

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Иностранные языки»

## **METALL – TECHNOLOGIE**

Учебно-методическое пособие  
по немецкому языку для студентов специальностей  
1-36 01 02 «Материаловедение в машиностроении»,  
1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка»,  
1-42 01 02 «Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия»

*Учебное электронное издание*

**Минск 2011**

УДК 81 255,2:669=112,2=161.1(075.8)

ББК 81.2 я7

Е 74

**Авторы:**

*Л.К. Ермолович, Н.Н. Кожевникова*

**Рецензенты:**

*Г.П. Кузикевич*, кандидат филологических наук, доцент кафедры иностранных языков БНТУ;

*Е.С. Шубина*, доцент, кандидат филологических наук, доцент кафедры немецкого языка БГЭУ.

Данное пособие предназначено для аудиторной и самостоятельной работы студентов механико-технологического факультета специальностей 1-36 01 02 «Материаловедение в машиностроении», 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка», 1-42 01 02 «Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия». Цель пособия – развитие навыков чтения, корректного перевода оригинальных текстов по специальности.

Материал пособия содержит шестнадцать разделов. Хорошо продумана структура пособия, она характеризуется четкой регламентацией материала, поэтапностью работы над формированием навыков чтения, перевода, интерпретации, аннотирования, реферирования, что в совокупности создает стройную систему учебной деятельности. Содержание данного пособия соответствует требованиям типовой программы обучения иностранным языкам в неязыковом вузе.

Белорусский национальный технический университет  
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь

тел.(017)2927423

E-mail: emd@bntu.by

<http://www.bntu.by/ftug.html>

Регистрационный № БНТУ/ФТУГ09-7.2011

© Ермолович Л.К., Кожевникова Н.Н., 2011  
© БНТУ, 2011

## INHALT

Abschnitt 1. EIGENSCHAFTEN DER WERKSTOFFE .....	4
Abschnitt 2. AUFBAU DER METALLE .....	10
Abschnitt 3. KORROSION DER METALLE .....	14
Abschnitt 4. OBERFLÄCHENBEHANDLUNG DER METALLE .....	22
Abschnitt 5. WEITERVERARBEITUNG DES ROHEISENS .....	24
Abschnitt 6. WERTSTEIGERUNG DES STAHLER DURCH LEGIEREN .....	27
Abschnitt 7. ALUMINIUM.....	31
Abschnitt 8. MAGNESIUM.....	33
Abschnitt 9. KUPFER .....	35
Abschnitt 10. ZINK.....	38
Abschnitt 11. ZINN.....	39
Abschnitt 12. BLEI.....	41
Abschnitt 13. PULVERMETALLURGIE .....	43
Abschnitt 14. ANWENDUNGEN DER SINTERWERKSTOFFE .....	45
Abschnitt 15. KUNSTSTOFFE .....	47
Abschnitt 16. WERKZEUGMASCHINEN .....	51
WÖRTERVERZEICHNIS.....	56

## Abschnitt 1. EIGENSCHAFTEN DER WERKSTOFFE

### 1.1. Technologische Eigenschaften

Diese Eigenschaften geben an, wie sich der Werkstoff bei der Verarbeitung verhalten wird.

**Gießbarkeit.** Gießbar sind Werkstoffe, die bei technisch erreichbaren Temperaturen schmelzen und in Formen gegossen werden können (z.B. Grauguss, Blei, Zinn, Kupferlegierungen).

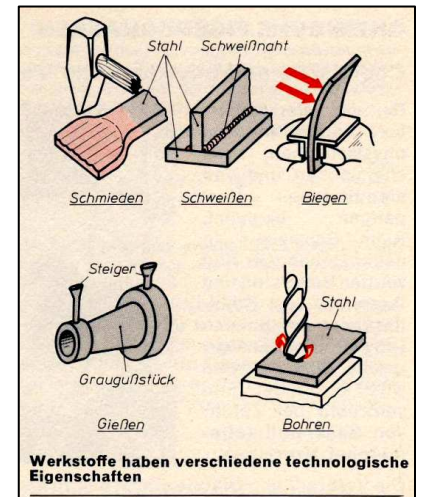
**Umformbarkeit.** Umformbar sind feste Werkstoffe, die unter Einwirkung von Kräften eine bildsame (plastische) Änderung der Form erhalten, dabei aber ihren stofflichen Zusammenhalt beibehalten (z.B. Stauchen, Ziehen, Pressen, Biegen).

**Zerteil- und Spanbarkeit.** Bearbeitbar durch Zerteilen, Spanen oder Abtragen sind solche Werkstoffe, bei denen durch Kräfte der Zusammenhalt der Stoffteilchen örtlich aufgehoben werden kann.

**Schweißbarkeit.** Schweißbar sind Werkstoffe, bei denen durch Stoffverbinden (Schmelz- oder Pressschweißen) ein örtlicher Zusammenhalt geschaffen werden kann.

**Härtbarkeit** gibt an, dass Eigenschaften des Werkstoffes durch Umlagern von Stoffteilchen geändert werden können.

Die Nutzung aller dieser Eigenschaften wird oft durch wirtschaftliche Erwägungen eingeschränkt.



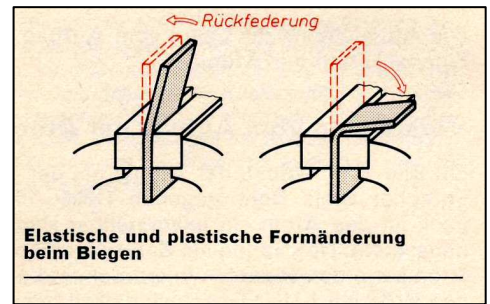
### 1.2. Mechanische Eigenschaften

Die mechanischen Eigenschaften eines Werkstoffes geben an, wie dieser sich bei Einwirkung durch äußere Kräfte verhalten wird.

**Festigkeit** eines Werkstoffes ist sein Widerstand gegen Formänderung und Trennung. Die als Belastung auftretenden äußeren Kräfte können Zug-, Druck-, Biege-, Scher- und Verdrehkräfte sein. Jede äußere Kraft erzeugt in dem Werkstoff Spannungen entsprechend der Beanspruchungsart, z.B. Zug- und Druckspannungen.

**Elastizität, Plastizität** sind Formänderungseigenschaften, wobei man bleibende Formänderungen mit plastisch und nichtbleibende mit elastisch bezeichnet.

**Versuch:** Ein eingespanntes Blech wird mit geringer Kraft gebogen, bis ein stärkerer Widerstand spürbar wird. Nach Wegnahme der Kraft federt der Werkstoff in seine Ausgangslage zurück.

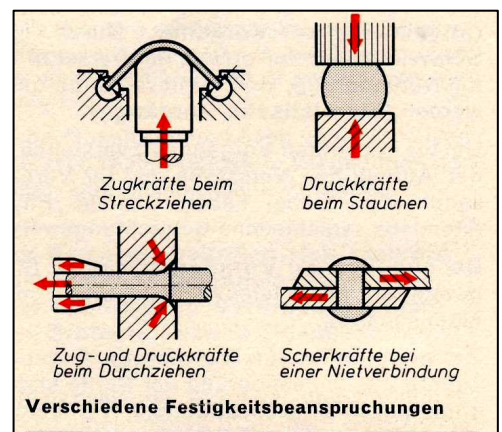


**Erkenntnis:** Ein Werkstoff verformt sich elastisch, wenn er durch Einwirkung äußerer Kräfte seine Form verändert und nach Entlastung seine ursprüngliche Form wieder einnimmt.

**Versuch:** Wird ein eingespanntes Blech über den Bereich der Elastizität hinaus gebogen, federt es nicht mehr in seine ursprüngliche Lage zurück.

**Erkenntnis:** Ein Werkstoff verformt sich plastisch, wenn er durch äußere Kräfte eine bleibende Formänderung erfährt.

**Sprödigkeit, Zähigkeit** geben das Verhalten eines Werkstoffes unter bestimmten Beanspruchungsbedingungen an. Ein Werkstoff **ist zäh**, wenn er ein gewisses Maß an Dehnung besitzt, und **spröde**, wenn er ohne merklich bleibende Formänderung bricht, z.B. Glas, Grauguss.



Härte eines Körpers bezeichnet den Widerstand, den dieser dem Eindringen eines härteren Körpers entgegensetzt. Harte Werkstoffe lassen sich dementsprechend nur schwer eindrücken oder ritzen (umformen oder trennen). Die Schneiden von Trennwerkzeugen, z.B. Meißel, Säge, Bohrer, müssen immer härter sein als der zu bearbeitende Werkstoff. Härte verhindert, dass sich aufeinandergleitende Flächen (Lager) rasch abnutzen. Harte Werkstoffe sind gehärteter Stahl, Hartmetall, Hartguss, Diamant.

### 1.3. Chemische Eigenschaften

#### 1.3.1. Chemische und physikalische Vorgänge

Bei der Werkstattarbeit werden wir von physikalischen, von chemischen und von atomistischen Vorgängen begleitet. Beim Schweißen werden Sauerstoff und Acetylen aus Stahlflaschen entnommen (**physikalischer Vorgang**). Das Acetylen wird entzündet und verbrennt bei Zufuhr von Sauerstoff (**chemischer Vorgang**).

Die Verbrennungswärme erhitzt den zu schweißenden Werkstoff und schmilzt den Schweißstab (**physikalischer Vorgang**). Durch die hohe Schweißtemperatur erfolgt im Werkstoff eine Gefügeveränderung, weil Atomverbände umgelagert werden (**atomistische Vorgänge**).

Um die genannten Vorgänge zu verstehen, müssen der Aufbau der Werkstoffe und ihr Verhalten bekannt sein. Dabei haben Chemie, Physik und Atomistik verschiedene Betrachtungsweisen:

Bei **chemischen Vorgängen** werden Stoffe umgewandelt. Es entstehen neue Stoffe mit neuen Eigenschaften.

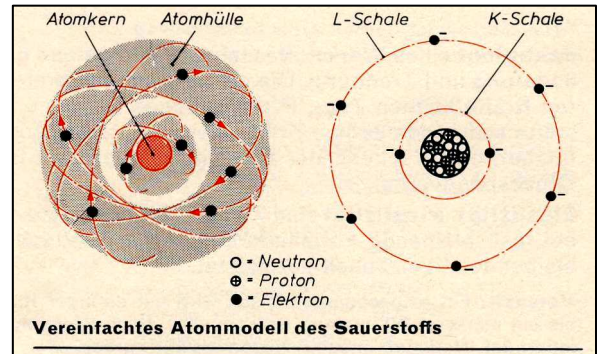
Bei **physikalischen Vorgängen** findet nur eine äußere Zustandsänderung der Stoffe statt (Formänderung, Festigkeitsänderung, Temperaturänderung). Die Stoffe selbst bleiben unverändert.

Die Atomistik ist die Lehre vom Aufbau und den Eigenschaften der Atome.

#### 1.3.2. Vorstellung vom Aufbau der Atome

Ein Bild vom Aufbau der Atome hat der dänische Forscher Niels Bohr gegeben (1885 – 1962). Danach ist das Atom ein unvorstellbar kleines Sonnensystem. Der Sonne als Zentrum entspricht der Atomkern, den Planeten entsprechen die sich um den Kern mit hoher Geschwindigkeit bewegenden **Elektronen**. Zwischen Atomkern und Elektronen ist „leerer Raum“. Die Atommasse ist praktisch im Atomkern vereinigt. Er setzt sich zusammen aus den positiv geladenen Masseteilchen, den **Protonen** (Proton — griech.: das zuerst Geschaffene) und aus Masseteilchen ohne elektrische Ladung, den **Neutronen** (neutral). Die Elektronen sind elektronegativ geladene, fast masselose Teilchen (ein Elektron wiegt nur  $\frac{1}{1836}$  eines Wasserstoffatomkerns oder eines Protons).

Die Elektronen werden von dem elektropositiv geladenen Atomkern angezogen, entziehen sich aber dieser Anziehung dadurch, dass sie sich um ihn mit sehr hoher Geschwindigkeit auf elliptischen Bahnen bewegen.



Das Atom ist nach außen elektrisch neutral, da die Summe der negativen Ladungen der Elektronenhülle (Summe der Elektronen) gleich der positiven Ladung (Summe der Protonen) im Kern ist. Den einfachsten Aufbau hat das Wasserstoffatom. Es besteht aus einem Proton und einem Elektron. Die Atommasse wird bestimmt durch die Anzahl der Protonen und Neutronen im Kern. So hat das Magnesiumatom im Kern 12 Protonen und 12 Neutronen und in der Hülle 12 Elektronen.

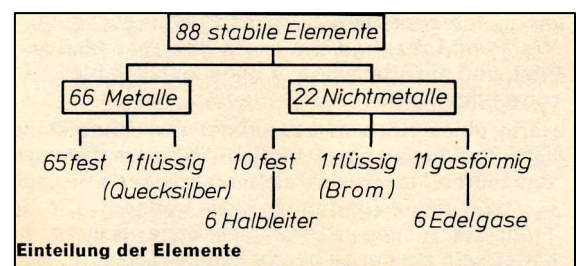
Atome sind sehr klein. So hat das Eisenatom einen Durchmesser von etwa  $2/10000000$  mm ( $2 \cdot 10^{-7}$  mm). In einem Stecknadelkopf von 1 mm Durchmesser sind rund

$$10^{20} = 100000000000000000000 \text{ Eisenatome.}$$

Die Elektronen bewegen sich um den Kern in verschiedenen Schalen, die vom Kern einen unterschiedlichen Abstand haben. Auch die Zahl der Elektronen in den einzelnen Schalen ist verschieden. Die äußerste Schale — mit Ausnahme der ersten — kann bis zu acht Elektronen aufnehmen. Nach Erreichen dieser Höchstzahl wird eine neue Schale mit Elektronen besetzt.

