



# METALL

**Jahrgangsstufe 8**

**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 Knaut, Staatliche Realschule Roth

Marie-Luise Pfeifer, Staatliche Realschule Nabburg

Günter Trager, Staatliche Realschule Altötting

Günther Trager ist Ansprechpartner für inhaltliche Fragen zu diesem Heft.

### **Bildrechte:**

wenn nicht anders angegeben: Günter Trager

Titelbild: Pressfittings: Fotolia;

Seite 3: Totenmaske, en>User:MykReeve; Ötzi Beil: Asmus [www.archaeometallurgie.de](http://www.archaeometallurgie.de)

Büste Marc Aurels: Marie-Lan Nguyen

Seite 4: Ross- und Feldharnische: Wikipedia

Seite 5: Sudpfannen aus Kupfer: Wikipedia User:Trexer

Seite 6: Duraluminiumstruktur: Stahlkocher at [de.wikipedia](http://de.wikipedia)

Seite 9: Rohre: Paul Goyette; Profile, Schemazeichnungen: Knauf Interfer Gruppe

Seite 17: Autolackiererei, Alexander Hauk

### **Herausgeber:**

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung

München 2010

### **Anschrift:**

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung

Abteilung Realschule

Schellingstr. 155

80797 München

Tel.: 089 2170-2446

Fax: 089 2170-2813

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 findet sich bei einigen Schemazeichnungen. Es bedeutet, dass die Zeichnung **prüfungsrelevant** ist. Diese Zeichnung muss ein Schüler selbstständig anfertigen können.

## Die Bedeutung und Verwendung der Metalle in der Frühgeschichte

„Nach Golde drängt, am Golde hängt doch alles ...“ So schreibt Goethe in seinem *Faust*. Aber nicht nur Gold ist seit der Frühgeschichte der Menschen ein begehrtes Metall, auch andere Metalle waren und sind wegen ihrer außergewöhnlich vielfältigen Eigenschaften in der Menschheitsgeschichte immens wichtig. Metalle sind **hart, glänzen**, sind **licht- gas- und flüssigkeitsundurchlässig, schmelzbar, gießbar, löt- und schweißbar, verformbar**, können **elektrischen Strom** und **Wärme leiten**, sind **härtbar** und außerdem als **Spurenelemente** im menschlichen Körper unverzichtbar.

### Gold

war wohl das erste Metall, das der Mensch in der **Frühzeit** seiner Geschichte entdeckte und sich nutzbar machen konnte. Er fand es in **gediegener** (d.h. in reiner) Form als Klumpen und Körner in Flussgeröll. Aus der Zeit um **3000 v. Chr.** sind Schmuckstücke aus Gold als Grabbeigaben in der ägyptischen Kultur bekannt. Die **Ägypter** konnten das Metall bereits gießen, hämmern, treiben, ziselieren und Goldfolien von 0,001mm Stärke herstellen. Gold war



Totenmaske Tutanchamuns

selten und wurde wegen seiner Schönheit, seines beständigen Glanzes und der einfachen Bearbeitbarkeit vor allem für **Schmuck, Zierrat** und **kultische Gegenstände** verwendet, da es für viele alltägliche Gebrauchsgegenstände und speziell für Waffen zu weich war.

### Kupfer

wurde ab etwa **9000 v. Chr.** bearbeitet. Es ist härter als Gold, existiert in größeren Mengen und wurde zunächst in Klumpenform gefunden, z. B. im **Mittelmeerraum** (Der Name der Insel Zypern leitet sich von „kypros“, griechisch für Kupfer her); die Klumpen wurden kalt geschmiedet. Kupfer wurde u. a. für **Haus-**



Ötzis Beil (Rekonstruktion)

**haltsgegenstände** wie Gefäße und Geräte benutzt. Die Eismumie „Ötzi“ hatte ein Kupferbeil bei sich, jedoch wurden solche **Waffen** relativ schnell stumpf. Die ersten **Kupfer-schmelzöfen** wurden etwa **6000 v. Chr.** in Kleinasien betrieben.

Um **2000 v. Chr.** war Kupfer in Mitteleuropa schon ein wichtiges **Handelsgut**, Abbau und Verhüttung belasteten durch massive Waldrodungen für die Schmelzöfen und durch Schlackehalden jedoch die Umwelt.

### Bronze

ist eine **Legierung** aus Kupfer und Zinn. Sie wurde erstmals in **China um 2500 v. Chr.** hergestellt. Wenig später gibt es auch in **Ägypten** Bronzegegenstände. Dieses damalige High-Tech-Material war von so großer Bedeutung, dass es Namen gebend für eine ganze Epoche wurde. Die **Bronzezeit** beginnt in Europa etwa **1900 v. Chr.** Weil die Legierung Bronze **zäher** und **härter** und damit für viele



Fragment einer Bronzestatue von Marc Aurel

Zwecke brauchbarer war als die Ausgangsmetalle, wurde sie eines der begehrtesten Materialien, nicht zuletzt auch wegen des niedrigeren Schmelzpunkts und der viel besseren **Gießbarkeit** im Vergleich zu Kupfer. Probleme hierbei bereitete es teilweise, ausreichende Mengen an Zinn bereitzustellen. Man kannte den offenen Guss, den verlorenen Guss (Wachsaus-schmelzverfahren) und

den Formenguss (Formen aus Sandstein oder Speckstein, die wieder verwendet werden konnten) mit Ein-gusstrichter und Luftabzugspfeifen. Bronze wurde zu Blech gehämmert, indem nach jedem Treibgang ein Zwischenglühen vorgenommen wurde.

Aus Bronze konnten **Waffen** und **Werkzeuge** hergestellt werden, welche denjenigen aus Kupfer weit überlegen waren. Außerdem wurde das Metall in Form von Barren, Reifen oder Doppeläxten als **Zahlungsmittel** verwendet.

**Eisen**

zu verhütten gelang ab **900 v. Chr.**, dem Beginn der **Eisenzeit**. Die **Ägypter** fanden **Meteoreisen** als Klumpen im Sand der Wüste (die extraterrestrische Herkunft des Materials ließ sich aus der inneren Struktur nachweisen). Man lernte Eisenerz (meist Gemenge aus Gestein und Eisen-Sauerstoff-Verbindungen) zu bearbeitbarem Eisen zu reduzieren: Mit Hilfe von Holzkohle wurde das Erz auf 900°C erhitzt, so dass ein schlackehaltiger, teigiger Klumpen entstand, die sog. Luppe. Die Schlacke (nichtmetallischer Schmelzrückstand) wurde durch mehrmaliges Schmieden aus der Luppe *geschlagen* (daher auch der Name). So entstand ein schmiegbarer Werkstoff für **Werkzeuge, Geräte** und **Waffen**. Das begehrte Material Meteoreisen war selten, der Preis war doppelt so hoch wie für Gold! Die **Kelten** waren in der Gewinnung und Verarbeitung von Eisenerz führend in Europa. Sie benutzten **Schachtöfen** zum Schmelzen von Eisen und Blasebälge, um die erforderlichen hohen Temperaturen zu erreichen. Sie beherrschten auch das Härten, Ätzen und Tauschieren (Einlegen von Edelmetallen).

