetall



Quecksilber bei Zimmertemperatur

### Quecksilber

**Chemisches Element.** Schmelzpunkt **minus 38,8 °C** (daher bei Raumtemperatur **flüssig**). Dichte **13,53**. Es ist **beständig gegen Umwelteinflüsse**. Quecksilber ist **giftig** und gibt auch gesundheitsschädliche Dämpfe ab. Trotz seiner Giftigkeit wird 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.



Bronzetaler 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**. 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 Wachs ausschmelzverfahren zur Anwendung, welches bereits in der Antike bekannt war.



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** 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 Zierrat werden aus Gusseisen hergestellt.



Küchenutensilien aus Edelstahl in einem Edelstahlspülbecken

### 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**. 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.

## AUFGABE

Erstelle eine tabellarische Übersicht zu den Eigenschaften und Verwendungsweisen folgender Metalle: Gold, Zinn, Zink, Blei, Bronze, Gusseisen und Stahl.

## Innerer Aufbau der Metalle

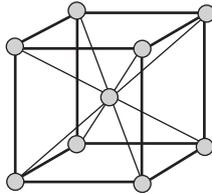
### Kristallstruktur

Betrachtet man einen Metallgegenstand mit dem bloßen Auge, so sieht man an der Oberfläche keine Untergliederungen, das Material erscheint als einheitlicher Stoff. Unter dem Elektronenmikroskop jedoch kann man erkennen, dass Metalle eine komplizierte feine Struktur aus vielen kleinen Körnern besitzen, die regelmäßig geformt sind. Diese werden auch Kristalle genannt. Metalle besitzen also eine **kristalline Struktur**.

Bei noch weiterer Vergrößerung stellt man fest, dass innerhalb der Kristalle die Atome in genauen Abständen und Winkeln angeordnet sind. Stellt man sich die Atome durch Linien miteinander verbunden vor, so ergeben sich sogenannte **Kristallgitter** oder Raumgitter. Metalle können dabei drei verschiedene Kristallgitter aufweisen.

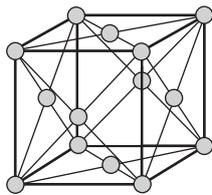
#### Kubisch-raumzentriertes Kristallgitter

Die Verbindungslinien zwischen den vier Atomen (sie stehen für die Bindungskräfte der Atome untereinander) ergeben einen Würfel, an dessen Ecken sich die Atome befinden. Außerdem existiert noch ein Metallatom in der Mitte des Würfels. Ein solches Gitter weisen z. B. die Metalle Chrom und Vanadium auf, außerdem Eisen unter 911 °C.



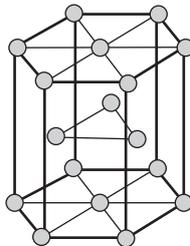
#### Kubisch-flächenzentriertes Kristallgitter

Es existiert ebenfalls eine Würfelstruktur mit Eckatomen. Weitere sechs Atome verteilen sich mittig auf die sechs Oberflächen. Diese Gitterform findet sich z. B. bei Aluminium, Kupfer und bei Eisen über 911 °C.



#### Hexagonales Kristallgitter

Die Metalle verteilen sich auf die zwölf Ecken eines Sechskantprismas. Hinzu kommt jeweils ein Atom in der Mitte der Deckfläche und der Grundfläche, außerdem liegen drei Atome innerhalb des Prismas. Zink, Magnesium und Titan weisen z. B. ein solches Kristallgitter auf.



### Metallgefüge

Die **Anordnung der feinen Körner** in den Metallen bezeichnet man als **Metallgefüge**. Dieses kann sehr unterschiedlich ausgeprägt sein.

Durch die Behandlung mit **Hitze** oder durch **Umformungsprozesse** wie Walzen oder Treiben können das **Metallgefüge** und die **Korngrößen beeinflusst** werden.