### 1.3.3. Grundstoffe (Elemente)

Alle Stoffe der Natur, Gesteine, Erze, Pflanzen, Luft, Wasser, Tiere und der menschliche Körper selbst, sind aus Grundstoffen oder Elementen, aufgebaut. Es gibt 92 natürlich vorkommende Elemente, zu denen noch 13 künstlich hergestellte kommen. Es sind aber nur 88 Elemente beständig (stabil).



Auf unserer Erde sind die Grundstoffe nicht in gleichen Mengen vorhanden. Erde und Lufthülle setzen sich zusammen aus etwa: 49 % Sauerstoff, 26 % Silicium, 7,5 % Aluminium, 5 % Eisen, 3,5 % Calcium, 2,5 % Natrium, 2 % Kalium, 2 % Magnesium, 1 % Wasserstoff, 0,1 % Kohlenstoff, 0,05 % Schwefel, 0,04 % Stickstoff und weiteren Elementen.

### **Einteilung der Elemente in Metalle und Nichtmetalle**

Die chemischen Elemente teilt man in zwei große Gruppen ein, die sich in den Eigenschaften allgemein voneinander unterscheiden: Nichtmetalle und Metalle.

**Nichtmetalle.** 22 Elemente sind Nichtmetalle, sie sind schlechte elektrische und Wärmeleiter. Wichtige Nichtmetalle sind Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O), beides Gase, aus ihnen besteht das Wasser. Die vier Elemente Fluor (F) — ein gelbliches Gas, Chlor (Cl) — ein grünes Gas, Brom (Br) — eine braune Flüssigkeit und Jod (J) — feste Kristalle, fasst man unter der Bezeichnung Halogene (griech.) oder Salzbildner zusammen. Gebunden sind sie in vielen Salzen vorhanden.

Ebenso fasste man die Elemente Sauerstoff (O) und Schwefel (S) zur Gruppe der Erzbildner zusammen, weil sie sich in vielen Metallerzen finden.

Biologisch wichtig sind die Elemente Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kohlenstoff (C). Besonders der Kohlenstoff ist Bestandteil aller lebenden Organismen. Zu den Nichtmetallen gehören auch die 6 Edelgase Helium (He), Neon (Ne), Argon (Ar), Krypton (Kr), Xenon (Xe) und Radon (Rn). Edelgase gehen im allgemeinen mit anderen Elementen keine Verbindungen ein.

**Metalle.** 66 Elemente sind Metalle. Sie sind alle undurchsichtig und infolge der Reflexion des Lichtes glänzend. Metalle sind gute elektrische und Wärmeleiter. Wichtige Schwermetalle ( $\rho > 4,5 \text{ g/cm}^3$ ) sind Eisen (Fe), Nickel (Ni), Kupfer (Cu), Zink (Zn), Zinn (Sn), Blei (Pb), Quecksilber (Hg), Gold (Au), Platin (Pt).

Zu den Leichtmetallen ( $\rho < 4,5 \text{ g/cm}^3$ ) gehören Natrium (Na), Kalium (K), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Aluminium (Al).

Die meisten Metalle sind unedel, d. h. sie verbinden sich mehr oder weniger leicht mit Sauerstoff, besonders beim Erhitzen.



**Das Periodensystem der Elemente:** Ordnet man die Elemente nach steigender Protonenzahl (gleichbedeutend mit steigender Atommasse, so ergibt sich eine Ordnungsreihe, in der jedes Element eine Ordnungszahl erhält, die seiner Protonenzahl entspricht.

Beispiel für die ersten drei Perioden des PSE:

1 H							2 He
3 L	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar

Innerhalb der Elementenreihe ergeben sich jeweils nach einer bestimmten Anzahl von Elementen Übereinstimmungen der Eigenschaften.

Helium (2), Neon (10), Argon (18) sind Edelgase; Fluor (9), Chlor (17) verbinden sich leicht mit den Metallen; Sauerstoff (8) und Schwefel (16) sind in vielen Erzen enthalten. Stellt man die verwandten Elemente untereinander, so ergibt sich das Periodensystem der Elemente. Es ergeben sich sieben waagerechte Reihen (Perioden) und acht senkrechte Spalten (Gruppen).

#### 1.3.4. Gemenge und chemische Verbindung

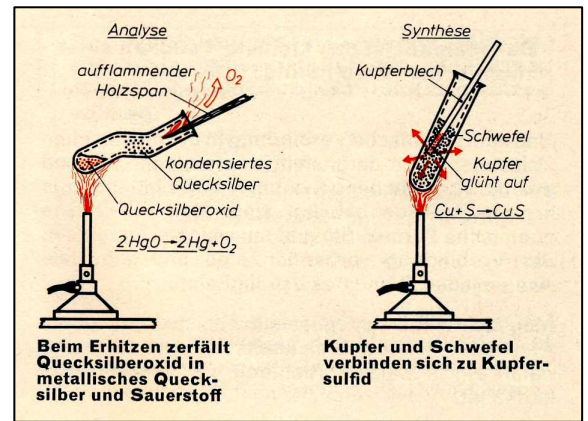
**Versuch:** *Die Mischung von Metallpulver und Kohlepulver ergibt ein schwarzes Gemenge. Durch Aufschwemmen mit Wasser oder durch einen Magneten ist jedoch wieder eine Trennung möglich.*

Mischen von Flüssigkeiten, Lösen von festen Körpern und Gasen in Flüssigkeiten, Verdampfen von Flüssigkeiten sind physikalische Vorgänge.

**In einem Gemenge befinden sich mehrere Stoffe unverändert nebeneinander  
Bei einer chemischen Verbindung entstehen neue Stoffe mit neuen  
Eigenschaften.**

Die Zusammensetzung von zwei oder mehreren Elementen zu einem neuen Stoff heißt Synthese.

**Versuch:** Herstellung einer chemischen Verbindung aus Kupfer und Schwefel. Wird Kupferblech in flüssigen Schwefel gehalten, so glüht es plötzlich auf und verbindet sich chemisch mit dem Schwefel zu Kupfersulfid. Es ist bröckelig, hat eine graue Farbe und zeigt keine Eigenschaften des Kupfers mehr.



Verbindungen der Metalle mit Schwefel heißen Sulfide. In Form von Kupfererz bezeichnet man die Verbindung als Kupferkies.

### Übungen:

1. Nennen Sie gießbare- und schmiedbare Werkstoffe.
2. Geben Sie Beispiele an, wobei ein Werkstoff auf Zug, Druck, Biegung und Verdrehung beansprucht wird.
3. Warum können Graugussstücke nicht gebogen werden?
4. Welche Eigenschaften muss ein Werkstoff haben, damit er gebogen werden kann?

## Abschnitt 2. AUFBAU DER METALLE

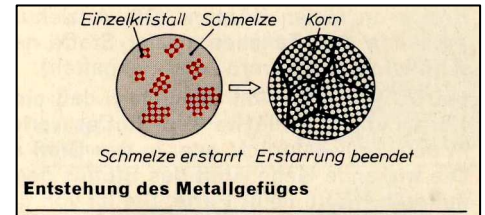
### 2.1. Die Gemeinsame Merkmale der Metalle

Metalle sollen eine der Verwendung entsprechende **Härte** und **Festigkeit** aufweisen, genügend **elastisch** sein und unter Umständen eine große **Dehnung** besitzen. Man kann dies durch entsprechende Behandlungsverfahren erreichen. Zum Verständnis der Werkstoffeigenschaften ist es erforderlich, den Aufbau der Metalle zu kennen.



**Metalle sind im festen Zustand kristallinisch.**

Bei Beobachtung von polierten und geätzten Metallflächen unter dem Mikroskop werden unregelmäßig begrenzte Flächen sichtbar. Es sind dies die Schnittflächen von geometrischen Figuren. Man erkennt, dass sich Metalle aus regelmäßig geformten Teilchen (Kristallen) zusammensetzen.



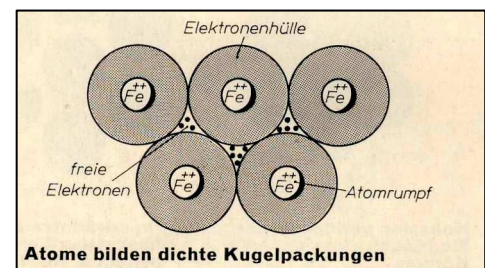
**Versuch:** Die Kristallbildung aus einer Lösung lässt sich beim Schwefel gut beobachten. Schwefel wird in Schwefelkohlenstoff (Vorsicht) aufgelöst. Wenn der Schwefelkohlenstoff ( $CS_2$ ) verdunstet, bildet sich der feste Schwefel in Form von Schwefelkristallen zurück.

**Erkenntnis:** In einer Schmelze bilden sich beim Erstarren Einzelkristalle, die mit anderen Kristallen zusammenstoßen und größere Kristallsysteme bilden. Meistens behindern sich die Kristalle beim Wachsen; es bilden sich dann unregelmäßig begrenzte Metallkristalle, sogenannte Kristallfite oder Körner. Das Wachstum endet nach Erstarrung der Schmelze. Das sichtbare Bild der Körner heißt Gefüge.

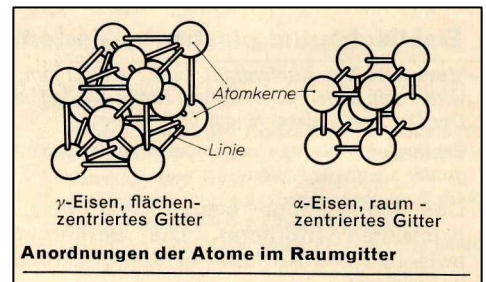


## 2.2. Atomanordnungen in Kristallen heißen Raumgitter

Die Kristallform erklärt sich aus der Anordnung der Atome beim Übergang der Schmelze in den festen Zustand. Metallatome haben auf der äußeren Schale nur eine geringe Anzahl von Elektronen. Sie geben diese leicht ab, um zu stabilen äußeren Schalen zu gelangen. Es ergeben sich positiv geladene Atomrümpfe, die stabile Raumgitter bilden, in denen die abgespaltenen Elektronen frei beweglich sind und ein Elektronengas bilden. Kräfte zwischen den positiv geladenen Atomrümpfen und der „Elektronenwolke“ halten den Kristall zusammen und bilden die Kristallstruktur.



Bei der Darstellung eines Raumgitters werden nur die Atomkerne gezeichnet, die durch Linien verbunden werden. Welche Gitterform sich einstellt, hängt von den wirksamen elektrischen Kräften im Raumgitter ab. So haben z.B.  $\alpha$ -Eisen, Chrom und



Wolfram ein kubisch-raumzentriertes Gitter (8 Eckionen und ein Raumion),  $\gamma$ -Eisen, Aluminium und Kupfer ein kubisch-flächenzentriertes Gitter (8 Eckionen und 6 Flächenionen) und Magnesium, Zink hexagonale sechseckige Gitter verschiedener Abwandlungen. Die Stoffteilchen werden im Kristall durch elektrische Kräfte in diesen Punkten festgehalten. Sie sind aber nicht in Ruhe, sondern führen um ihre Mittelpunktslage Schwingungsbewegungen aus.

**Anordnung, Kräfte und Bewegung der Kristallbausteine bestimmen den Zustand und die Eigenschaften des Werkstoffes.**

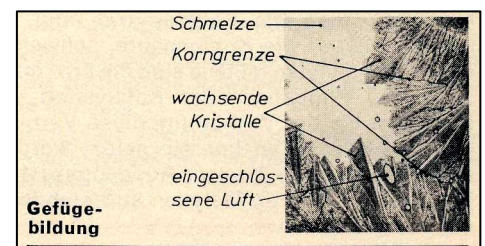
### 2.3. Aufbau von Legierungen

Legierungen entstehen durch Vermischen von zwei oder mehr Metallen oder Metallen mit Nichtmetallen im flüssigen Zustand.

Durch Legieren können erwünschte Eigenschaften wie Härte, Festigkeit, Elastizität, Warmfestigkeit oder Korrosionsbeständigkeit gesteuert werden.

#### Unterschiedlicher Gefügebau eines Einstoff-Metalls und einer Legierung Einstoff-Metall

Im flüssigen Zustand bestehen die Metalle aus frei beweglichen Metallatomen. Erstarrt die Schmelze, so beobachtet man einen Haltepunkt, bei dem die Temperatur eine Zeitlang konstant bleibt. Während

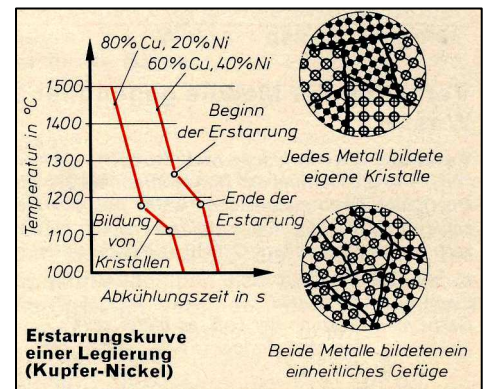


dieser Zeit verläuft von sogenannten Kristallisationskeimen aus (das sind z.B. Verunreinigungen) die Kristallisation des Metalles. Metallatome lagern sich einander an, Bindungskräfte werden wirksam und bilden Kristalle. Jeder Kristall wächst, als ob die anderen gar nicht vorhanden wären. Die wachsenden Kristalle stoßen aneinander, so dass die durchgehenden Reihen der Atome plötzlich abgebrochen werden. Sie verlaufen

in den Nachbarkristallen nach anderen Richtungen als vorher weiter. Die Richtungen wechseln also von Kristallkorn zu Kristallkorn, es bildet sich ein kristallitisches Gefüge, die Abgrenzungen heißen Korngrenzen.