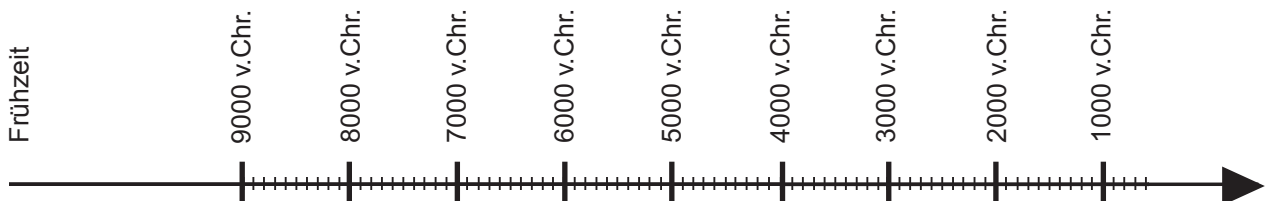
Waffen aus diesem neuartigen Material waren wohl aufgrund ihrer **Härte** und **Stabilität** so beeindruckend überlegen, dass sie in die Welt der Sagen Eingang fanden, wie z. B. das Schwert Balmung, welches Siegfried gehörte, dem Helden aus der Nibelungen-sage.

Wegen der Neigung des Metalls, sich durch Rosten zu zersetzen, haben sich wohl etliche Erzeugnisse nicht bis in unsere Tage erhalten.



Ross- und Feldharnische des 16. Jahrhunderts im Metropolitan Museum of Art in New York City

**AUFGABE** → Vervollständige den Zeitstrahl mit den wichtigsten Aussagen zu den Metallen der vorhergehenden Seiten.



## Häufig verwendete Metalle und ihre Eigenschaften

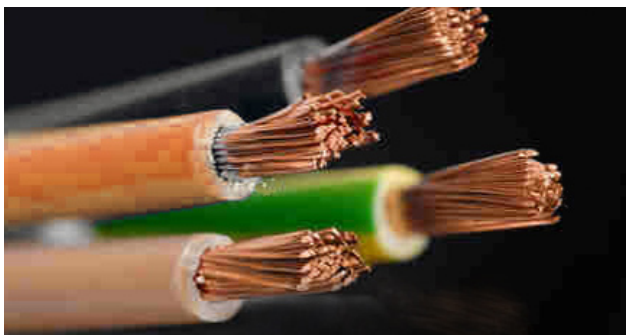


*Sudpfannen aus Kupfer*

### Kupfer

ist ein **chemisches Element** und gehört mit seiner **rötlichen** Farbe zur Gruppe der **Buntmetalle**. Sein Schmelzpunkt liegt bei **1083°C**. Es bildet beim Kontakt mit Kohlensäure der Luft oder des Wassers eine sehr widerstandsfähige graugrüne **Patina** (Schutzschicht) gegen weitere Korrosion (Werkstoffzerstörung im Kontakt mit der Umgebung). Deshalb eignet es sich gut für Dacheinblechungen, Regenrohre und Abdeckungen. Kommt das Metall mit organischen Säuren (Essigsäure, Fruchtsäure, Körperschweiß) in Berührung, kann sich jedoch der giftige **Grünspan** bilden.

Weil Kupfer elektrischen **Strom** und **Wärme** sehr gut leiten kann, wird es oft im Elektrobereich, z. B. für Kabel oder Kühlkörper verwendet. Kupfer ist **weich** und **plastisch**. Es lässt sich nur **mechanisch härten** und gut **kalt formen**, z. B. beim Treiben einer Schale, Biegen von Draht oder beim Formen eines Nietkopfes. Kupfer ist **leicht lötlbar**, vielseitig **legierbar** und dient als Ausgangsmaterial für Messing (Kupfer und Zink) und Bronze (Kupfer und Zinn) sowie als härtender Legierungszusatz für weiche Metalle wie Gold und Silber (z. B. für Münzen und Schmuck), Zinn und Aluminium.



*Elektrokabel mit Kupferseele*

### Messing

ist **kein chemisches Element**, es ist eine **Legierung** (Mischung aus versch. Metallen, meist im Schmelzfluss hergestellt) aus Kupfer und Zink mit variierenden Kupferanteilen und gehört zu den **Buntmetallen**.

Es ist schon seit dem dritten Jahrtausend v. Chr. aus Assyrien und Babylonien bekannt. In Palästina wurde Messing um 1400 bis 1000 v. Chr. aller Wahrscheinlichkeit nach durch das Schmelzen von Kupfer unter dem Zusatz von so genanntem Zinkerz (Zinkcarbonat) produziert. Dieses Verfahren wurde auch im antiken Griechenland und von den Römern angewendet. Metallisch reines Zink stand bis Ende des 18. Jahrhunderts nicht zur Verfügung und die Legierung mit Kupfer war bis dahin nur unter Verwendung dieses Zinkerzes möglich.

Messing ist von **gelblicher** Färbung und am gebräuchlichsten mit etwa 20 bis 50 Prozent Kupferanteil, wobei mehr Zink den Gelbton kalt und hell erscheinen lässt und mehr Kupfer eine sattere und tiefgoldene Färbung hervorruft.

Der Schmelzpunkt von Messing sinkt mit steigendem Zinkgehalt und liegt etwa bei **900–925 °C**. Messing ist **härter** als Kupfer, die **Verformbarkeit** ist abhängig von seiner Zusammensetzung und der Herstellung. Es erweist sich überdies als **beständiger gegen mech. Einwirkungen** und als **korrosionsbeständiger** als Kupfer, außerdem zeigt es eine **hochwertigere Optik**.

Verwendet wird Messing bis heute aufgrund dieser Eigenschaften unter anderem für Schrauben, Beschläge, Scharniere, Gehäuse, Fahrzeugteile, Teile der Feinmechanik (z. B. Uhrädchen), Armaturen, Schmuck und liturgische Gefäße.



*Messingwasserhahn*

**Aluminium**

ist ein **chemisches Element**, das erstmals 1827 industriell gewonnen werden konnte. Es gehört zur Gruppe der **Leichtmetalle** und hat einen Schmelzpunkt von etwa **660°C**. Die sehr hohen **Herstellungskosten** machten das Metall anfänglich sehr teuer und so wurde es auch für wertvollen Schmuck genutzt. Heute wird es relativ günstig angeboten und wegen vieler vorteilhafter Eigenschaften geschätzt. Es ist **sehr leicht** (fast dreimal leichter als Eisen), dies ist überall dort von Nutzen, wo es auf geringes Gewicht ankommt, wie z. B. im Flugzeug- und Fahrzeugbau. Unlegiert ist es **weich** und **plastisch**, **geschmacks-** und **geruchsneutral**, gut **lebensmittelverträglich** und selbst in dünnen Schichtstärken **dampf-** und **lichtundurchlässig**. Deshalb wird es gerne für Verpackungsmaterial in Form von Folien und Behältern eingesetzt. An der Luft überzieht sich Aluminium mit einer dünnen, harten und schwer schmelzbaren **Oxidschicht**, die es vor Korrosion schützt, die aber auch das Schweißen erschwert. Eine schützende Schicht kann auch technisch erzeugt werden, dabei wird das Metall „**eloxiert**“ (der Begriff leitet sich her aus den Wörtern „**e**lektrisch **o**xidieren“). Die hohe **Witterungsbeständigkeit** ist für Produkte im Außenbereich wichtig, wie z.B. bei Fensterrahmen und Fassadenverkleidungen. **Legiert** man Aluminium mit anderen Metallen, kann es sehr **fest** und **hart** werden, was es auch als Konstruktionsmaterial im Baubereich interessant macht. Seine gute **Wärmeleitfähigkeit** wird z. B. für Pfannen und Bügeleisensohlen genutzt.