Metallgefüge nach dem Erstarren im Stranggussverfahren



kubisch ausgebildeter Pyrit (ein Eisenerz)

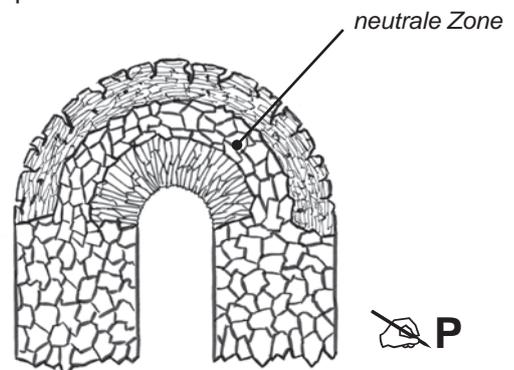
### Änderung der Kristallstruktur beim Biegen

Den Werkvorgang des Biegens kennst du bereits aus der achten Jahrgangsstufe. Dabei verändert sich die Kristallstruktur folgendermaßen:

An der **Außenseite** der Biegung **dünnen die Kristalle aus** und die Abstände zwischen ihnen werden größer. Das Material wird spröde und rissig.

An der **Innenseite** der Biegung **verdichten sich die Kristalle**, was ebenfalls die Sprödigkeit erhöht. Nur innerhalb der **neutralen Zone in der Mitte verändert sich die Kristallstruktur nicht**.

Biegt man das Material immer wieder, so wird es ermüden, spröde und brechen.



Schematische Darstellung des Kristallgefüges nach dem Biegen, mit neutraler Zone in der Mitte

## Gewindeschneiden

Beim Gewindeschneiden werden schraubenförmige Rillen, die sog. **Gewindegänge**, 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 **angekörnt**. Dann wird das Kernloch (Loch, welches das Material durchdringt) **gebohrt**.

Genauere 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**“

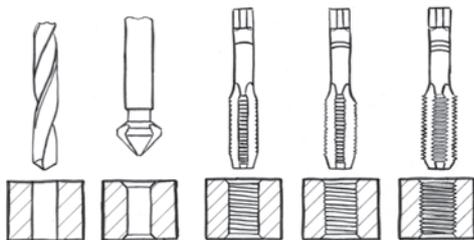
Z. B. für ein M4 Gewinde:  $4 \times 0,8 = 3,2 \text{ mm}$

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.

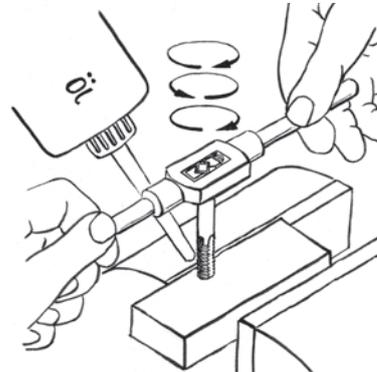


Bohren Senken Vor- Mittel- Fertigschneiden

Der jeweils **passende Gewindebohrer** wird in das Schneideisen 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 Gewindegänge 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 verklemt 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.



Gewindeschneiden



Einschneider

### 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.



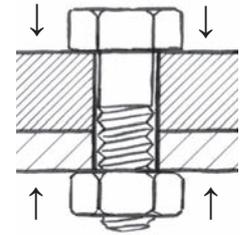
Schneideisenhalter und Schneideisen für Außengewinde

### AUFGABE

Erstelle einen tabellarischen Arbeitsplan zum Schneiden eines Innengewindes M5.

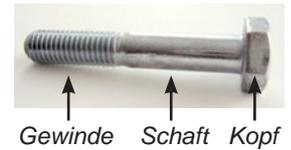
### Fügen durch Schraubverbindungen

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.



Schemadarstellung einer Verschraubung

**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.



### Gebräuchliche Metallschrauben

- 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
- Kreuzlochschraube
- Flügelschraube



### Gebräuchliche Muttern und Scheiben



- Sechskantmutter  
rechts selbstsichernd
- Hutmutter
- Flügelmutter
- Kronenmutter
- Beilagscheibe
- Sprengring
- Zahnscheibe
- Federscheibe

### Werkzeuge zum Verschrauben

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



### 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 zusammengedrückt 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, Fächerscheiben, 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 °C bis 1000 °C, **Weichlöten** bei etwa 180 °C bis 450 °C.

### Weichlöten

Als **Lot** verwendet man meist Zinnlote (Zinn-Blei-Legierungen. „LSn 40“ z. B. bedeutet: 40% Zinngehalt und 60% Bleigehalt). Der **Schmelztemperaturbereich** solcher Lote liegt bei 180 °C 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 **Gaslötbrenner**

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.