## Legierung

Der Erstarrungspunkt eines Metalls wird durch Legieren verändert, er ist abhängig vom Mischungsverhältnis. Nebenstehend sind die Erstarrungskurven von zwei Kupfer-Nickel-Legierungen dargestellt.



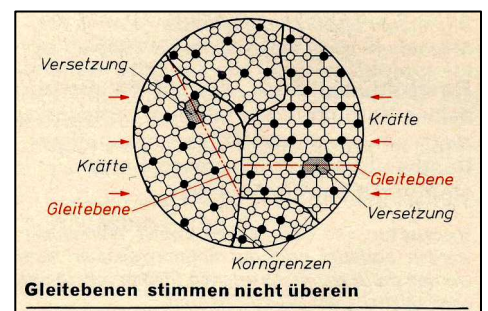
In der Schmelze sind die einzelnen Atome der vermischten Metalle ineinander gelöst. Beim Erstarren bilden die Atome der Legierungsmetalle Kristallisationskeime, von denen das Wachsen der Kristalle ausgeht. Dabei können sich zwei unterschiedliche Gitterformen ergeben.

**Kristallgemisch:** Die Bestandteile der Legierung bilden für sich eigene Kristallite. Dann liegen unterschiedliche Kristallite nebeneinander, das Gefüge ist nicht einheitlich (heterogen).

**Mischkristalle:** Die Bestandteile der Legierung bilden ein gemeinsames Gitter. Dann sind in jedem Kristalliten die verschiedenen Metallatome enthalten, man spricht von Mischkristallen, das Gefüge ist einheitlich (homogen).

## Härte und Festigkeit einer Legierung

Legierungen haben gegenüber einem Einstoffmetall vielfach höhere Härte und Festigkeit. Die Erscheinungen erklären sich aus den Unregelmäßigkeiten im Gitteraufbau. Haben die eingelagerten Atome der Legierungsbestandteile einen größeren Durchmesser als die Atome des Grundstoffes, bewirken sie eine Verspannung des Grundgitters. Bei äußerer



Krafteinwirkung führt diese Verspannung und der zusätzliche Reibungswiderstand,

infolge der unterschiedlichen Atomgröße, zu einer Erschwerung der Wanderung der Versetzung.

Schneiden sich an den Korngrenzen zwei Gleitebenen, stauen sich hier die Versetzungen und ergeben eine Materialverfestigung.

### **Übungen:**

1. *Ordnen Sie zueinander: Kristall, Kristallite, Gefüge.*
2. *Wie entsteht ein Raumgitter?*
3. *Unterscheiden Sie die Gitterformen von Eisen und Kupfer.*
4. *Unterscheiden Sie Atomkern, Atom und Elektron.*
5. *Wie erklärt sich aus dem Kristallaufbau die elektrische Leitfähigkeit der Metalle?*
6. *Vergleichen Sie die Gitter eines reinen Metalls und einer Legierung.*
7. *Legierungen erhöhen u.a. die Festigkeit. Begründen Sie.*

## **Abschnitt 3. KORROSION DER METALLE**

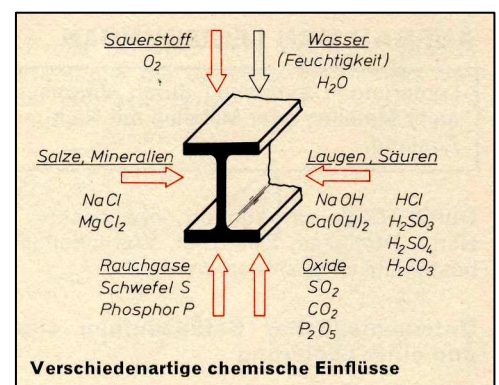
### **3.1. Chemische Korrosion**

Das Wort „Korrosion“ kommt aus dem Lateinischen und heißt Zernagen. Man versteht darunter die an den Metallen auftretenden Zerstörungen durch **chemische** oder **elektrochemische** Einflüsse. Die Verluste durch Korrosion der Metalle betragen in der BRD jährlich etwa 2 Milliarden DM.

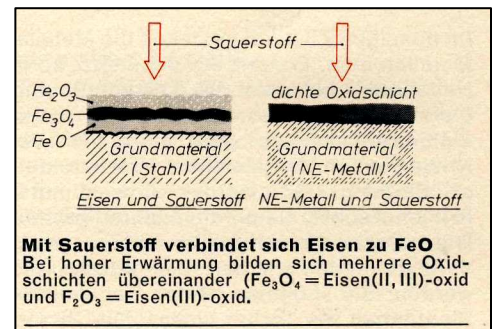
#### **Chemische Einflüsse**

Am meisten werden die Werkstoffe von der Luftatmosphäre beeinflusst. In der Luft befinden sich Sauerstoff, Wasserdampf, Rauchgase mit Schwefel- und Phosphorverbindungen, Verbrennungsgase wie Kohlendioxid oder Schwefeldioxid, verdünnte Säuren wie Kohlensäure, schweflige Säure und Salzsäure.

Die meisten Metalle sind als Erze mit Sauerstoff, Wasser, Schwefel, Phosphor oder



Kohlenstoff verbunden gewesen. Nachdem bei der Verhüttung diese Verbindungen mit beachtlichem Aufwand an Energie gelöst worden sind, streben sie eine Rückbildung in den Ausgangszustand an. Das ist die Ursache für viele an Metallen auftretende Zerstörungen.



**Ein Metall ist um so edler, je weniger es zersetzbar ist.**

**Verhalten der Metalle gegenüber Sauerstoff und Wasser**

**Versuch:** Werden *blanke Metallstreifen* — Eisen (Fe), Kupfer (Cu), Zink (Zn) — in die Flamme des Bunsenbrenners gehalten, so verlieren sie an der Oberfläche ihren metallischen Glanz und überziehen sich mit einer Oxidschicht. Die Oxidschichten bilden vielfach eine dichte Schutzschicht und verhindern eine weitere Oxidation des Barunterliegenden Metalls.

*Kupfer bildet Kupferoxid*       $2 \text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CuO}$

*Eisen bildet Eisenoxid*     $2 \text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{FeO}$

*Glüht man Eisen an der Luft, so bildet sich*

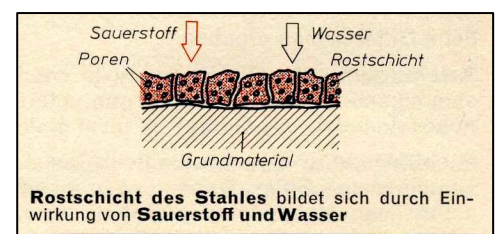
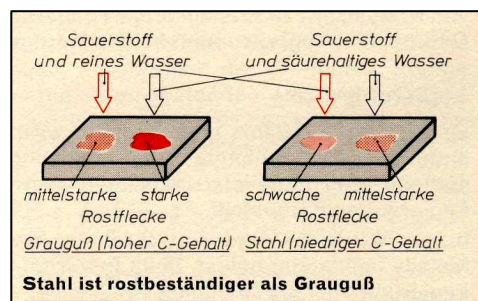
*Hammerschlag oder Zunder* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , genau  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ )

*Zink bildet Zinkoxid*       $2 \text{Zn} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ZnO}$

*Blei bildet Bleioxid*       $2 \text{Pb} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{PbO}$

*Aluminium bildet Aluminiumoxid*     $4 \text{Al} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Al}_2\text{O}_3$

*Magnesium bildet Magnesiumoxid*     $2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{MgO}$



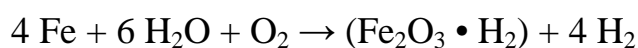
**Rostbildung.** Rost entsteht bei Berührung des Eisens und seiner Verbindungen mit dem Luftsauerstoff und Wasser, und zwar um so schneller, je säurehaltiger das

Wasser ist. Die Rostbeständigkeit ist um so besser, je niedriger der Kohlenstoffgehalt des Stahles ist.

**Versuche:** *Die Oberflächen zweier Werkstücke aus Grauguss und Stahl werden entfettet und mit Schmirgelpapier blank gerieben. Beide Stücke werden dann an verschiedenen Stellen mit reinem Wasser und mit säure-oder salzhaltigem Wasser betupft.*

*Beobachtungen: Es zeigen sich Rostflecken, die auf Grauguss und an den mit Säure bespritzten Stellen früher und stärker auftreten.*

Kleine Eisenteilchen der Werkstückoberfläche reagieren mit dem Wasser und verbinden sich mit dem Sauerstoff zu einem Oxid. Es entsteht ein brauner Rost, der porös ist und sich später in Schuppen vom Grundmaterial abhebt. Dadurch können Sauerstoff und Wasser ständig mit den tiefer liegenden Eisenteilchen in Berührung kommen und diese angreifen.



Witterungsbeständiger Stahl (Corten-Stahl) rostet anfangs normal. Die festhaftende Rostschicht ist aber so dicht, dass sie das Grundmaterial vor weiterer Korrosion schützt.

### **3.2. Verhalten der Metalle gegenüber Laugen**

Manche Metalloxide verbinden sich mit Wasser zu Basen (Hydroxiden), ihre wässrigen Lösungen nennt man „Laugen“. Bekannte Laugen sind: Natronlauge, Salmiakgeist, Kalilauge. Man benutzt sie zum Reinigen verschmutzter Werkstücke oder Arbeitsmittel und zum Tiefätzen von Aluminium.

Als Nachweis der Lauge dient **rotes** Lackmuspapier; es färbt sich **blau**.

Laugen haben ätzende Wirkung. Tierische und pflanzliche Stoffe, Farbstoffe, Lacke werden vielfach zerstört, Schmutz wird entfernt. Auch Metalle werden durch Laugen angegriffen.

**Versuch:** *in ein Becherglas mit 25%iger Natronlauge werden ein verschmutzter Wollstoff und ein Aluminiumblech getaucht.*



*Beobachtung: Die Wolle quillt auf, der Schmutz löst sich. Das Aluminiumblech wird deutlich angeätzt.*

Zusammenfassung: Laugen bilden sich leicht aus den Oxiden unedler Metalle [z. B. Natronlauge-NaOH, Kalilauge-KOH, Calciumhydroxid-Ca(OH)<sub>2</sub> (gelöschter Kalk), aber auch Ammoniaklösung-NH<sub>4</sub>OH].

### **3.3. Verhalten der Metalle gegenüber Säuren**

Wichtige anorganische Säuren sind die Salzsäure (HCl), die Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), die Salpetersäure (HNO<sub>3</sub>) und die Kohlensäure (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Gemeinsame Eigenschaften der Säuren sind: a) sie schmecken sauer, b) sie greifen die Haut an, ätzen und zerstören Zellgewebe, c) sie greifen unedle Metalle an, d) sie zerstören und bleichen Farbstoffe, e) sie entfernen Oxidschichten von Metallen.

Säuren bilden sich allgemein aus den Oxiden der Nichtmetalle und Wasser.

**Versuch:** *Verbrennt man in einem Standzylinder Schwefel, so bildet sich Schwefeldioxid ( $S + O_2 \rightarrow SO_2$ ). Das Schwefeldioxid geht mit dem Wasser eine Verbindung ein und ergibt die schweflige Säure ( $SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$ ).*

Säuren werden durch Anzeiger (Indikatoren) erkannt. Das bekannteste Indikatorpapier enthält Lackmus.

**Blaues** Lackmuspapier färbt sich in Säuren **rot**.

#### **Salzsäure**

Salzsäure ist eine der stärksten Säuren. Chemisch besteht sie aus Wasserstoff (H) und Chlor (Cl). HCl heißt Chlorwasserstoff, ein stechend riechendes Gas, das in Wasser gelöst Salzsäure ergibt. Salzsäure löst die meisten unedlen Metalle und ihre Oxide auf.

**Versuch:** *Salzsäure löst Metalloxide.*

*Mit einem Lappen wird eine etwa 5%ige Salzsäure auf einem oxidierten Zinkblech, Stahlblech oder Kupferblech verrieben. Beobachtung: Metalle werden blank; die Metalloxide haben sich dabei mit der Salzsäure chemisch zu Chloriden verbunden ( $ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$ ).*

## Schwefelsäure

Schwefelsäure ist eine ölige Flüssigkeit. Konzentriert als sog. Oleum enthält sie etwa nur 1,5 % Wasser. Die chemische Zusammensetzung ist Wasserstoff, Schwefel und Sauerstoff ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Sie ätzt sehr stark und wirkt auf organische Stoffe vererkohlend. Verdünnte Schwefelsäure wird zum Entfernen von Oxidschichten benutzt.

**Beispiel:** Kupferoxid wird durch Schwefelsäure chemisch zu Kupfersulfat verwandelt.

$(\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O})$ . Die Salze der Schwefelsäure heißen Sulfate.