Interessant ist, dass manche Aluminiumlegierungen durch eine bestimmte Wärmebehandlung **aushärtbar** sind. In dieser stabilen Form kommen sie z. B. unter dem Handelsnamen „Dural“ auf den Markt.



*Duraluminiumstruktur im Inneren eines Zeppelins*



*Fensterrahmen mit Aluminiumprofilen außen*



*Aluminiumtürklinke*



*Esspressomaschine*



*Kreissäge mit Tisch und Parallelanschlag aus Aluminium*



Ergänze die Tabelle mit den Eigenschaften und dazu passenden Verwendungsmöglichkeiten zu den Metallen Kupfer, Aluminium und Messing.

Metall	Eigenschaften	Verwendung
<b>Kupfer</b>	<p>chemisch: .....</p> <p>Farbe: .....</p> <p>Kategorie: .....</p> <p>Schmelzpunkt: .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<b>Messing</b>	<p>chemisch: .....</p> <p>Farbe: .....</p> <p>Kategorie: .....</p> <p>Schmelzpunkt: .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<b>Aluminium</b>	<p>chemisch: .....</p> <p>Farbe: .....</p> <p>Kategorie: .....</p> <p>Schmelzpunkt: .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

## Handelsformen von Metallen

Metalle werden als **Halbzeuge** gehandelt. Das sind Zwischenprodukte, die durch Walzen oder Ziehen aus dem Rohmaterial entstanden sind.



Weißblechdosen

### BLECHE

werden als Tafeln ab 0,2mm Stärke gehandelt.

#### Häufig verwendete Bleche:

**Kupferblech, Messingblech** und **Aluminiumblech**,  
**Schwarzblech** (ohne Korrosionsschutz, rostet leicht;  
z. B. für Konstruktionen)

#### Weißblech

(gegen Korrosion verzinkt; z. B. für Konservendosen)

#### verzinktes Blech

(an der Oberfläche im Tauchbad verzinkt, witterungsbe-  
ständig; z. B. für Dächer)



Aluminiumfolie

### FOLIEN

sind Produkte, die eine noch geringere Stärke aufwei-  
sen und als Rollen oder Formate angeboten werden.

#### Häufig verwendete Folien:

#### Aluminiumfolien

(z. B. im Haushalt und für Verpackungen)

#### Kupferfolien

(z. B. für Kupferdrückarbeiten und Abschirmungen  
elektronischer Bauteile und Kabel)

#### Blattgold

(zum Vergolden von Oberflächen)



Schmuck aus Silberdraht gestrickt

### DRÄHTE

weisen meist ein kreisrundes Profil auf, werden aber auch  
in anderen Profilen auf Rollen oder als Stangen angeboten.

#### Häufig verwendete Drähte:

**Kupferdraht, Messingdraht, Silberdraht**, außerdem:

**Geglühter Stahldraht** (weich, rostet leicht)

#### Federstahldraht

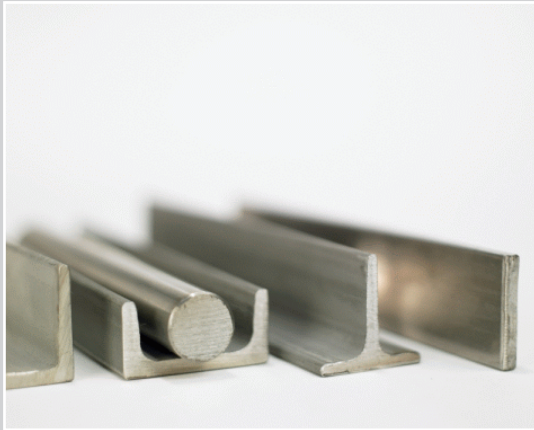
(hart, federt in seine ursprüngliche Form zurück)

#### verzinkter Draht

(Oberfläche aus Zink, korrosionsbeständig, gut lötlbar)

**Aluminiumdraht** (weich, sehr gut formbar)

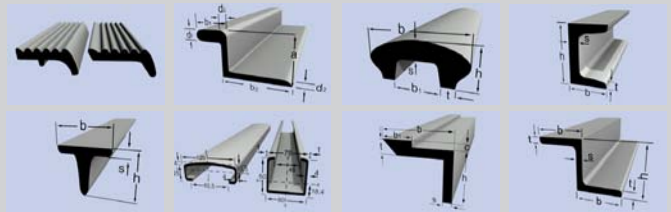




Verschiedene Profile

**PROFILE**

gibt es als Stäbe und Schienen, außerdem als Vollprofile, Hohlprofile in unterschiedlichen Querschnitten, wie z. B. als Flachprofil, L-Profil, U-Profil, T-Profil. Die Vielzahl auch **ausgefallener Profile** ermöglicht unzählige technische und konstruktive Anwendungen.



Schemadarstellungen auch ausgefallener Profile



Montage an einem Doppel-T-Träger beim Bau des Empire State Building/ Schema eines solchen Trägers

**DOPPEL-T-TRÄGER**

vereinen in sich enorme **Stabilität** und **Elastizität** bei relativ **wenig Gewicht**. Gewährleistet wird dies durch die Verbindung zweier Gurte mit einem Mittelsteg, die sowohl Quer- als auch Biegekräfte aufnehmen können.

Der neuartige Träger ermöglichte seit dem 19. Jh. den Ingenieurbau und revolutionierte damit das Bauwesen. So konnten in **Skelettbauweise** in kurzer Zeit Bauwerke in noch nie dagewesenen Ausmaßen und Spannweiten aus in Fabriken vorgefertigten Elementen rationell errichtet werden.