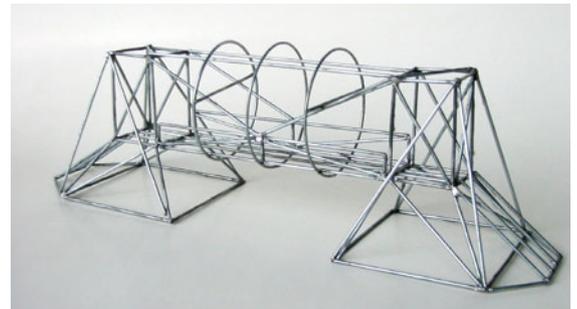
### Vorbereitende Arbeiten am LötKolben

- 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 **chemisch** z. B. mit verdünnter Schwefelsäure erfolgen, die anschließend gründlich abgewaschen wird, oder **mechanisch** durch Feilen, Schaben mit dem Dreikant-schaber 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 sog. **Lötfuge**. 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 um das Lot besser fließen zu lassen. Im Lötendraht ist ein Flussmittel üblicherweise bereits enthalten („Flussmittelseele“ meist aus Kolophonium).



Gelötete Brücke, Schülerarbeit



Lötvorgang

Mit dem **LötKolben** werden die Teile auf **Löttemperatur** erhitzt. Nun wird das **Lötzinn** 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 Lötzinn wird nötigenfalls abgeschabt oder abgefeilt.

### AUFGABE

Erstelle einen tabellarischen Arbeitsplan zum Verlöten zweier Blechstreifen.

## Oberflächenbearbeitung und -gestaltung

### Punzieren

**Punzen** sind **Stahlstifte mit gehärteten, verschieden geformten Profilen**, welche durch Hammerschläge in die Metalloberfläche **eingetrieben** und deren Abdrücke zu **Mustern** und **Ornamenten** angeordnet werden. Dies kann bei **weichen, plastischen Metallen** gut durchgeführt werden. Die **reliefartige Wirkung** kann durch **Patinieren** gesteigert werden. Im technischen Bereich werden oft Zahlen oder Markierungen gepunzt. Verleiht man der Metalloberfläche mit sehr vielen feinen Punzenabdrücken oder einem Hämmerchen mit zu einem feinen Punzen geformter Bahn leicht gewölbte Formen, so nennt man diesen Arbeitsvorgang **Ziselieren**.



Verschiedene Punzen



Punzierte Fahrgestellnummer



Punzierungen in einer Armbanduhr



Punzierung einer Leuchterschale

### Ätzen

Das Ätzen nutzt die chemische Eigenschaft vieler Metalle, dass sie **von Säuren angegriffen** oder aufgelöst werden, z. B. Kupfer von Eisen-III-Chlorid und Eisen von verdünnter Salzsäure. Vor dem Ätzworgang wird die Metalloberfläche **metallisch rein gesäubert**. Nun überzieht man die Teile der Oberfläche, die nicht geätzt werden sollen, mit einem **Schutzlack** (Asphaltilack). Man kann auch aus der getrockneten Lack-schicht Flächen heraus-schaben oder mit Nadeln Linien einritzen. Überall dort, wo das Metall **ungeschützt** ist, wird dieses, nachdem der Gegenstand in die

Säure gelegt wurde, **angegriffen** und aufgelöst. Es darf nicht vergessen werden, Ränder und Rückseite des Metalls zu schützen, das bearbeitet wird. Die **Zeit**, die für eine gewünschte Tiefe der Ätzung benötigt wird, ist abhängig davon, wie oft die Säure bereits benutzt wurde, von deren Konzentration, ihrer Temperatur und der Bewegung der Säure während des Ätzworgangs. Hierzu müssen Proben vorgenommen werden. Wegen hoher **Unfallgefahr** bei Hautkontakt und beim Einatmen ist beim Umgang mit Säuren größte Vorsicht geboten!



Entwürfe für Schmuckplaketten



Geätzte Plakette u. fertiger Anhänger



Eisen-III-Chlorid-Körner



Ätzworgang

#### AUFGABE

Entwirf ein flächiges Muster für einen Anhänger und lege klar fest, welche Bereiche tiefer geätzt werden und welche Bereiche mit Schutzlack versehen werden müssen.