**Versuch: Schwefelsäure zerstört organische Stoffe.** *Bringt man Tropfen hochprozentiger Schwefelsäure auf ein Stück Zucker oder auf einen Bogen Papier, so zeigen sich nach einigen Minuten schwarze Stellen (Kohlenstoff).*

Mit Wasser vermischt sich hochprozentige Schwefelsäure unter heftiger Erwärmung.

**Versuch:** *In einen halb mit Wasser gefüllten Glaskolben wird langsam konzentrierte Schwefelsäure getropft und die Temperatur kontrolliert.*

*Beobachtung: Am Thermometer wird eine starke Temperaturerhöhung festgestellt. Bei unsachgemäßem Verhalten können dabei durch Säurespritzer gefährliche Hautverletzungen entstehen.*

**Zum Verdünnen von Schwefelsäure immer die Säure ins Wasser geben, niemals Wasser in die Säure.**

## Kohlensäure

Bei der Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen (Holz, Papier, Brennstoffen) entsteht Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ). Die von Mensch und Tier ausgeatmete Luft enthält etwa 4%, die Abgase der Verbrennungskraftmaschinen 6 bis 12% Kohlendioxid. In Wasser geleitet verbindet sich Kohlendioxid zum geringen Teil zu Kohlensäure ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ ). Luftfeuchtigkeit und Wasser enthalten somit immer Kohlensäure, so dass Metalle angegriffen werden. Die Salze der Metalle mit Kohlensäure heißen Carbonate. So bildet sich bei Blei mit Kohlensäure eine schwer lösliche Schicht von Bleicarbonat, die im Gegensatz zum reinen Blei nicht wasserlöslich ist.

Eisen verbindet sich mit der Kohlensäure zu Eisencarbonat ( $\text{FeCO}_3$ ), Kupfer zu basischem Kupfercarbonat ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ), einer dichten Schutzschicht in grünlicher Farbe (Patina).

### 3.4. Umgang mit Säuren und Laugen

Säuren und Laugen zerstören die Haut, und zwar um so stärker, je höher ihre Konzentration ist. Ein geatmete Dämpfe der Salzsäure zerstören die Schleimhäute des Mundes, der Nase, der Lunge und des Magens. Bei Verätzungen Augen und' Haut sofort reichlich und mindestens 15 Minuten mit Wasser spülen. Anschließend mit keimfreiem Schutzverband bedecken.

**Beim Umgang mit Säuren und Laugen Schutzhandschuhe anziehen und Schutzbrille aufsetzen. Säure- und Laugenflaschen müssen gekennzeichnet sein.**

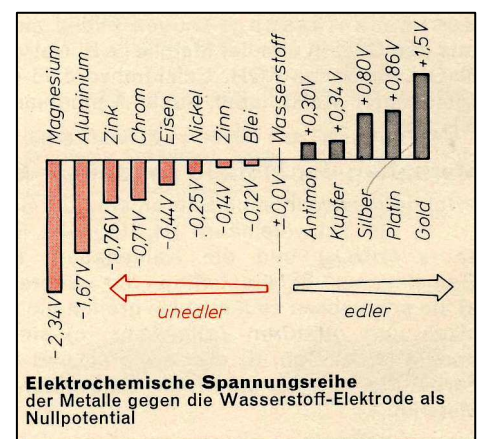
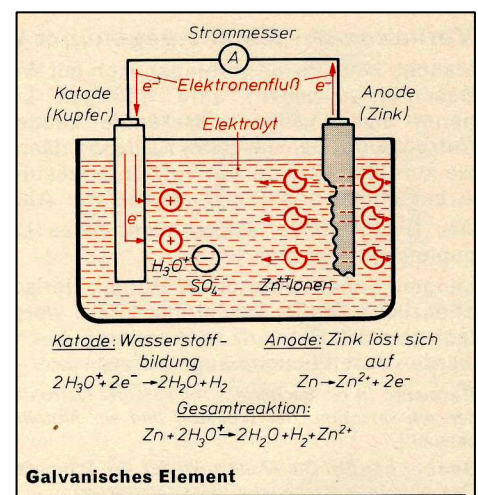
### 3.5. Elektrochemische Korrosion

Elektrochemische Korrosion tritt ein, wenn verschiedene metallische Werkstoffe miteinander verbunden sind und durch einen Elektrolyten benetzt werden. Elektrolyte sind elektrisch leitende Flüssigkeiten wie Luftfeuchtigkeit, Schweiß, gesäuertes oder salziges Wasser.

**Versuch:** Gießt man Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) in Wasser, so bilden sich positive Wasserstoff-Ionen und elektrisch negative RestIonen. Beide Ionen bilden mit dem Wasser den Elektrolyten.

**Versuch:** In einer verdünnten Schwefelsäure löst sich eine eingetauchte Zinkplatte auf. Es treten positive Zink-Ionen in die Lösung. Die negativen Elektronen fließen zum Kupfer und verhindern dessen Auflösung.

Gleiches Verhalten wie Zink zeigen andere Metalle wie Magnesium, Aluminium, Eisen und Blei.



**Versuch:** In einer verdünnten Schwefelsäure zeigen sich bei Kupfer keine Zersetzungerscheinungen.

Gleiches Verhalten wie Kupfer zeigen Silber, Platin und Gold.

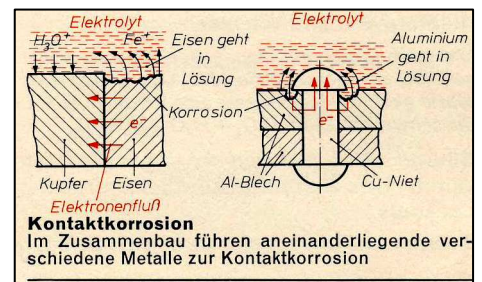
**Erkenntnis:** In einem Elektrolyten hat jedes Metall einen Lösungsdruck, der bewirkt, dass Metall-Ionen abgegeben werden. Metalle mit einem großen Lösungsdruck bezeichnet man als elektrochemisch unedel (Eisen, Zink, Aluminium, Magnesium). Metalle mit einem geringen Lösungsdruck bezeichnet man als elektrochemisch edel (Kupfer, Platin, Gold).

### Galvanisches Element

**Versuch:** In verdünnte Schwefelsäure werden eine Kupfer- und eine Zinkplatte eingetaucht. Sind beide Metalle außerhalb der Lösung durch einen Leiter verbunden, so fließt ein elektrischer Strom.

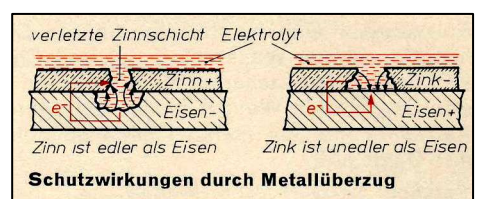
Die Anordnung bildet eine Spannungsquelle (ein galvanisches Element). Zink ist unedler als Kupfer und wird zersetzt. Zink-Ionen gehen in Lösung und lassen pro Atom zwei Elektronen an der Zinkplatte (Minuspole) zurück. Die Elektronen bewegen sich durch den Leiter zur Kupferplatte. Hier binden sie sich mit den angelagerten Wasserstoff-Ionen der Säure zu Wasserstoff, der ausgeschieden wird.

Das edle Metall bildet den Pluspol (die Katode), das unedlere Metall den Minuspol (die Anode). Die elektrische Spannung und damit die Zersetzung des unedleren Metalls ist um so größer, je weiter die Metalle in der elektrochemischen Spannungsreihe auseinanderstehen.



### 3.6. Erscheinungen der Korrosion

**Berührungs- oder Kontaktkorrosion** liegt vor, wenn ein Elektrolyt zwei in der Spannungsreihe auseinanderliegende Metalle miteinander verbindet. Dabei geht das unedlere Metall in Lösung und wird





## **Abschnitt 4. OBERFLÄCHENBEHANDLUNG DER METALLE**

### **4.1. Nichtmetallische Überzüge**

Die Oberflächenbehandlung dient nicht nur dem Schutz, sondern oft auch der Verschönerung. **Einölen und Einfetten** wird dort angewandt, wo die Teile blank bleiben müssen (Schieblehre). Fette und Öle müssen säurefrei sein.

**Anstreichen oder Spritzen mit Farbe.** Bleimennige bildet eine undurchlässige Schutzschicht als Grundanstrich. Deckfarben (Leinölfarben oder Lacke) werden je nach Verwendungszweck gewählt.

**Emaillieren** geschieht durch Aufstreuen oder Aufspritzen von Emailpulver und anschließendem Brennen bei 800°C bis 1000°C. Der Überzug ist chemisch widerstandsfähig und hitzebeständig. Die Emailmasse besteht aus Glaspulver, einem Gemisch aus Quarz, Feldspat, Tonerde und Farbstoffen.

**Kunststoffüberzüge** erhält man durch Tauchen in flüssigem Kunststoff oder durch Lackieren. Die üblichen Ölfarben werden in immer größerem Umfang durch Kunstharz-, Cellulose- und Chlorkautschuklacke verdrängt. Ferner gibt es Einbrennlacke, die bei 120 ... 150°C getrocknet werden und guten Korrosionsschutz geben.

### **4.2. Metallische Überzüge**

**Metallbad.** Ein gereinigtes Werkstück wird in ein flüssiges Metallbad (z.B. Stahlblech in Zink) getaucht. Anschließend tropft das überflüssige Metall ab, und eine dünne Schicht bleibt zurück. Eine Anwendung dieser Art ist das Feuerverzinken.

**Galvanisieren** (Vernickeln, Verzinnen, Verkupfern, Cadmieren). Um die Korrosion zu verhindern, werden Flächen, die einer Zerstörung ausgesetzt sind, mit einer dünnen Schicht aus korrosionsbeständigem Metall überzogen. Beim Galvanisieren werden die Teile, die überzogen werden sollen, in eine Metallsalzlösung des Schutzmetalls gebracht, dann wird bei geringer Spannung ein Strom durch das Bad geleitet. Der elektrische Strom zerlegt die Radflüssigkeit chemisch, das Metall scheidet

aus dem Salz aus und schlägt sich in dünner Schicht auf das zu überziehende Werkstück nieder.

**Plattieren.** Man versteht darunter das Aufwalzen von dünnen Metallschichten auf ein Grundmetall (Geldstücke bis 10 Pf.). Teurer Werkstoff kann auf diese Weise eingespart werden.

**Aufspritzen.** Durch Druckluft werden verflüssigte Metalle (z. B. Blei, Zink, sogar Stahl) auf die Werkstücke aufgetragen.

### 4.3. Chemische Überzüge

**Schwarzbrennen.** Man gibt Stahlteilen einen schwärzlichen Oberflächenschutz durch mehrmaliges Abbrennen mit Öl bei 400°C. Das Verfahren ergibt keinen dauerhaften Schutz.

**Phosphatieren** (Fachbezeichnungen sind Sondern oder Parkern). Im Sprüh- oder Tauchverfahren wird eine wässrige Lösung von Mangan- oder Zinkphosphat (Salze der Phosphorsäure) auf die vorher entrostete und entfettete Metalloberfläche aufgebracht. Dabei bildet sich eine schützende Eisenphosphatschicht, die eine gute Unterlage für weitere Schutzschichten ist.

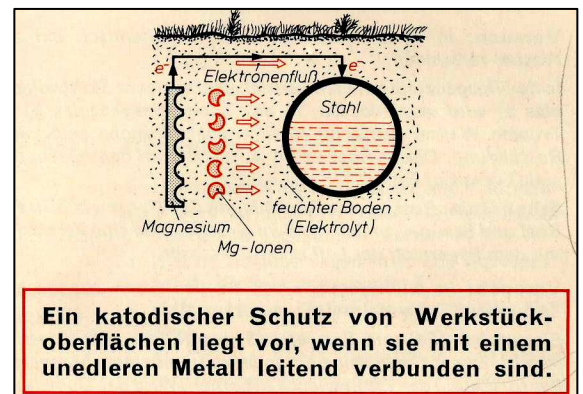
Bei der **elektrolytischen Oberflächenbehandlung** handelt es sich um eine künstliche Oxidation zum Verstärken der natürlichen Oxidschichten bei Aluminiumlegierungen. Unebenheiten, Riefen und Kratzer bleiben auch nach der Behandlung sichtbar. Die Schutzschicht ist fest und platzt nicht ab.

**Eloxalverfahren** = **elektrolytisch oxidiertes Aluminium.**

In ein Bad mit Schwefelsäure als Elektrolyt wird eine Bleiplatte (als Minuspol) und das Werkstück aus Aluminium (als Pluspol) eingesetzt. Fließt ein Gleichstrom, so bildet sich auf dem Werkstück durch den freiwerdenden Sauerstoff eine Oxidschicht, die Eloxalschicht.

#### 4.4. Katodischer Korrosionsschutz

Sind zwei verschiedene Metalle durch eine leitende Flüssigkeit (einen Elektrolyt) verbunden, so bildet sich ein elektrisch-chemisches Element. Dabei wird das unedlere Element zerstört. Verbindet man durch einen Leiter den Magnesiumstab (Abb.) mit dem zu schützenden Stahlkörper, so gibt das Magnesium Ionen ab.



Die dadurch im Magnesium frei werdenden Elektronen fließen zum Stahl und erzeugen hier einen Elektronendruck, wodurch verhindert wird, dass sich seinerseits vom Eisen Ionen lösen können und das Metall zersetzen.