Rohre

**ROHRE**

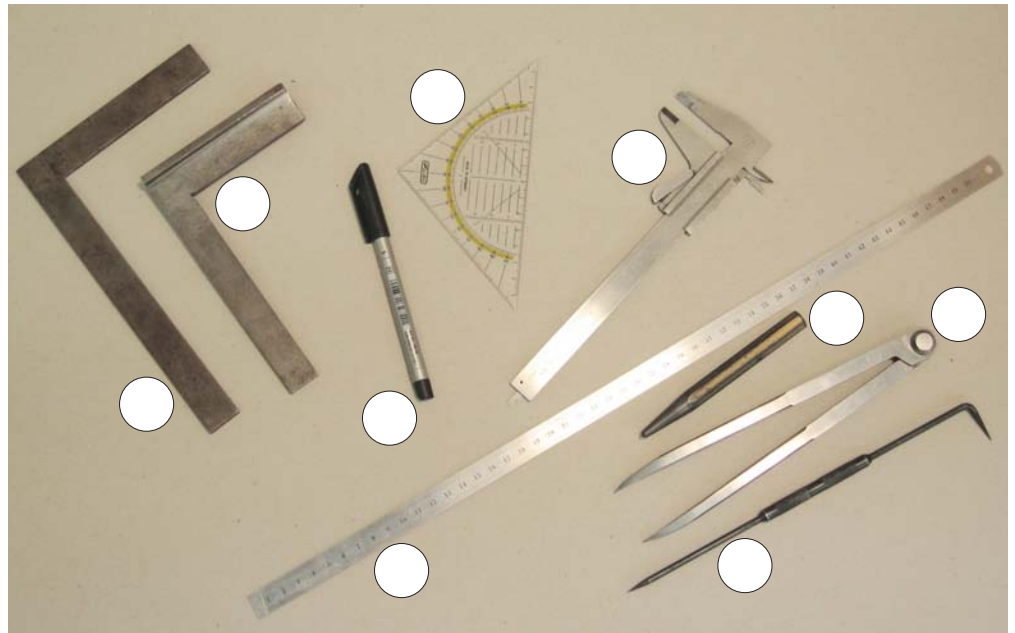
gibt es in unterschiedlichen Wandstärken und Durchmessern, oft werden die Maße in Zoll (engl. *inch*) angegeben.

Ein Zoll (1") entspricht dabei 2,54 cm

Als in der Länge geschlossene Hohlkörper werden Rohre als **Leitungssysteme** genutzt, aufgrund ihrer hohen **Steifigkeit** und ihres **geringen Gewichts** jedoch ebenso als **Konstruktionselemente** oder für **Achsen** und **Wellen**.

### Messen und Anzeichnen

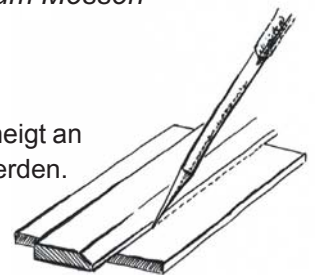
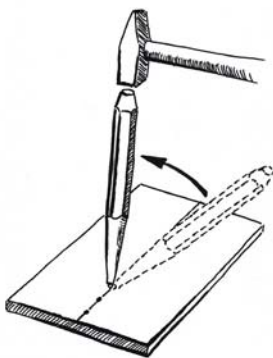
1. Folienstift
2. Stahlmaßstab
3. Schublehre
4. Stahl-Anschlagwinkel
5. Stahl-Flachwinkel
6. Lineal/Geodreieck
7. Reißnadel
8. Spitzzirkel
9. Körner



**AUFGABE** Nummeriere die oben abgebildeten Werkzeuge und Hilfsmittel zum Messen und Anzeichnen entsprechend der nebenstehenden Liste.

#### Anreißen

Als Führung dient ein Stahllineal. Die Reißnadel wird vom Lineal weggekippt und geneigt an diesem entlanggezogen. Je härter das Blech ist, desto kräftiger muss angerissen werden.



#### Körnen

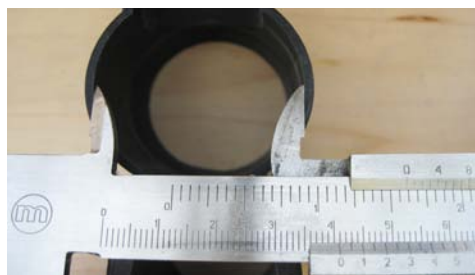
Körnerpunkte werden genau auf der Risslinie oder auf die Kreuzung zweier Risslinien gesetzt. Beim Ansetzen neigen wir den Körner, damit wir die Lage der Spitze sehen. Beim Ankörnen oder Vorkörnen wird er senkrecht gehalten und es entsteht durch einen dosierten Hammerschlag die sog. Körnung.

#### Die Schublehre (Messschieber)

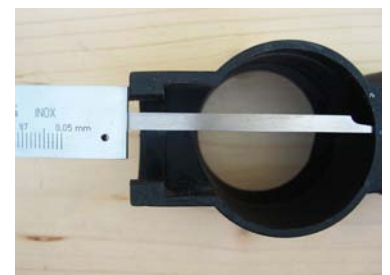
Mit ihr können mit Hilfe des sog. Nonius auch Zehntelmillimeter gemessen werden. Elektronische Schublehren besitzen eine digitale Anzeige, auf der bequem die Maße abgelesen werden können.



Außenmaß



Innenmaß /Lichte Weite



Tiefenmaß

### Einspannen

Im Parallelschraubstock können Werkstücke eingespannt werden. Um weichere Metallstücke vor der Riffelung der Stahlbacken des Schraubstocks zu schützen, verwendet man Schutzbacken aus Aluminium oder Kunststoff.



Schraubstock mit Schutzbacken



Maschinenschraubstock



Schraubzwinde



Feilkloben zum Halten kleiner Werkstücke

### Trennen durch Sägen

Die Handbügelsäge dient zum **spanenden Trennen** von Metallteilen.

Sie wird mit beiden Händen bewegt, wobei die eine Hand fest das Heft greift. Mit der Führhand fasst man das Werkzeug am vorderen Ende des Spannbügels. Das Werkstück wird fest eingespannt, der Schnitt ins Material erfolgt nahe am Schraubstock.

Die Säge arbeitet **auf Stoß**, also belastet vom Körper weg und entlastet zurück. Die feine Zahnteilung des Sägeblatts ergibt einen sauberen Schnitt, welcher jedoch einige Zeit in Anspruch nimmt. Um das Klemmen in der Schnittfuge zu vermeiden, besitzen die Sägeblätter in der Regel eine **Wellenschränkung**, weil die Sägezähne zum normalen Schränken, wie z. B. bei Holzsägeblättern, zu fein sind.

Handbügelsägen und ihre Sägeblätter sind aus Stahl und sollten daher trocken gelagert, bzw. bei längerer Lagerung leicht eingefettet werden, damit sie nicht rosten. Beim Sägen nutzt man nach Möglichkeit die gesamte Blattlänge, so dass die Zahnung gleichmäßig abgenutzt wird.



Metallsägeblätter: Puksäge, Laubsäge

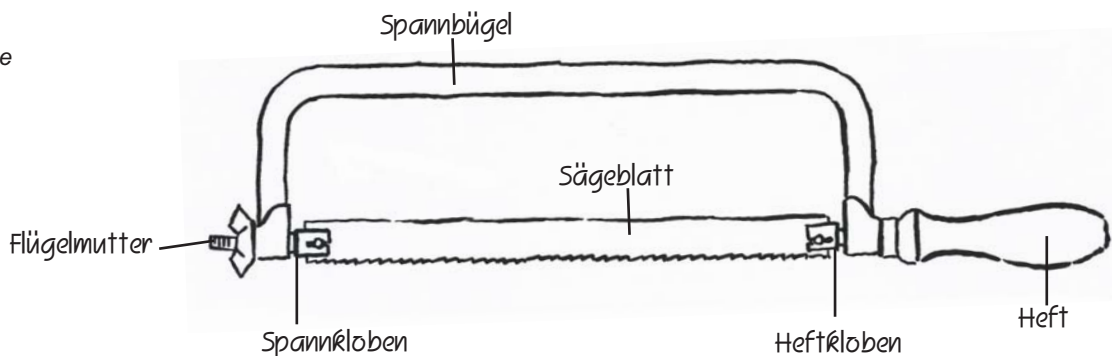


Bügelsäge und Laubsäge



Wellenschränkung

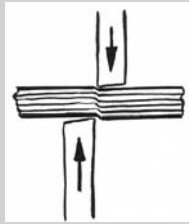
Metallsäge



### Trennen durch Schneiden und Scheren

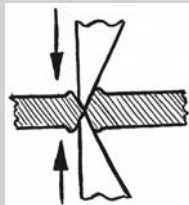
#### Das Prinzip des Scherens

Beim Schneidvorgang dringen die Schneiden der Schere von beiden Seiten in das Material ein. Die Mittelschicht des Werkstoffes wird durch Scherkräfte abgerissen, „abgeschert“.