## Gesundheitsschutz

Etliche Unfallgefahren beim Bearbeiten von Metallen hast du bereits in der 8. Klasse kennengelernt. Das Löten und das Ätzen bergen 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 können **Verbrennungen** entstehen. Die Heizzone des LötKolbens und die Lötspitze, sowie erhitzte Teile des Werkstücks **dürfen daher nie berührt werden**.
- Lötfett- und Lötlösungsmitteldämpfe, 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.
- **Säuren** können **Verätzungen** verursachen. Beim Ätzen sind **Schutzhandschuhe** zu tragen, außerdem als Schutz vor Spritzern in die Augen eine **Schutzbrille**.
- Entstehende **Dämpfe beim Ätzen** müssen mit einer **Absauganlage** beseitigt werden, um die **Atemwege zu schützen**.

### AUFGABE

Ergänze die Unfallgefahren und Schutzmaßnahmen beim Arbeiten mit dem Werkstoff Metall. Beziehe dich dabei auf dein Wissen aus der 8. Jahrgangsstufe.



LötKolben mit lebensgefährlichem Anschlusskabel

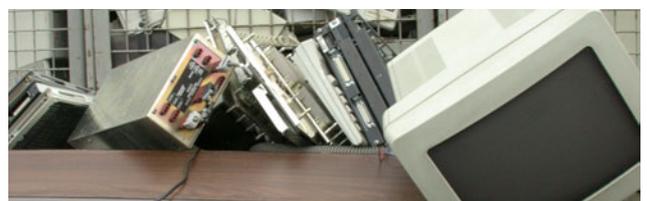
## Umweltbewusster Umgang

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



Metallschrott

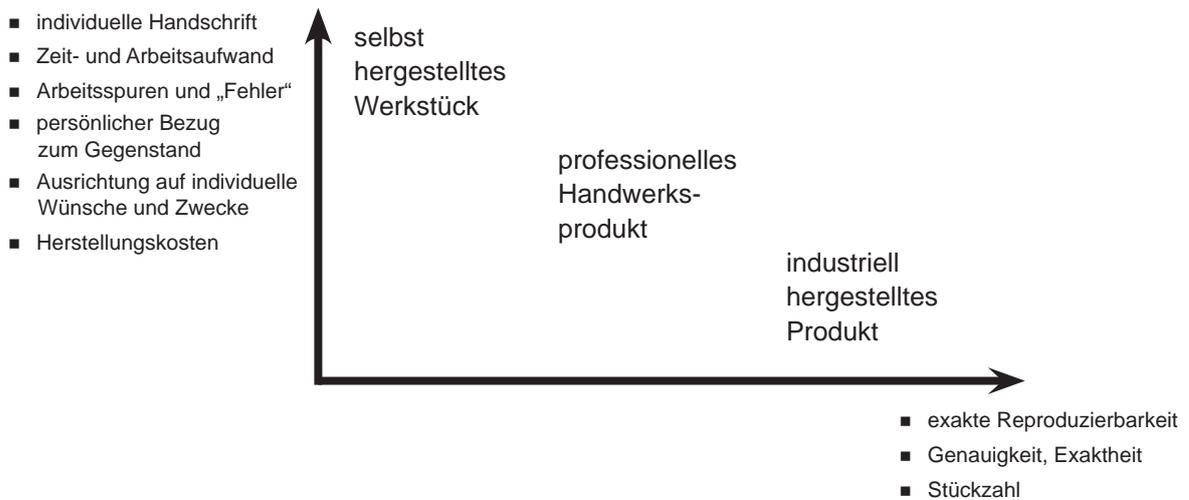


Elektroschrott

## Werkbetrachtung

Du hast bereits gelernt, **eigene Werkstücke** nach den folgenden übergeordneten Kriterien zu beurteilen: **Funktionalität, Gestaltung, Verarbeitung**  
 Sie lassen sich auch auf **professionelle Handwerkserzeugnisse** und **Industrieprodukte** anwenden.

Darüber hinaus kann das folgende Schema bei einem **Vergleich von Produkten** hilfreich sein.  
 Beachte, dass die Grafik nicht immer unbedingt zutreffen muss und sie vorderhand auch noch nichts über die Güte eines Produkts aussagt.



Natürlich kann ein Produkt viele Zwischenpositionen innerhalb des Schemas einnehmen. So kann z. B. ein selbst hergestelltes Werkstück auch einmal finanziell günstiger sein als ähnliche Industrieware oder man gerät an ein Industrieerzeugnis, das ungenau gearbeitet ist und man selbst hätte den Gegenstand eventuell von Hand präziser gemacht.