#### Übungen:

1. Nennen Sie wichtige Laugen und Säuren, und geben Sie ihren chemischen Aufbau an.
2. Welche Einwirkungen haben Säuren auf Metalle?
3. Warum sind Laugen- und Säureflaschen zu beschriften?
4. Geben Sie Beispiele für nichtmetallischen, metallischen und chemischen Oberflächenschutz.

### Abschnitt 5. WEITERVERARBEITUNG DES ROHEISENS

#### 5.1. Gusswerkstoffe

**Gusswerkstoffe** sind Legierungen, die sich durch ihre Eigenschaften zur Herstellung von Formguss eignen. Gusswerkstoffe sollen dünnflüssig sein, keinen zu hohen Schmelzpunkt haben, bei der Abkühlung nicht zu stark schwinden und gute Festigkeits- und Bearbeitungseigenschaften haben.



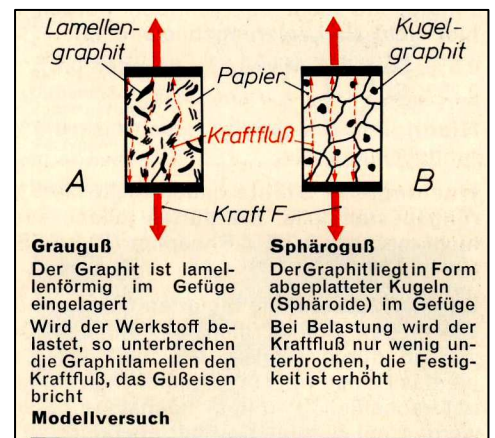
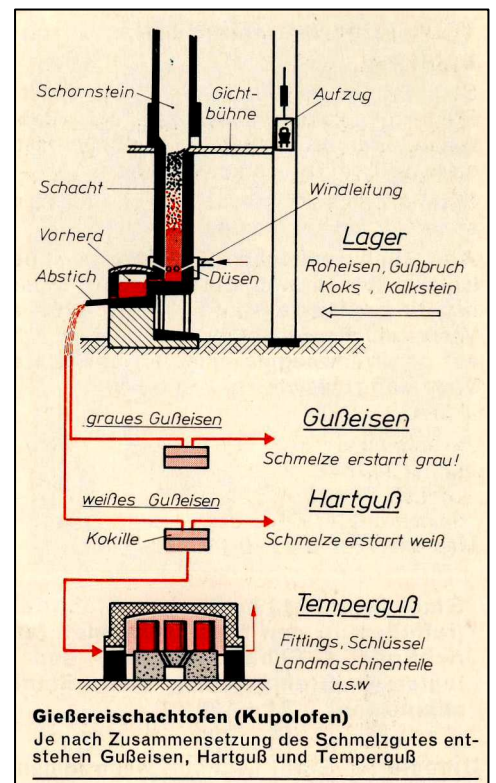
Dazu gehören Gusseisen mit Lamellengraphit (Grauguss, GG-), Gusseisen mit Kugelgraphit (Sphäroguss, GGG-), Hartguss (GH-) und Temperguss (GTW- und GTS-). Die Werkstoffe werden meist im Gießereischachtofen, auch Kupolofen genannt, erschmolzen.

**Gusseisen mit Lamellengraphit (GG-)** hat mehr als 2,06 % Kohlenstoff und ist praktisch nicht dehnbar.

Die Bruchfläche ist grau, weil der Kohlenstoff überwiegend als Graphit ausgeschieden ist. In der Bruchfläche zeigen sich lamellenartige Adern mit kleinen Krümmungsradien, die den Guss einkerben und dadurch die Zerreißfestigkeit herabsetzen. Die bei der Bearbeitung entstehenden Späne sind bröckelig. Der Vorteile von Grauguss ist hohe Druckfestigkeit.

**Kugelgraphitguss (Sphäroguss = globularer Grauguss, GGG)** übertrifft den lamellaren Grauguss. Durch Zusatz geringer Mengen Magnesium und Cer hat dieses Gusseisen im Gefüge kugelförmige Graphitablagerungen. Nach einer Wärmebehandlung erhält man dadurch stahlähnliche Festigkeit (bis zu  $700 \text{ N/mm}^2$ ). Es hat ausreichende Dehnung und lässt sich besser als Grauguss zerspanen. Die erhöhten Festigkeitseigenschaften erklären sich aus der Kugelform des Graphits, der die Kerbwirkungen vermindert.

**Versuch:** Werden im Modellversuch zweigleich große Papierflächen mit (A) Einschnitten und (B) kreisförmigen Durchbrechungen durch eine Kraft beansprucht, zerreißt zuerst der Papierstreifen A, durch den der Grauguss mit Lamellengraphit dargestellt ist.

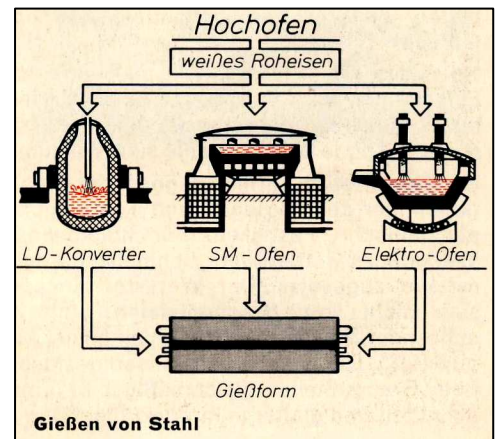


**Hart- und Schallenguss** entsteht durch Manganzusatz und schnelles Abkühlen der Schmelze, z.B. durch Einlegen von Abschreckplatten in die Form. Sie bewirken, dass sich der Kohlenstoff als Eisencarbid ausscheidet. Hartguss hat eine größere Festigkeit als Grauguss, ist härter und verschleißfester.

**Temperguss:** Tempern ist ein Glühen von weißem Gusseisen, wodurch die Härte geringer wird und die Zähigkeit zunimmt.

a) **Temperguss weiß (GTW).** Durch langdauerndes Glühen dünnwandiger Gussstücke über mehrere Tage, bei 1000°C in Sauerstoff abgebendem Roteisenstein eingebettet, wird eine Entkohlung der Randzone erreicht. Die Werkstücke werden dadurch schmiedbar.

b) **Temperguss schwarz (GTS).** Die Gussstücke werden in Quarzsand mehrere Tage geglüht, dadurch zerfällt das Eisencarbid zu Eisen und Kohlenstoff. Temperguss vereinigt in sich die guten Eigenschaften des Graugusses mit nahezu denen des Stahles.



**Stahltür** ist ein Gießerzeugnis aus dem Stahl des LD-Konverters, des SM-Ofens oder des Elektro-Ofens. Er wird unlegiert, niedrig- und hochlegiert vergossen (s. S. 36).

### Übungen:

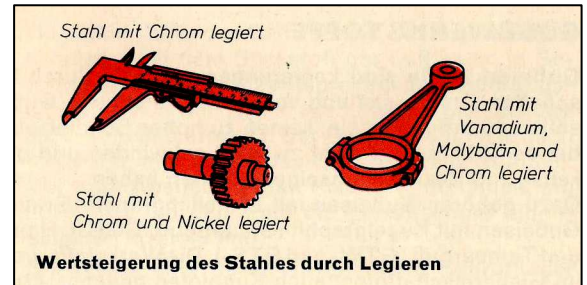
1. Welche Forderungen sind an einen Gusswerkstoff zu stellen?
2. Wie erklären sich die Festigkeitsunterschiede zwischen Grauguss und Kugelgraphitguss?
3. Erläutern Sie die Abkürzungen GG-, GGG-, GTW-, GTS-, GH-.
4. Unterscheiden Sie Grauguss und Stahlguss.
5. Was besagt die Bezeichnung „Tempern“?

## Abschnitt 6. WERTSTEIGERUNG DES STAHLES DURCH LEGIEREN

### 6.1. Stahl

Stahl ist ein vielseitiger Werkstoff. Er ist je nach Reinheit, Legierungszusätzen und Behandlung weich oder hart, zugfest, verschleißfest, korrosions- oder hitzebeständig.

Stahl lässt sich schmieden, walzen, gießen, wie auch spanend und spanlos bearbeiten.



Aus Stahl entstehen Großbauten, aber auch kleinste Nadeln und Uhrfedern. Als Kesselblech hält er große Wasser- und Gasdrücke aus, als Werkstoff für Zahnräder überträgt er Kräfte, und auf der Werkzeugmaschine ist er Werkzeug und Werkstoff zugleich.

### Unlegierter und legierter Stahl

**Stahl veredeln heißt den Stahl reinigen (raffinieren), den Stahl aufkohlen (auf den richtigen C-Gehalt bringen), den Stahl legieren (Stahlveredler dem Stahl bei-schmelzen).**

**Unlegierter Stahl** liegt vor, wenn folgende Prozentgehalte nicht überschritten werden (C zählt hier nicht als Legierungsbestandteil):

0,5 % Si, 0,8 % Mn, 0,1 % Al oder 0,1 % Ti oder 0,25 % Cu

**Niedriglegierte Stähle** haben bis zu 5 % Legierungsbestandteile.

**Hochlegierte Stähle** haben mehr als 5 % Legierungsbestandteile. Sie dürfen jedoch zusammen nicht mehr als 0,045 % Phosphor (P) und Schwefel (S) enthalten.

**Edelstähle** sind alle legierten Stähle und solche unlegierten Stähle, die sich von den Qualitätsstählen durch größere Gleichmäßigkeit, weitgehendes Fehlen von nichtmetallischen Einschlüssen unterscheiden (P und S höchstens 0,035%). Sie werden mit größter Sorgfalt erschmolzen und erhalten dadurch ein besonders gleichmäßiges Gefüge.

Nach der Verwendung kann man unterscheiden: Einsatz- und Vergütungsstahl, Schnellarbeitsstahl, hitze-, säure- und rostbeständige Stähle, Federstahl. Besonders reine Stähle sind Vakuum-Stähle.

**Stahlguss** ist in Formen gegossener Stahl. Er hat gegenüber dem Grauguss und Temperguss höhere mechanische Festigkeit. Für hochbeanspruchte Werkstücke werden dem Schmelzgut Legierungsmetalle zugesetzt. Der Werkstoff unterscheidet sich nicht vom geschmiedeten Stahl. Jedoch schwindet Stahlguss (2%) doppelt soviel wie Grauguss (1 %). Die Gussstücke müssen deshalb gegenüber Graugussteilen gleichmäßiger in ihren Querschnitten und glatter in ihrer Formgebung sein.

## **6.2. Legierungsbestandteile verändern Eigenschaften**

Während der Kohlenstoff auf die Härte, Festigkeit und Dehnung des Stahles Einfluss hat, sind für weitere technologische Eigenschaften verschiedenartige Legierungselemente entscheidend.

**Silicium** gibt Elastizität; die Stähle härten besonders durch, es verbessert die Säurebeständigkeit. Über 0,2% Silicium vermindert die Schmied- und Schweißbarkeit beträchtlich.

Federn, Dynamobleche, Ventile.

**Nickel** wirkt kornverfeinernd und gibt dem Stahl Zähigkeit, Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit. Kurbelwellen, Zahnräder, Bestecke, säurefeste Behälter, Heiz- und Widerstandsdrähte.

**Mangan** macht den Stahl verschleißfest (Kalthärter), aber auch schlecht bearbeitbar und empfindlich in der Wärmebehandlung. Mangan kann unter Umständen Nickel ersetzen.

Ketten, Radreifen, Weichenzungen, verzugsfreier Werkzeugstahl.

**Chrom** steigert Festigkeit und Härte, erhöht die Korrosionsbeständigkeit, Warmfestigkeit und Schneidhaltigkeit.

Ventile, Schneidwerkzeuge, Wälzkörper, säurefeste Behälter.

**Kobalt** macht den Stahl hart und schneidhaltig. Schnellarbeitsstähle.

**Vanadium und Molybdän** erzielen Härte, Warmfestigkeit, Korrosionsfestigkeit und Zähigkeit. Schmiedegesenke, Pressmatrizen, hochwertige Werkzeuge (Schraubenschlüssel).

**Wolfram** macht den Stahl zäh, fest, korrosionsbeständig, warmfest und schneidhaltig.

Schnellschnittstahl, Pressmatrizen, Spritzgussformen.

### 6.3. Herstellung von Edelstahl

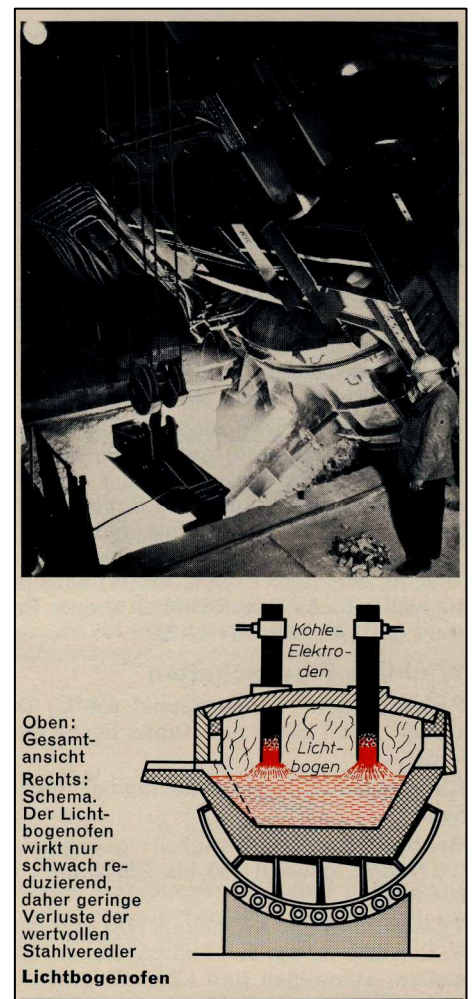
**Edelstähle sind besonders reine (mit weniger als 0,035% P u. S) Stähle, unlegiert oder legiert.**

Konverter- bzw. SM-Stahl wird als Notmetall dem Elektroofen zugeführt; er wird weiter gereinigt, und es werden ihm die gewünschten Legierungselemente zugesetzt. Die dabei entstehenden Eisen-Legierungen enthalten neben dem Kohlenstoff je nach den Erfordernissen Chrom, Wolfram, Molybdän, Vanadium, Mangan, Tantal, Titan, Aluminium, Bor, Kobalt, Nickel, Zirkon, Silicium, Phosphor.