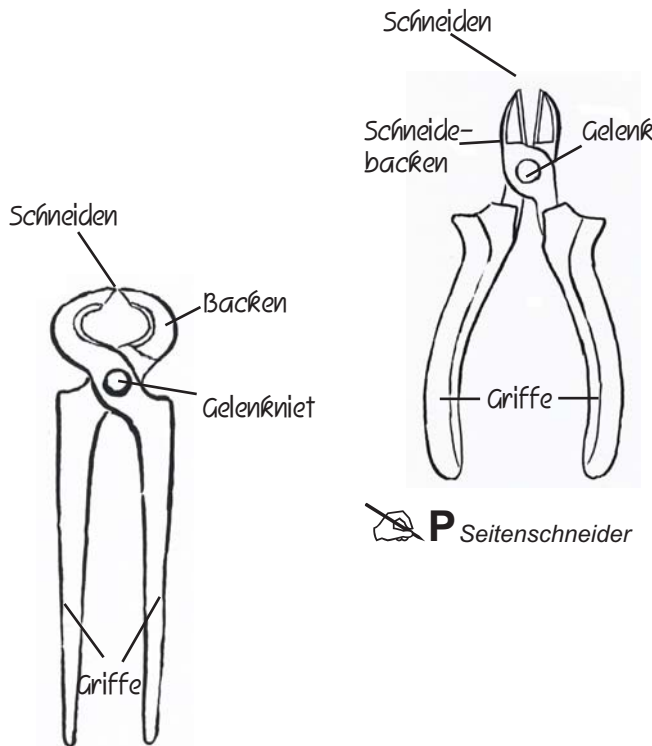
#### Das Prinzip des Abzwickens

Beim Trennvorgang treffen zwei Schneiden genau aufeinander. Sie dringen dabei von beiden Seiten in das Metall ein und verdrängen das durchtrennte Material zur Seite.



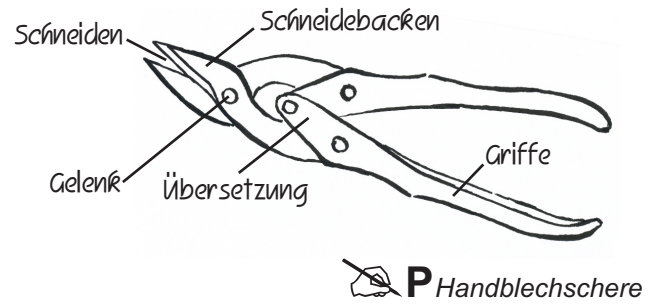
#### Der Seitenschneider

wird zum spanlosen Trennen von dünnen und weichen Drähten benutzt. Er besitzt hierfür kurze, kräftige Schneidbacken mit scharfen, meißelförmigen Schneiden, die beim Trennen aufeinander treffen und so das Material abzwicken, ähnlich wie bei einer Kneifzange.



**P** Seitenschneider

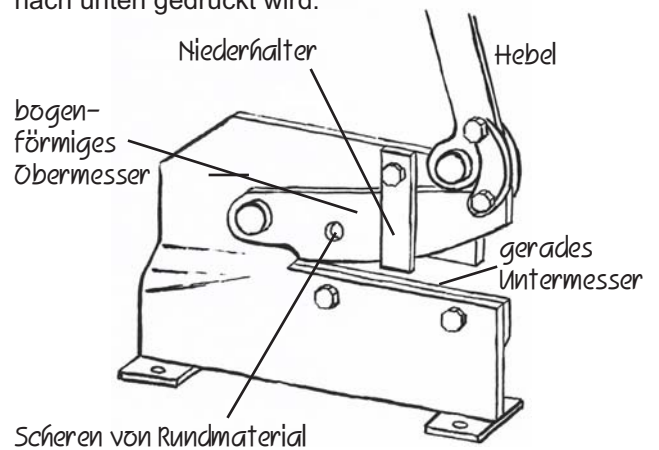
**P** Kneifzange



**P** Handblechschere

#### Die Handblechschere

dient zum spanlosen Trennen von dünnen und weichen Blechen und ist meist entsprechend größer und massiver als der Seitenschneider. Die starken und keilförmigen Schneidbacken berühren sich jeweils nur in einem Punkt und stehen unter Spannung. Dadurch wird die Schneidkraft erhöht und ein Einklemmen des Materials verhindert. Es gibt rechts- und linksgängige Scheren. Die Schere wird, wenn sie keine Rückstellfeder besitzt, so gehalten, dass ein oder zwei Finger zwischen den Schenkeln des Griffes den Öffnungswinkel regulieren. Beim Arbeiten mit Blechscheren ist zu beachten, dass der Öffnungswinkel der Schneidbacken nicht zu groß ist, weil sonst das Blech nach vorne herausrutscht und der Schnitt nicht bis zur Scherenspitze ausgeführt wird, da anderenfalls leicht Stufen an der Schnittkante entstehen. Außerdem soll der Schnitt so ausgeführt werden, dass die Abfallseite und nicht der Werkstückbereich nach unten gedrückt wird.



Scheren von Rundmaterial

Für dickere Bleche eignet sich die Hebelblechschere



Querriss, sog. „Stufe“

## Formen durch Spanen

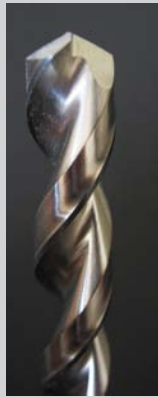
### Bohren

Beim Bohren von Metallen treten sehr große Kräfte auf, da das Material der Bearbeitung einen großen Widerstand entgegensetzt.

Die verwendeten **Spiralbohrer** sind aus HSS-Stahl (Hochleistungs-Schnellschnitt-Stahl) und besitzen an ihrer Spitze zwei schräge Hauptschneiden und eine kurze Mittelschneide.

Bohrungen werden immer angerissen und vorgekört, damit der Bohrer nicht auf der Metalloberfläche verläuft.

Um passgenaue Bohrungen herzustellen, ist es bei großen Durchmessern angebracht, erst mit kleineren Bohrern vorzubohren und anschließend auf den gewünschten Nenndurchmesser aufzubohren.



#### Wie beim Bohren von Holz gilt:

Kleiner Bohrer, große Drehzahl, großer Bohrer, kleine Drehzahl.

#### Zusätzlich gilt für Metalle:

Je weicher das Material, desto höher darf die Schnittgeschwindigkeit sein.