**AUFGABE** → *Vergleiche den abgebildeten von einem Schüler gefertigten aus 99,9 prozentigem Zinn in einer zweiseitigen Gipsform gegossenen Schlüsselanhänger mit einem industriell gefertigten Anhänger aus Metall. Gehe dabei auf passende im Schema angeführte Kriterien ein.*




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Berufliche Orientierung, Links und Adressen

### Berufe im Bereich Metall

Die beruflichen Möglichkeiten im Bereich Metall sind sehr vielfältig und umfassen die Metallerzeugung, die Herstellung von Halbzeugen und die Weiterverarbeitung sowohl technisch-konstruktiv als auch gestalterisch-kreativ. Dabei bieten sowohl die Industrie als auch das Handwerk zahlreiche Berufe.

Im Folgenden soll beispielhaft eine kleine Auswahl an Berufen der einzelnen Bereiche die große Bandbreite zeigen. Viele weitere Berufe und Informationen dazu findest du, wenn du die unten angeführten Links nutzt.

#### Technische Berufe

Anlagenmechaniker, Büchsenmacher, Chirurgiemechaniker, Drahtwarenmacher, Drahtzieher, Feinwerkmechaniker, Fräser, Industriemechaniker, Klempner, Mechatroniker, Metallbauer, Uhrmacher, Verfahrensmechaniker, Werkzeugmechaniker, Zerspanungsmechaniker, etc.

#### Gestalterische Berufe

Biologiemodellmacher, Designer für Schmuck und Geräte, Emailschriftenmaler, Gestalter, Goldschmied, Graveur, Kunstschmied, Metall- und Glockengießer, Metallbildner, Metallblasinstrumentenbauer, Modellbauer, Restaurator, Silberschmied, Vergolder, etc.



Ein Anlagenmechaniker beim Schweißen

### Links und Adressen

Im **Berufsinformationszentrum BIZ** in deiner Nähe findest du Mappen mit allen Metallberufen, kannst zu den Berufen in Computerdateien stöbern und auch kleine Filme dazu ansehen. Außerdem kannst du dich über die Ausbildungsberufe hinaus zu schulischen Ausbildungen, z. B. an Berufsfachschulen, und zu Studiengängen und Fortbildungsmöglichkeiten informieren. Zudem hast du bei speziellen Fragen persönlichen Kontakt zum Fachpersonal des BIZ.

Aber auch über das **Internet** kommst du an die meisten nützlichen Informationen.

[www.planet-beruf.de](http://www.planet-beruf.de) - stellt unter anderem über die Links **ENTSCHEIDEN** und **Berufe von A bis Z** Berufe, darunter auch viele Metallberufe, übersichtlich und anschaulich dar.

[www.arbeitsagentur.de](http://www.arbeitsagentur.de) - Hier kannst du dich unter dem Link **BERUFENET** umfassend über Ausbildung, Tätigkeit, Spezialisierung und Weiterbildung in den Metallberufen informieren. Unter **KURSNET** findest du ein Portal für die schulische Aus- und Weiterbildung und die entsprechenden Schulanschriften, z. B. die der Staatlichen Berufsfachschule für Glas und Schmuck in Kaufbeuren-Neugablonz unter den Links **Ausbildung/Studium**, **Berufsausbildung** mit dem Suchbegriff **Berufsfachschule** und weiter bei **Goldschmied/in**.

[www.berufe.tv](http://www.berufe.tv) - kannst du nutzen, um dir Filme über Ausbildungsberufe anzuschauen. Jugendliche berichten hier über ihre Erfahrungen mit dem von ihnen gewählten Beruf.

[www.br-online.de/br-alpha/ich-machs](http://www.br-online.de/br-alpha/ich-machs) - stellt auch verschiedene Berufsbilder in Kurzfilmen vor.

[www.metallhandwerk.de](http://www.metallhandwerk.de) und

[www.metallnachwuchs.de](http://www.metallnachwuchs.de) - bieten Informationen des Bundesverbands Metall zu Ausbildung und Berufen.

[www.metallbaupraxis.de](http://www.metallbaupraxis.de) - ist eine Informationsplattform für Metallbauer.

[www.metallbau-online.info](http://www.metallbau-online.info) - ist das Informationsportal der gleichnamigen Zeitschrift zum Thema Metall.

[www.planet-wissen.de](http://www.planet-wissen.de) - bietet Wissenswertes zu Metallen wie z. B. Bronze und Gold.

[www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de) - stellt unter **Metalle** und verwandten Begriffen reichhaltige Informationen bereit.