#### Vakuum-Stahlentgasung

Die meisten Metalle haben im flüssigen Zustand eine hohe Löslichkeit für Gase, die bei der Erstarrung porösen Guss, Schweißrissigkeit und Sprödigkeit verursachen.

Um Stahl in größerer Reinheit zu erzeugen, verwendete man früher ausschließlich Desoxidationsmittel, das sind Stoffe, die zum Sauerstoff eine größere Bindungsneigung haben als der Stahl. Seit einigen Jahrzehnten werden zur Entgasung die Schmelzeinrichtungen mit Unterdruckanlagen



verschiedener Bauart ausgestattet. Durch Vakuumbehandlung entweichen die Gase ähnlich wie das Kohlendioxid aus einer geöffneten Seltersflasche. Der die Qualität des Stahles beeinträchtigende Wasserstoff beispielsweise entweicht.

Ausgangsmaterial ist Sauerstoff-Aufblasstahl. Die durch Vakuum-Entgasung zu erreichende Reinheit ist für die Herstellung hochwertiger Maschinenteile (Wälzlager, Kurbelwellen, Achsen) wichtig.

### Elektroöfen

Die Nachteile des früher verwendeten Tiegelofens (großer Tiegelverschleiß, hoher Brennstoffverbrauch) führten zur Verwendung der elektrischen Energie als Wärmequelle.

Die Wärmeerzeugung ist frei von Verunreinigungen. Die Erhitzung geschieht sehr schnell und kann reguliert werden. Es werden Schmelztemperaturen bis  $3800^{\circ}\text{C}$  erreicht, dadurch ist Legieren mit Wolfram (Schmelzpunkt  $3370^{\circ}\text{C}$ ) und Molybdän (Schmelzpunkt  $2600^{\circ}\text{C}$ ) möglich.



**Der Lichtbogenofen** besteht aus einem zylindrischen Behälter, in den die Elektroden aus Graphit hineinragen. Der elektrische Strom überspringt als Lichtbogen den Zwischenraum Elektrode — Schmelze bzw. Elektrode — Elektrode. Dabei wird die elektrische Energie in Wärme umgewandelt.

**Beim Induktionsofen** wird die Wärme unmittelbar im Schmelzgut durch niederfrequente Ströme von 50 Hertz erzeugt. Durch die wirksam werdenden elektromagnetischen Kräfte erfolgt eine innige Durchmischung aller Legierungsbestandteile. Das Verfahren eignet sich sehr gut zur Herstellung hochlegierter Stähle.

### Übungen:

1. Was versteht man unter Edelstahl?
2. Warum werden zur Stahlveredelung vorteilhaft Elektroöfen benutzt?

3. *Nennen Sie die wichtigsten Stahlveredler.*
4. *Welche Eigenschaften geben Chrom und Mangan als Legierungsbestandteile?*
5. *Beschreiben Sie den Weg vom Vormetall zum Edelstahl.*
6. *Vorteil der Vakuum- Stahlgasung?*

## **Abschnitt 7. ALUMINIUM**

### **7.1. Aluminium, DIN 1712, chem. Zeichen Al**

Aluminium wurde 1827 von Friedrich Wöhler entdeckt. Bedeutung erhielt es erst nach Erfindung der Dynamomaschine (1867), da zur Herstellung große elektrische Energiemengen erforderlich sind.

#### **Vorkommen und Gewinnung**

In reiner Form als Metall kommt es nicht vor. In Verbindungen ist es das am häufigsten vorkommende Metall der Erde (ca. 8% der Erdrinde). Aluminiumreichstes Mineral ist **Bauxit**. Bedeutende Vorkommen haben in der EG Frankreich und Italien, ferner Griechenland. Kristallines Aluminiumoxid ist Korund. Rein und klar ist es Edelstein (Saphir, Rubin, Topas, Amethyst).

Aus dem Bauxit wird zunächst reines Aluminiumoxid  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Tonerde) gewonnen. Dann wird der Tonerde in Elektrolysezellen der Sauerstoff entzogen. Zur Erniedrigung des Schmelzpunktes von  $2000^\circ\text{C}$  auf  $960^\circ\text{C}$  wird als Flussmittel Kryolith ( $\text{Na}_3\text{—AlF}_6$ ) zugesetzt. Endprodukte für Halbzeuge (Bleche, Stangen, Profile, Rohre) sind Reinaluminium (z.B. Al 99,99 R DIN 1912) oder Reinaluminium (z.B. Al 99,5 DIN 1712).

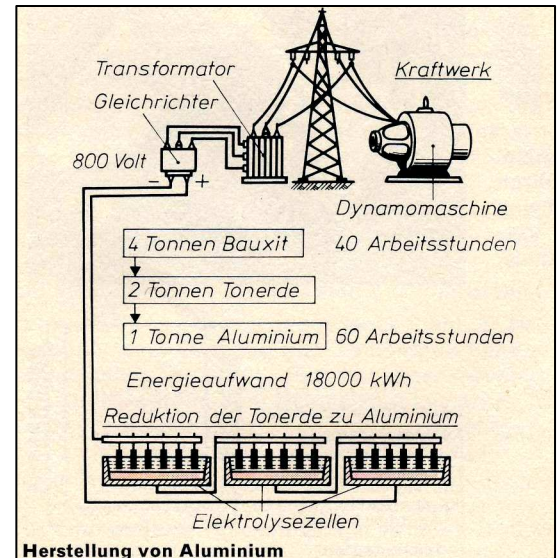
## 7.2. Wichtige Eigenschaften

**Physikalisch:** Schmelzpunkt  $658^{\circ}\text{C}$ , Dichte  $2,7 \text{ kg/dm}^3$ . Nach Silber und Kupfer bester elektrischer Leiter.

**Chemisch.** Korrosionsbeständig, dichte Oxidhaut.

**Mechanisch:** Zugfestigkeit gegossen 90 bis  $120 \text{ N/mm}^2$ , gewalzt 150 bis  $230 \text{ N/mm}^2$ . Dehnung 20-35%.

**Technologisch:** Aluminium lässt sich schmieden, walzen (bis zu dünnen Folien), ziehen, zerspanen, gießen, schweißen und löten. Thermit, z.B. zum Verschweißen von Schienen, ist ein Gemisch von Aluminiumpulver und Eisenoxid. Beim Alu-metieren wird ein



Aluminiumpulvergemisch auf Stahl gespritzt und durch Glühen eingebrannt.

## 7.3. Aluminiumlegierungen

Wichtige Legierungselemente sind Kupfer, Silicium, Magnesium, Mangan und Zink.

### Knetlegierungen

sind nach DIN 1725, Bl. 1 genormt.

Handelsübliche Halbzeugarten sind Bleche, Bänder, Rohre, Stangen, Pressprofile und Gesenkschmiedestücke.

### Gusslegierungen

genormt nach DIN 1725, Bl. 2, werden vergossen (Sandguss, Kokillenguss, Durchgoss), haben eine gute mechanische Polierbarkeit, sind vielfach beständig gegen Witterungseinflüsse und Seewasser, sind zerspan- und schweißbar. Zur Kennzeichnung der Aluminiumlegierungen werden die Abkürzungen der chemischen Elemente in der Reihenfolge der prozentualen Anteile angegeben.

Beispiele für Angaben aus DIN 1725.		
Kurzzeichen	Zusammensetzung der Leg.-Bestandteile	Eigenschaften Verwendung
<b>Knetlegierung</b> AlCuMg1	Cu 3,5 ... 4,5% Mg 0,4 ... 1,0% Mn 0,3 ... 1,0% Rest Al	Zugfestigkeit bis $400 \text{ N/mm}^2$ , für hochbeanspruchte Maschinenteile
<b>Gußlegierung</b> G-AlSi10Mg	Si 9 ... 11% Mg 0,2 ... 0,4% Mn 0 ... 0,5% Rest Al	Schwingungsfeste Bauteile, schweißbar, verschleißfest, korrosionsbeständig



## **Bearbeitung**

Die Bearbeitung der Aluminiumlegierungen erfolgt spanabhebend oder spanlos. Hohe Schnittgeschwindigkeit (bis 400 m/min) ermöglicht Zeiteinsparungen. Gespannt wird mit Schnellarbeitsstahl oder Hartmetall. Kühlschmiermittel sind Öle, Terpentin oder Seifenspiritus. Beim Warmverformen müssen die Temperaturen genau eingehalten werden. Schweißen bereitet bei Beachtung der großen Wärmeleitfähigkeit und Wärmedehnung keine besonderen Schwierigkeiten.

## **Oberflächenbehandlung**

Durch elektrisches Oxidieren (**Eloxal**verfahren, Name von „**e**lektrisch **o**xidiertes **A**luminium“), Beizen oder Plattieren wird erhöhte Widerstandsfähigkeit erreicht.

### *Übungen:*

- 1. Vergleichen Sie Dichte, Schmelzpunkt und chemische Verhalten von Kupfer und Aluminium.*
- 2. Vergleichen Sie Festigkeit und Dehnung von Kupfer und Aluminium.*
- 3. Mögliche Oberflächenbehandlung des Aluminiums.*
- 4. Wichtige Gesichtspunkte bei der spanenden Bearbeitung von Al-Legierungen.*

## **Abschnitt 8. MAGNESIUM**

### **8.1. Magnesium, DIN 17800, chem. Zeichen Mg**

Magnesium wurde erstmals 1808 von Davy in unreiner Form gewonnen. Als Gebrauchsmetall bekam es Bedeutung, als es gelang, Magnesiumlegierungen zu pressen und auch zu gießen. Es ist das leichteste Gebrauchsmetall.

### **Vorkommen und Gewinnung**

Magnesium steht in der Häufigkeit der chemischen Elemente an achter Stelle. Das Erz (Magnesit, Dolomit, Carnallit) wird zunächst aufbereitet. So wird beispielsweise das Magnesit (chemisch Magnesiumcarbonat —  $\text{MgCO}_3$ ) durch Entfernen von  $\text{CO}_2$  zu Magnesiumoxid —  $\text{MgO}$  aufbereitet.

Das reine Magnesium wird dann wie bei der Aluminiumherstellung durch Elektrolyse gewonnen. Dabei wird der Sauerstoff vom Magnesium getrennt.

## 8.2. Eigenschaften

**Physikalisch:** Schmelzpunkt  $657^{\circ}\text{C}$ . Dichte  $1,74 \text{ kg/dm}^3$ , d. h. 1 kg Mg hat etwa das viereinhalbfache Volumen von 1 kg Eisen.

**Chemisch:** In trockener Luft ausreichend beständig. Verwendung: In der Pyrotechnik (Feuerwerk), als Desoxidationsmittel, Blitzlicht. Brennendes Magnesium ist mit Sand zu löschen, da Wasser die Reaktion unterstützt.

**Versuch:** *Einen dünnen Magnesiumstreifen kann man mit dem Streichholz anzünden. Magnesium verbrennt mit stechend heller Flamme zu Magnesiumoxid. Dabei wandelt sich das reine Metall chemisch wieder in den Ausgangsrohstoff zurück.*

**Mechanisch:** Als reines Metall hat es nur geringe Festigkeit, ca.  $110\text{-}200 \text{ N/mm}^2$ .

**Technologisch:** Leicht zerspanbar, höchste Schnittgeschwindigkeit zulässig, gut verformbar und gut giessbar.

## 8.3. Magnesiumlegierungen

Wegen seiner Brennbarkeit und geringen Festigkeit wird Magnesium nur legiert verwendet. Die Legierungen sind leichte metallische Konstruktionswerkstoffe. Die hauptsächlichen Legierungsbestandteile beeinflussen verschiedene Eigenschaften.

**Mangan** erhöht die Korrosionsbeständigkeit, **Aluminium** verbessert das mechanische Verhalten,

**Zink** gibt hohe Dehnung und große Festigkeit. Wie bei den Aluminiumlegierungen sind Knet- und Gusslegierungen genormt.

### *Übungen:*

*1. Vergleichen Sie Dichte, Schmelzpunkt und chemisches Verhalten von Aluminium und Magnesium.*

*2. Vorkommen und Gewinnung von Magnesium?*

*3. Nennen Sie die Anwendungen von Magnesiumlegierungen.*

*4. Wichtige technologische Eigenschaften des Magnesiums.*

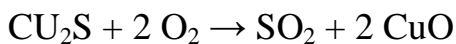
## Abschnitt 9. KUPFER

### 9.1. Kupfer, DIN 1708, chem. Zeichen Cu (Cuprum)

Es ist ältestes Gebrauchsmetall und neben Aluminium ein wichtiges Nichteisenmetall. Für die Elektrotechnik und den Maschinenbau unentbehrlich.