Dabei ist das Werkstück grundsätzlich fest einzuspannen, da herumwirbelnde und hochgerissene Teile ein Verletzungsrisiko darstellen.

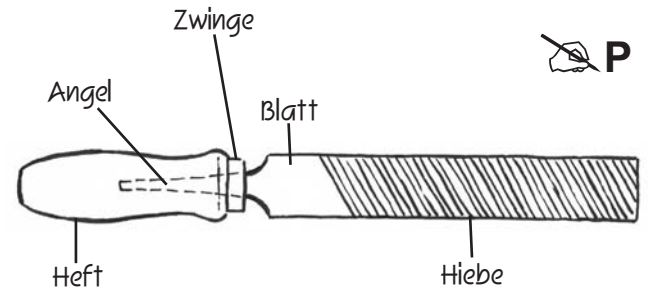
Auch Bleche und kleinere Werkstücke, die man nicht fest mit der ganzen Hand fassen kann, müssen mit einer Zange gehalten oder in den Maschinenschraubstock eingespannt werden.

Die Bohrspäne werden in wendelförmigen Nuten aus dem entstandenen Bohrloch herausgeleitet und brechen in der Regel bei Metallen nicht von selbst ab. Um Verletzungen durch die scharfen und heißen Späne zu vermeiden, wird der Bohrer kurz zurückgezogen, damit die Späne nicht unnötig lang werden. Die Spanabfuhr ist sehr wichtig, da bei verstopften Spannuten, gerade beim Bohren von Metallen, im Bohrloch sehr große Reibungswärme entsteht und das Metall sehr heiß wird. Dabei kann sogar der Bohrer ausglühen, somit weich und unbrauchbar werden.

Dem Ausglühen kann man durch Kühlmittel/Schneidöl vorbeugen. Hierdurch wird auch durch die Schmierwirkung die Wandung der Bohrung sauberer, weil sich nicht so leicht Späne festsetzen.

Gegen herumspritzende Splitter, die vor allem beim Bohren in spröden Metallen vorkommen, muss eine Schutzbrille getragen werden.

### Feilen



#### Arbeitsweise:

Zur Arbeit wird das Werkstück sicher im Schraubstock eingespannt. Die eine Hand umschließt fest das Feilenheft und führt die nötige Vorschubbewegung aus, die andere Hand dosiert den Druck am Feilenende. Da das Werkzeug auf Stoß arbeitet, wird belastet nach vorne geschoben und entlastet zurückgezogen. Die Feile sollte gerade geführt werden, dabei nimmt man, um die Feilbewegung ausgleichen zu können, Schrittstellung ein.

Während und nach der Arbeit wird das Feilenblatt mit einer Feilenbürste parallel zu den Hieben gereinigt, damit diese frei bleiben und die Feile einwandfrei arbeitet. Um die Feilen nicht unnötig abzunutzen, sollten sie nicht mit anderen Werkzeugen in Berührung kommen und geordnet nebeneinander gelagert werden. Feilen, die im Gegenlicht glänzen, sind stumpf! Bei längerer Lagerung sollten Feilen gegen Rost leicht eingeölt werden.

**Tip:** Damit sich kein Metall in den Hieben festsetzen kann und diese „zuschmiert“, kann man die Hiebe vor der Arbeit mit Kreide einreiben.



Verschiedene Feilenprofile

## Metall kalt verformen

### Werkvorgang des Biegens

Die plastische Umformung eines Metalls beginnt, wenn es über seine Elastizitätsgrenze hinaus gebogen wird. Hört die formverändernde Kraft auf zu wirken, kehrt das Material also nicht mehr in seine ursprüngliche Form zurück.

### Biegen mit Zangen

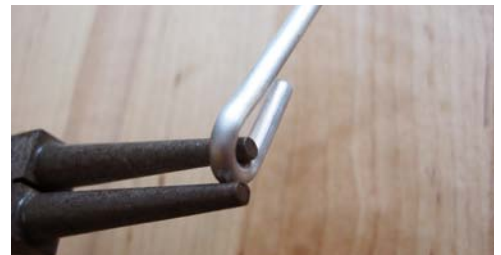
Viele Biegevorgänge von Drähten und kleineren Blechen können mit verschiedenen Zangen ausgeführt werden. Das Biegen von rechten Winkeln ist mit Flachzangen unproblematisch, mit Rundzangen können unterschiedliche Radien gebogen werden, je nachdem, wie weit man z. B. einen Draht in das Zangenmaul schiebt.



Flachzange und Rundzange



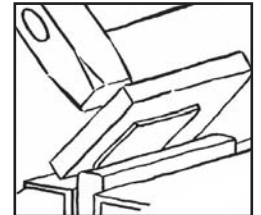
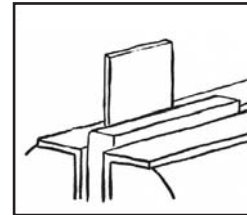
Biegen großer...



und kleiner Radien

### Biegen im Schraubstock

Ein Blech wird hierzu an der Risslinie zusammen mit einem Biegeklötz aus Hartholz eingespannt. Zur Schonung der Metalloberfläche werden Kunststoff- oder Aluschutzbacken benutzt. Das freie Ende des Blechs wird von Hand gebogen und am Knick mit einem Holz- oder Kunststoffhammer bearbeitet. Es kann auch ein Schlosserhammer mit einer Hartholzzulage verwendet werden.



### Biegen mit Faulenzern

Zum Biegen mehrerer gleicher Teile können sog. Faulenzern benutzt werden. Dies können z. B. Holzstäbe mit verschiedenen Profilen sein. Das Ende eines Drahtes wird mit solch einem Stab fest eingespannt, der Stab wird in engen Windungen mit dem Draht umwickelt und entweder mit dem Seitenschneider aufgezwickelt oder mit der Laubsäge und einem Metallsägeblatt aufgesägt. So entstehen beispielsweise exakt gleiche Kettenglieder, die, nachdem sie ineinandergehängt wurden, noch verlötet werden können.



Faulenzer für runde Kettenglieder

Aber auch kompliziertere Formen sind möglich, indem man auf einem Brettchen Nägel nach einem aufgezeichneten Schema einschlägt, die Nagelköpfe dann abzwickt und den Draht in der gewünschten Weise um diese Stifte windet.