#### Vorkommen und Gewinnung

Kupfer kommt hauptsächlich als Erz vor. Wichtige Kupfererze sind: Kupferglanz ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) und Kupferkies ( $\text{CuFeS}_2$ ). Der Kupferbegleiter Schwefel wird im Röstofen ausgetrieben. Er verbindet sich mit Sauerstoff zu Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ). Der Sauerstoff oxidiert dabei weiter das Kupfer zu Kupferoxid ( $\text{CuO}$ ).



Im Schachtofen wird durch Reduktion das Rohkupfer gewonnen. Durch Raffination (Reinigung) im Feuer und durch Elektrolyse erhält man reines Kupfer.

### 9.2. Eigenschaften

**Versuch:** Ein Rundstahl und ein Kupferstab von gleicher Länge werden an einem Ende erwärmt. Werden beide am jeweils anderen Ende gehalten, so bemerkt man bei Kupfer eine bessere Wärmeleitung als bei Stahl.

**Versuch:** Spannt man eine gehärtete Kugel zwischen einem Kupfer- und einem Stahlblech in zwei Schraubstockbacken, so wird beim Spannen des Schraubstockes im Kupfer eine tiefere Eindrucksstelle als im Stahlblech sichtbar sein.

**Versuch:** Ein blankes Kupferblech überzieht sich in einer Flamme mit einer schwarzen Oxidschicht.

**Versuch:** Wird ein Kupferblech mit verdünnter Essigsäure benetzt, bildet sich eine giftige, grüne Schicht (Grünspan). **Versuch:** Es wird ein Stromkreis geschaltet aus Spannungsquelle  $U = 4 \text{ V}$ , Glühlampe  $4 \text{ V}$ . Werden in den Stromkreis jeweils ein Eisendraht und ein Kupferdraht von etwa  $1 \text{ m}$  Länge und  $0,1 \text{ mm}^2$  Querschnitt

Knetlegierungen, DIN 1729 Bl. 1 Beispiel		
Kurzzeichen Kennfarbe	Zusammen- setzung Leg.-Bestand- teile	Eigenschaften Verwendung
MgAl 7 gelb-blau	Al 6,5 ... 8,0% Zn 0,5 ... 2,0% Mn 0,05 ... 0,4% Mg Rest	warmaushärtbar, hohe Festigkeit, für hoch- beanspruchte Teile
Gußlegierungen, DIN 1729 Bl. 2 Beispiel		
G-MgAl 9 gelb-blau	Al 7,7 ... 8,8% Zn 0,1 ... 0,8% Mn 0,1 ... 0,5% Mg Rest	gute Festigkeit nach Wärmebehandlung, stoß- und warm- beanspruchte Teile

*geschaltet, so ist die Leuchtkraft der Glühlampe beim eingefügten Eisendraht merklich geringer.*

### **9.3. Auswertung**

**Physikalisch:** Dichte  $\rho = \text{kg/dm}^3$ , Schmelzpunkt  $1084^\circ\text{C}$ , Wärmeleitfähigkeit gegenüber Stahl etwa achtmal besser, elektrische Leitfähigkeit gegenüber Stahl etwa siebenmal besser.

**Chemisch:** An der Luft oxidiert Kupfer zu Kupfer(1)-oxid —  $\text{CuO}$ . An feuchter Luft bildet es mit dem Kohlendioxid eine schützende Oberflächenschicht von grünem Kupfercarbonat ( $\text{CuCO}_3$ ).

**Mechanisch:** Zugfestigkeit bis  $250 \text{ N/mm}^2$ . Dehnung bei mittleren Drähten 30 bis 50%, Härte nur etwa 25% der von Stahl.

**Technologisch:** Kupfer lässt sich schmieden, walzen, treiben, ziehen, zerspanen, gießen und schweißen.

**Zu beachten:** Bei der Kaltumformung (z.B. beim Biegen), wird das Kristallgitter verformt, wodurch Härte und Festigkeit steigen, Bruchdehnung und Zähigkeit jedoch abnehmen. Durch Zwischenglühen bei etwa  $600^\circ\text{C}$  beseitigt man die entstandene Härte.

Im flüssigen Zustand nimmt Kupfer leicht Gase auf (Sauerstoff, Kohlendioxid), wodurch gegossene Kupferblöcke porös werden.

Zum Zerspanen wählt man vorteilhaft einen großen Spanwinkel. Dabei entstehen große, lockige Späne.

### **9.4. Kupferlegierungen**

Kupferlegierungen sind entweder Zwei- oder Mehrstoff-Legierungen. Legierungsbestandteile sind Zink, Zinn, Nickel, Aluminium, Eisen.

Man unterscheidet Kupfer-Knetlegierungen und Kupfer-Gusslegierungen.

**Kupfer-Zink-Legierungen** (früher Messing) sind nach DIN 17660 genormt. Kennzeichnende Eigenschaften sind ihre gute Gießbarkeit, Bearbeitbarkeit, Korrosionsbeständigkeit und Kalthärtbarkeit. Die Härte der Legierung nimmt mit steigendem Zinkgehalt zu.

**Kupfer-Zinn-Legierungen** (früher Zinnbronzen) sind nach DIN 17662 genormt. Sie bestehen aus mindestens 60 % Kupfer und dem Hauptlegierungszusatz Zinn. Kennzeichnende Eigenschaften sind ihre hohe Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit und ihre guten Gleiteigenschaften. Kupfer-Zinn-Legierungen bilden den Werkstoff für Lagerschalen, Schneckenräder, Schraubenräder, Rohre, Membranen, Federn, Druckmessgeräte.

**Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen** (früher Neusilber) sind nach DIN 17663 genormt. Durch den Nickelzusatz erhält diese Legierung eine silberweiße Farbe. Verwendung für feinmechanische Geräte, Schmuck, Vitrinen, Leisten, Reißzeuge.

Auszug aus DIN 17660 bis DIN 17663		
Kurzzeichen	Zusammensetzung in Masse-%	Eigenschaften Verwendung
Kupfer-Zink-Legierung CuZn39Pb2	Cu 58,5–59,5 Pb 1,5– 2,3 Zn Rest	gut stanzbar, verformbar. Gering kaltumformbar durch Biegen, Nieten
Kupfer-Zinn-Legierung CuSn6	Sn 5,5– 7,5 Cu Rest	Bänder, Lagerschalen Federn
Kupfer-Nickel-Zink-Legierung CuNi12Zn25	Ni 11 –13 Zn 24 –26 Cu Rest	gut preßbar, schmiedbar. Geeignet für spanende Bearbeitung

### 9.5. Bearbeitungseigenschaften einer Kupfer-Zink-Knetlegierung

Durch Kaltumformung steigen Festigkeit und Härte bedeutend, die Dehnung nimmt entsprechend ab. Nach Weichglühen werden die Dehnung erhöht und die Festigkeit wieder herabgesetzt.

#### Versuche:

1. Ein ausgeglühter Metallstreifen lässt sich leicht biegen und hält die ihm gegebene Form.
2. Wird der Metallstreifen kalt geschmiedet, lässt er sich anschließend schwerer biegen und federt beim Biegen etwas zurück, Härte und Festigkeit haben zugenommen.
3. Wird der harte Metallstreifen weichgeglüht, ist er wieder weich und biegsam.

#### Übungen:

1. *Vergleichen Sie elektrische und Wärmeleitfähigkeit von Stahl, Kupfer und Aluminium miteinander.*
2. *Nennen Sie Anwendungen für Kupfer.*

3. *Vergleichen Sie Dichte und Schmelzpunkte von Stahl und Kupfer.*
4. *Vergleichen Sie die Eigenschaften einer Kupfer-Zink-Legierung und einer Kupfer-Zinn-Legierung.*
5. *Was versteht man unter „Kaltverformung“?*

## **Abschnitt 10. ZINK**

### **10.1. Zink, DIN 1706, chem. Zeichen Zn.**

Es war das Metall der Alchemisten, ergab es doch mit Kupfer scheinbar Gold. Heute ist es ein hochwertiger Konstruktionswerkstoff, technisch wichtig wegen seiner guten Legierbarkeit.

#### **Vorkommen und Gewinnung**

**Erze** sind Galmei  $\text{ZnCO}_3$  und Zinkblende  $\text{ZnS}$ . **Aufbereitung.** Zunächst wird ein Konzentrat mit 67...72% Zn hergestellt.

**Verhüttung.** Das feingemahlene Röstgut wird mit Kohlenstaub brikettiert und vom Kohlenstoff reduziert. Es wird verdampft und kondensiert anschließend zu flüssigem Zink. Als Hüttenzink mit 99,5 % Zn kommt es in den Handel. Feinzink mit 99,997 % Zn wird durch Destillation oder Elektrolyse gewonnen.

### **10.2. Verschiedene Eigenschaften**

**Physikalisch:** Dichte  $\rho = 7,13\text{kg/dm}^3$ , Schmelzpunkt  $419^\circ\text{C}$ . Härte nach Mohs 2,5 (s. S. 44). **Chemisch:** Gute Korrosionsbeständigkeit. Mit Sauerstoff bildet Zink ein dichtes Oxid  $\text{ZnO}$ . **Mechanisch:** Zugfestigkeit bis  $140\text{ N/mm}^2$ . Es ist spröde, auf  $120^\circ\text{C}$  erwärmt lässt es sich gut bearbeiten, bei  $205^\circ\text{C}$  erneut spröde. Beim Verzinken verbindet es sich gut mit dem Grundmetall. **Technologisch:** Als Rostschutz (Feuer-, Spritz-oder galvanische Verzinkung) und als Legierungsmetall hat es Bedeutung. Bei der Bearbeitung sind einhiebige Feilen zu verwenden. Zink ist gut giessbar. Handelsformen: Blöcke, Stangen, Bleche, Draht.

### 10.3. Zinklegierungen, DIN 1743

Zinklegierungen sind Zwei- oder Dreistofflegierungen. Sie sind gegenüber dem Reinzink besser bearbeitbar und haben erhöhte Festigkeit bis  $250 \text{ N/mm}^2$ . Legiert wird Zink mit Aluminium und Kupfer.

**Knetlegierungen** werden aus Hüttenzink, Altzink und Legierungszusätzen erschmolzen. Verwendung: Bleche, Stangen, Gesenkpressteile.

**Gusslegierungen.** DIN 1743, werden im Sand-, Kokillen- und Druckguss verarbeitet. Sie zeichnen sich durch gute Gießeigenschaft und Maßhaltigkeit aus.

Kurzzeichen Benennung	Zusammensetzung in %	Verwendung
GD-Zn Al 4 (Druckgußlegierung)	Al 3,5 ... 4,3 Mg 0,02 ... 0,05 Zn Rest	für höhere Anforderungen an Maßbeständigkeit

#### Übungen:

1. Welche Verfahren werden beim Verzinken angewendet?
2. Zinkdämpfe sind giftig. Beim welchem Arbeitsverfahren ist das zu beachten?
3. Warum soll Zink für Biegearbeiten erwärmt werden?

## Abschnitt 11. ZINN

### 11.1. Zinn, DIN 1704, chem. Zeichen Sn (stannum)

Die Legierung Kupfer-Zinn (Bronze) gab einer Zeitepoche den Namen Bronzezeit.

#### Vorkommen und Gewinnung

**Erze:** Wichtigstes Mineral ist Zinnstein  $\text{SnO}_2$ .

**Aufbereitung:** Zunächst wird ein Konzentrat erzeugt, das etwa 60 bis 70% Zinn enthält.

**Verhüttung:** In Schacht- oder Flammöfen wird das Erz vom Sauerstoff befreit (reduziert). Das Rohmetall wird dann durch Seigern oder elektrolytisch gereinigt (raffiniert).

(Seigern ist das Entmischen mehrerer Metalle auf Grund der unterschiedlichen Schmelzpunkte.)

## 11.2. Verschiedene Eigenschaften

**Physikalisch:** Dichte  $\rho = 7,3\text{kg/dm}^3$ , Schmelzpunkt  $232^\circ\text{C}$ .

**Chemisch:** Korrosionsfest gegenüber Luft, Wasser, vielen Laugen und Säuren.

**Mechanisch:** Zugfestigkeit ca.  $30\text{ N/mm}^2$ , Dehnung bis 40 %.

**Technologisch:** Es ist ungiftig, gut verformbar und sehr geschmeidig. Bei  $+200^\circ\text{C}$  wird Zinn spröde und brüchig, unterhalb von  $-20^\circ\text{C}$  wandelt es sich in ein Pulver (Zinnpest) um. Die Erscheinung beruht auf einer durch Umklappen des Raumgitters hervorgerufenen Volumenveränderung.

Beim Biegen gegossener Zinnstreifen reiben sich die Kristalle aneinander und erzeugen ein Geräusch, den „Zinnschrei“.

Zinn ist geschmeidig und lässt sich deshalb gut walzen, treiben und hämmern. Es lassen sich dadurch Folien bis unter 0,01 mm Dicke herstellen (Stanniol).

Zinn ist in der Schmelze sehr dünnflüssig und gut giessbar. Anwendung als Überzugsmetall (z.B. Weißblech), wenn Bleifreiheit gefordert wird.

### Versuche:

1. Erhitzen Sie Zinn in einem Stahllöffel, und beobachten Sie die Aschebildung.
2. Hämmern Sie jeweils einen Blei- und Zinnstreifen, und beurteilen Sie Härte und Verformbarkeit.