Faulenzer mit Nagelstiften

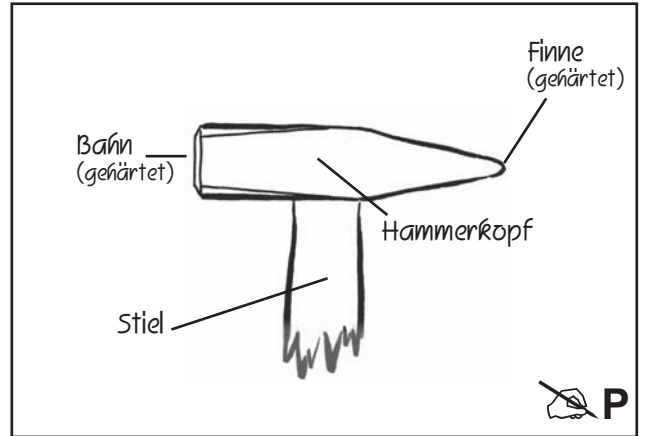


Fibel aus Draht

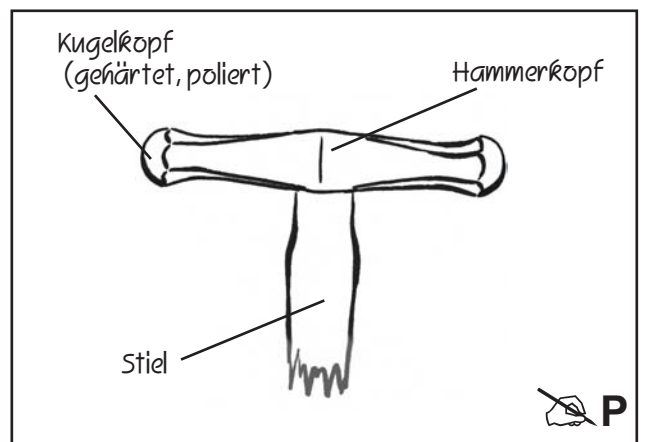
**Werkvorgang des Treibens**

Unter Treiben versteht man das Bearbeiten von Blechen zu gewölbten Formen durch Auftiefen mit Hilfe von Treibhämmern.

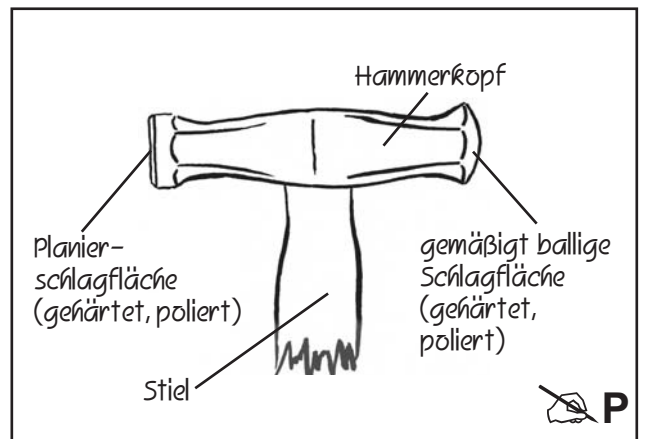
Ist die Unterlage beim Treiben hohl oder weich, wird das Material nach unten gedehnt und an den Rändern nach oben gebogen und ermöglicht so die Bildung einer Mulde. Wird der Treibhammer auf einer harten Unterlage eingesetzt, entsteht eine seitliche Verdrängung des Materials, das Blech wölbt sich auch hierbei. Es erwärmt sich leicht und wird zunehmend hart und spröde, dadurch besteht die Gefahr von Rissbildung. Die ursprüngliche Plastizität gewinnt das Blech z. T. wieder durch Ausglühen, z. B. indem es im Emailofen zur Rotglut gebracht wird. Die entstehende Zunderschicht muss vor dem Weiterarbeiten durch Abschrecken des glühenden Werkstücks im Wasser oder nach dem Abkühlen mechanisch mit Stahlwolle o. Ä. oder im Säurebad beseitigt werden. Säurereste werden dann unter fließendem Wasser entfernt.



Schlosserhammer



Kugelhammer



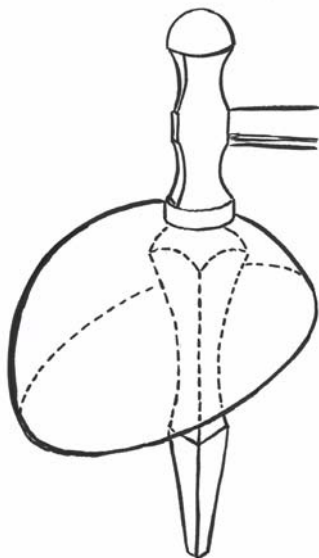
Planierhammer



Treibmulden



Stiftamboss, Faust



Planieren einer Schale über einer Faust



Kunststoffhammer, Gummihammer

**Arbeitsplan zum Treiben einer Schale**


ARBEITSSCHRITT	WERKZEUGE/WERKHILFSMITTEL	ARBEITSHINWEISE
Planen der Werkarbeit und Aufzeichnen des Quadrats auf die Kupferplatte	Papier, Stahllineal, Zirkel, Bleistift, Folienstift, Winkel	wasserfesten Folienstift benutzen
Ausschneiden des Kupferquadrats	Hebelblechschere/ Handblechschere	
Markieren des Rondenmittelpunktes, (evtl. ankörnen) und anreißen der Ronde auf das Kupferquadrat	Folienstift, Stahllineal (evtl. Körner, Schlosserhammer), Reißzirkel	Mittelpunkt über Diagonalen, (Körnerschlag nur leicht)
Tangentiale Näherungsschnitte an die Ronde Ausschneiden der Ronde	Handblechschere/ Hebelblechschere	ca. 2 bis 3 mm Abstand zum Riss  Linie muss noch stehen bleiben
Feilen der exakten Rundung der Ronde Kanten entgraten	Metallfeilen grob bis fein Schraubstock, Schutzbacken, Feilen	Nicht quer feilen nicht zu hoch einspannen
Auftiefen der Schalenmulde	Treibmulde und Kugelhammer evtl. Kunststoffhammer	gleichmäßig dichte Hammerschläge spiralförmig von außen nach innen
Ausrichten der Schalenwölbung und des Schalenrandes	Richtplatte, Treibklotz, Gummi- oder Kunststoffhammer	Auftiefen und Ausrichten stetig wiederholen, bis Schale tief genug ist
Ausglühen, wenn die Schale tiefer werden soll	Muffelofen	Kupfer muss rot glühen
Entzundern der Oberfläche	Schale mit Wasser, Säurebad, Bürste, Scheuerpulver, Stahlwolle	
Hämmern einer gleichmäßigen Oberflächenstruktur innen (hart auf hart)	Kugelhammer und Amboss	spiralförmig gesetzte feine Schläge gezielt bis fast zum Rand
Hämmern einer gleichmäßigen Oberflächenstruktur außen (hart auf hart)	Tellerhammer oder Planierhammer und Faust mit Halbkugel	Form darf sich nicht mehr ändern
Nacharbeiten des Randes Säubern der Oberfläche	feine Feile, Schleifleinen Stahlwolle	



## Oberflächen behandeln durch Patinieren und Lackieren

Durch Kontakt mit Luft oder Wasser bildet sich an der Oberfläche der meisten Metalle eine Oxidschicht (z. B. als Patina auf Kupfer). Solche Oberflächenveränderungen können auch gezielt herbeigeführt werden. In Wasser gelöste Schwefelleber, mit einem Lappen oder Pinsel auf Kupfer aufgetragen, verleiht diesem z. B. einen braunen bis schwarzen Farbton. Vor der Behandlung der Oberfläche muss diese völlig fett- und oxidfrei sein.

Möglich ist ein Reinigen mit Benzin, verdünnten Säuren oder mit Stahlwolle. Wichtig ist, dass alle mechanischen Arbeitsvorgänge wie Schleifen oder Polieren vor dem Patinieren erledigt werden, weil durch diese die Patina wieder abgetragen würde. Dies kann jedoch auch erwünscht sein, wenn z. B. die erhabenen Stellen der Oberfläche metallisch rein hervortreten sollen.



*Kupferplakette  
ohne Patina*



*Kupferplakette mit Schwefelleber  
und Stahlwolle behandelt*

Um das Aussehen einer Oberfläche zu konservieren und um sie vor Korrosion zu schützen, kann sie nach dem Säubern und Entfetten oder nach dem Patinieren lackiert werden. Hierzu wird häufig farbloser Zaponlack benutzt, der nicht zum Abblättern neigt. Der Auftrag erfolgt mit einem weichen Pinsel.

Des Weiteren gibt es eine Vielzahl verschiedener Lacke unterschiedlichster Farben auf dem Markt, die kaum Gestaltungswünsche offen lassen. Aus Spraydosen in mehreren dünnen Schichten aufgetragene Lacke haben den Vorteil, dass keine Pinselspuren entstehen können.



*Autolackierung in staubfreiem Raum*

Metall ist ein härteres Material als z. B. Holz oder Kunststoff. Die hohen Widerstandskräfte erfordern, dass das Werkstück während der Bearbeitung immer fest eingespannt ist.

Die häufigsten Verletzungen beim Arbeiten mit Metall sind Schnitt-, Stich- und Quetschverletzungen durch den Werkstoff selbst oder durch Werkzeuge. Aber auch Verbrennungen, Verätzungen oder Gefährdungen der Atemwege müssen vermieden werden.

Ordnung am Arbeitsplatz, Konzentration auf die eigene Arbeit sowie Aufmerksamkeit für die umgebende Situation (andere Schüler) helfen Unfälle zu vermeiden.

- Bei der spanenden Bearbeitung fallen **scharfkantige Späne** an, sie dürfen nicht mit der Hand weggewischt werden, sondern werden mit einem Besen zusammengefegt.
- Auch **Grate** am Material sind sehr scharf und führen leicht zu Schnittverletzungen. Grate werden gleich abgefeilt bzw. abgeschliffen. Die Kante sollte möglichst angefast werden und die Hand, ähnlich wie bei Glas, nicht entlang dieser Kante bewegt werden.
- Beim **Transport** der scharfkantigen Bleche verwendet man Schutzhandschuhe.
- Werkzeuge wie Reißnadeln und Zirkel haben gehärtete **Spitzen**, sie sollten nicht ungeordnet herumliegen und evtl. mit einem Korken abgesichert sein, der zudem die Spitze schützt.
- Bei der Hebelblechschere können herabfallende oder zurückschnellende **Hebel** zu Verletzungen führen; beim Führen der Blechschere ist darauf zu achten, dass die Finger nicht eingeklemmt werden. Hier ist – wie bei allen Arbeiten – große Konzentration erforderlich.
- Beim Bohren von Metall entsteht wegen der hohen Reibung **Hitze**, deshalb ist Kühl-Schmier-Mittel zu verwenden. Der Bohrer kühlt auch ab, wenn er hin und wieder zum Lüften aus dem Bohrloch gezogen wird.
- Zum Schutz vor scharfkantigen und **heißen Spänen**, die sich vom Bohrer lösen, muss man eine Schutzbrille tragen.
- Um die Bildung **langer Späne** zu verhindern, wird der Vorschub öfter unterbrochen.
- Verbrennungsgefahr droht beim Berühren der **heißgelaufenen Bohrer**.
- Das Aufsprühen von **Lacken** darf nur bei guter Belüftung oder im Freien erfolgen.
- **Lösungsmittel** aus Lacken, Klebstoffen, Pinsel- und Oberflächenreinigern dürfen nicht eingeatmet werden. Um **Atemwegsschädigungen** zu vermeiden, ist der Werkraum gut zu belüften oder im Freien zu arbeiten.
- **Lösungsmittel** werden auch über die **Haut** aufgenommen. Hautkontakt mit lösungsmittelhaltigen Stoffen ist deshalb strikt zu vermeiden.
- Lack- und Reinigerreste dürfen nicht ins Abwasser gelangen, sie werden als **Sondermüll** entsorgt.
- Jede Werkarbeit sollte genau **geplant** werden, um unnötigen Materialverschnitt zu vermeiden.
- Metall ist ein begrenzter Rohstoff. Metallreste werden sortiert und dem **Recycling** zugeführt.



Messerscharfer, nadelspitzer Blechanschnitt

## Werkbetrachtung

### Form und Funktion

In der 7. Jahrgangsstufe hast du erfahren, dass eine gute Form dann entsteht, wenn sie aus der Funktion des Gegenstandes heraus entsteht – „form follows function.“

Dieser Grundsatz gilt auch für Werkarbeiten aus dem Werkstoff Metall.

### Materialgerechte Verarbeitung

Metall weist eine gewisse **Härte** auf und setzt der mechanischen Bearbeitung einen **hohen Widerstand** entgegen. Deshalb tritt bei diesem Werkstoff, eventuell noch mehr als bei vielen anderen, ein weiterer Grundsatz in den Vordergrund, die **materialgerechte Verarbeitung**.

Damit ist gemeint, dass der Werkstoff ganz spezielle Formen zulässt und auch nicht jede Form für das Material sinnvoll ist.

So kann z. B. ein dicker Draht handwerklich zu einem rechten Winkel gebogen werden, die Ecke wird jedoch abgerundet sein. Dies ist die materialgerechte Form. Hämmert man die Ecke so, dass sie ihre Rundung verliert und „scharf“ wird, so zwingt man dem Material eine Form auf, die ihm nicht entspricht.

Was im Kleinen für die Ecke gilt, setzt sich in allen Bereichen eines Werkstücks fort. Dabei entsteht eine Gesamtform, die zum Werkstoff Metall passt und aus sinnvollen Bearbeitungsschritten und Werktechniken hervorgegangen ist. Die Fähigkeit, dies zu erkennen und zu würdigen, hängt stark von der Erfahrung des Betrachters ab.

Neben mehr oder weniger **gerundeten Biegekanten** sind für Gegenstände aus dem Werkstoff Metall sehr häufig auch **gespannte Oberflächen** mit einer leichten Wölbung typisch. Diese entstehen, wenn Flächen gebogen werden oder bei allen Arten der Formgebung durch das Treiben.

Ebenso typisch für Werkstücke aus diesem Material sind ihr **metallischer Glanz** und ihre glatten, **makellosen Oberflächen**, wenn diese unbearbeitet sind. Werden die Flächen bearbeitet, so erhalten sie, z. B. durch den Kugelhammer beim Treiben, eine **gleichmäßige Oberflächenstruktur**.

Metall verzeiht **Bearbeitungsfehler** nur schwer. Kratzer durch das Abgleiten der Reißnadel, eine falsche oder zu tiefe Körnung, Abdrücke der Riffelung des Schraubstocks oder ein falsch gebogener Radius lassen sich kaum wieder gut machen. Nicht selten ist eine Arbeit durch eine geringfügige Unachtsamkeit verdorben.

Die **materialgerechte Verarbeitung** kann in allen drei Bereichen eine Rolle spielen.

- **Funktionalität**
- **Gestaltung**
- **Handwerkliche Verarbeitung**



*Zuckerschale, Milchkännchen und Zuckerzange im Bauhausstil, der auf jeden unnötigen Zierrat verzichtet*