## 11.3. Zinnlegierungen

Wichtige Legierungselemente sind Kupfer, Blei und Antimon.

**Zinn-Druckgusslegierungen** mit 12 bis 18% Sb, bis 4,5% Cu und wechselnden Mengen Pb besitzen eine Zugfestigkeit von 80 bis  $110\text{ N/mm}^2$ . Durch Einpressen der Schmelze in Metallformen lassen sich kleinere Werkstücke mit einer Genauigkeit des Sollmaßes bis  $\pm 0,005\text{mm}$  herstellen. Gussstücke bedürfen deshalb keiner Nachbearbeitung.



Die **Weichlote** sind aufgeteilt:

Gruppe A: Blei-Zinn- und Zinn-Blei-Weichlote, wobei Antimon enthalten sein kann.

B: Zinn-Blei-Weichlote mit Kupfer- oder Silber-Zusatz.

C: Sonder-Weichlote.

Die Benennung der Lote erfolgt durch den Zusatz „L“ und der Angabe des Zinn- bzw. Bleigehaltes.

Weichlote für Schwermetalle Auszug aus DIN 1707		
Kurzzeichen Benennung	Zusammensetzung in % und Schmelzbereiche	Verwendungen
L-PbSn35Sb	Pb 35 Sn 0,5 ... 2,0 Sb Rest 186 °C ... 225 °C	Lot für Sanitär- installation
L-Sn50Pb(Sb) Zinn-Blei-Lot Antimonarm	Sn 49,5 ... 50,5 Sb 0,12 ... 0,5 Pb Rest 183 °C ... 215 °C	Verzinnung, Feinlötungen, Elektroindustrie
L-Sn60PbAg	Sn 59,5 ... 60,5 Ag 3,0 ... 4,0 Pb Rest 178 °C ... 180 °C	Elektronik, Miniaturtechnik, Elektrogerätebau

### **Übungen:**

- 1. Vergleichen Sie Dichte, Schmelzpunkt, Festigkeit und Dehnung von Zinn und Blei.**
- 2. Was ist unter „Zinnpest“, was unter „Zinngeschrei“ zu verstehen?**
- 3. Verschiedene Anwendungen für reines Zinn und für Zinnlegierungen.**

## **Abschnitt 12. BLEI**

### **12.1. Blei, DIN 1719, chem. Zeichen Pb (plumbum)**

Es ist das älteste Gebrauchsmetall und das weichste unter den Schwermetallen. Geschnitten oder gegossen ist es zunächst silberglänzend; beim Lagern erhält es infolge der Oxidation einen stumpf-blaugrauen Überzug. Blei ist giftig und darf nicht mit Speisen in Berührung kommen.

#### **Vorkommen und Gewinnung**

**Erze:** Wichtige Bleierze sind Bleiglanz (PbS) und gemischte (melierte) Erze.

**Aufbereitung:** Zunächst wird ein angereichertes Konzentrat hergestellt.

**Verhüttung:** Durch Rösten und Reduktion — meist in Schachtföfen — erhält man Werkblei.

Durch **Raffination** entsteht reines Weichblei (Feinblei).

## 12.2. Eigenschaften

**Physikalisch:** Dichte  $\rho=11,34 \text{ kg/dm}^3$ , Schmelzpunkt  $327,4^\circ\text{C}$ .

**Chemisch:** Sehr korrosionsbeständig, auch gegen die meisten Säuren, nicht aber gegen Königswasser (Salzsäure-Salpetersäure-Gemisch). Giftig!

**Mechanisch:** Festigkeit, Härte und Elastizität sind gering, z. B. Zugfestigkeit  $15 \text{ N/mm}^2$  Dehnung bis 60%.

**Technologisch:** Geringer Verformungswiderstand, aber hohe Verformungsfähigkeit. Die Kaltverformung wird bevorzugt. Blei lässt sich leicht lüten, schweißen und gießen. Auf andere Metalle kann es aufgetragen werden.

Verwendet wird das reine Blei für Dachabdeckungen, Säurebehälter, Bleikabel, Dichtungstreifen, als Geschosblei, Strahlungsschutz, in Kraftstoffen als Antiklopfmittel, für Bleiplomben und als Legierungsmetall.

## 12.3. Bleilegierungen, DIN 1703

Bleilegierungen mit 8 – 10 % Pb werden als Lagermetall, Letternmetall (Pb, Sn, Sb), Akkumulatoren-platten u.a. verwendet. Antimon macht die Legierung hart. Bleiverbindungen sind u.a. Bleimennige, Bleiweiß. Bleiglas (Bleikristallglas) hat eine hohe Lichtbrechung.

Kurzzeichen Benennung	Zusammen- setzung in %	Verwendung
LgPbSb12 (Lagerhartblei)	Sb 10,5 ... 13 Cu 0,3 ... 1,5 Pb Rest	im allgemeinen Maschinenbau, gut lötbar auf Stahl, für Lager- ausgüsse
Pb(Sb)	Sb 0,2 ... 0,3	Abflußrohre
PbSbAs	Sb 2,0 ... 3,8 As 1,2 ... 1,7	Hartschrot

### Übungen:

1. Welche besonderen technologischen Eigenschaften hat Blei?
2. Wozu wird Blei verwendet?
3. Wie verhält sich Blei gegenüber Luft, Wasser, Säuren?
4. Verhütung von Bleivergiftungen?
5. Berichten Sie über Anwendung von Hartblei, Mennige, Weichblei, Bleiglas.

## Abschnitt 13. PULVERMETALLURGIE

### 13.1. Herstellung und Eigenschaften

**Pulverförmige Rohstoffe werden zu Körpern verdichtet und durch einen Glühprozess (= Sintern) verfestigt.**

Die Pulvermetallurgie beschäftigt sich mit der Herstellung von Metallpulvern, dem Pressen dieser Pulver zu Formteilen und dem Sintern, einer Wärmebehandlung, bei der sich die geformten Teile unterhalb des Schmelzpunktes verfestigen. Durch Sintern können Stoffe miteinander verfestigt werden, die nicht oder nur schwer zu legieren sind, durch die aber eine große Härte, Festigkeit, Schneidwirkung oder gute Gleitwirkung zu erreichen sind. Rohstoffe sind z.B. Eisen, Kupfer, Zinn, Graphit, Nickel, Wolfram, Titan.

### 13.2. Fertigungsstufen

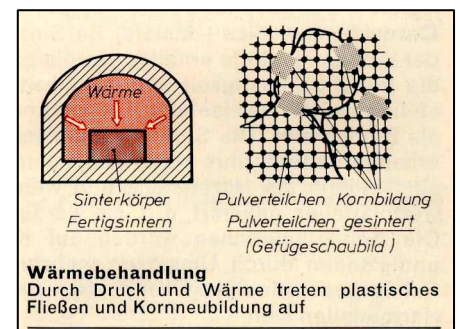
Es sind vier Fertigungsstufen zu unterscheiden.

**a) Herstellung der Metallpulver** erfolgt durch Zerstampfen und Mahlen, durch Zerstäuben oder Zerschlagen der Ausgangsstoffe bis zur Staubform.

**b) Behandlung der Pulver.** Zur Beseitigung von Oxiden und Feuchtigkeit werden die Pulver geglüht. Anschließend werden sie entsprechend der gewünschten Zusammensetzung gemischt und mit Gleitmitteln (Zinkstearit) versehen.

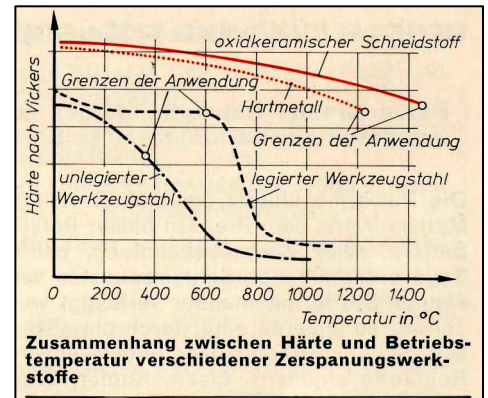
**c) Pressen der Pulver.** Zur formgebenden Verdichtung werden mechanische oder hydraulische Pressen verwendet. Die gewünschte Dichte ist vom Pressdruck abhängig. Eine gleichmäßige Verdichtung wird durch gegenläufiges Pressen erreicht.

**d) Sintern der Preßlinge.** In abgeschlossenen Öfen werden dabei die gepressten Pulverstoffe auf  $\frac{4}{5}$  der Schmelztemperatur erhitzt. Die einzelnen Pulverteilchen verbacken dabei durch Gittervereinigung.



### 13.3. Entstehen des Sintergefüges

Lose aufgeschüttete Pulverteilchen berühren sich nur an wenigen Punkten, so dass die Kohäsionswirkung der Stoffteilchen sehr gering ist. Durch Einwirkung von hohen Drücken (40 bis 80 kN/cm<sup>2</sup>) werden die Berührungsflächen der Pulverteilchen vergrößert, wodurch auch ihre Zusammenhängskräfte erhöht werden. Bei Erwärmung der Preßlinge tritt in Nähe des Schmelzpunktes ein plastisches Fließen ein. An den Grenzen der Pulverkörner werden die einzelnen Atome der Stoffe verschoben, sie bilden neue Körner. Die Ausrichtung dieser Körner erfolgt in verschiedenen Richtungen; sie verkleinern die Poren zwischen den Pulverteilchen, blockieren sich und bilden ein dichtes Sintergefüge von etwa 1/7 des ursprünglichen Volumens. Dadurch können die Adhäsionskräfte zwischen den Stoffteilchen voll wirksam werden; das Werkstück wird fest und hart. Die besonderen Eigenschaften der Pulverbestandteile können aber noch zusätzlich wirksam werden, so die Hitzebeständigkeit und Warmfestigkeit des Wolframs, die Festigkeit von Titan, die Säurebeständigkeit von Kobalt oder Nickel oder die Härte von Molybdän.



#### **Übungen:**

- 1. Unterscheiden Sie Schmelzen und Sintern von Metallen.**
- 2. Beschreiben Sie die Herstellung von Sinterwerkstoffen.**
- 3. Wie erklärt sich der feste Zusammenhalt von Metallpulvern durch Sintern?**
- 4. Wie erklären sich Härte und Warmfestigkeit eines Sinterwerkstoffes?**

## Abschnitt 14. ANWENDUNGEN DER SINTERWERKSTOFFE

### 14.1. Selbstschmierende Gleitlager

Gesinterte Bronzepulver (Kupfer-Zinn-Legierung), die als Lagerwerkstoffe verwendet werden, können bis zu 30 % ihres Eigenvolumens an Öl aufnehmen. Das Sintern lässt feine Kapillarkanäle entstehen, die das Öl aufnehmen und beim Lauf der Welle zur Schmierung abgeben.

### 14.2. Schneidteile von Werkzeugen

Die meisten legierten Stähle sind bis zu Betriebstemperaturen von 400 bis 600°C verwendbar. Bei höheren Temperaturen verlieren sie an Härte und Festigkeit. Sinterwerkstoffe behalten noch bei Temperaturen von 1200 bis 1500°C eine ausreichende Härte (nebenstehendes Diagramm).

**Hartmetalle** bestehen aus harten Wolfram-, Titan- oder Tantalcarbiden (Carbide sind Verbindungen eines Metalls mit Kohlenstoff). Sie sind in einem zähen, metallischen Bindemittel von Kobalt oder Nickel eingebettet. Man erzeugt durch Pressen und Notsintern zuerst ein Vormaterial, aus dem die gewünschten Formen der Schneidplatten ausgeschnitten

werden. Beim Fertigsintern tritt neben der festen Phase eine flüssige ein, in der Wolfram, Kobalt und Kohlenstoff eine Lösung bilden. Nach der Sinterung ist ein Bearbeiten nur noch durch Schleifen möglich. Bekannte Bezeichnungen sind Widia, Titanit, Böhlerit, Rheinit.

Hartmetalle werden als Schneidplatten geliefert, die auf einen Schaft (mindestens St 80) hart aufgelötet oder geklemmt werden. Vor dem Hartlöten ist die Lage der Plättchen mit Draht zu sichern. Als Lot wird Elektrolytkupfer oder eine Kupfer-Zink-Legierung verwendet.

**Hochtemperaturbeständige Werkstoffe, Cermets**, haben keramische Bestandteile wie Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ) oder Siliziumdioxid ( $SiO_2$ ) und metallische

Kennbuchstabe	Zerspannungshauptgruppen	Kennfarbe	Zerspannungs-Anwendungsgruppen
P	langspanende Werkstoffe, Stahl- und Temperguß	blau	P 01 P 10 P 50
M	lang- oder kurzspanende Werkstoffe	gelb	M 10 M 40
K	kurzspanende Werkstoffe, Temper- u. Hartguß, Kunststoffe	rot	K 01 K 10 K 40

Normung nach ISO und DIN 4976

1. Zunehmende Schnittgeschwindigkeit und Verschleißfestigkeit  
2. Zunehmende Zähigkeit und Vorschübe

ISO-Kennzeichnung der Hartmetalle

Bestandteile wie Cobalt (Co), Chrom (Cr), Eisen (Fe). Werden statt der Metalle Metalloxide verwendet, ergeben sich oxidkeramische Werkstoffe.

Metallische und keramische Ausgangsstoffe lassen sich miteinander **nicht** legieren, sondern nur sintern. Verbundstoffe dieser Art bezeichnet man als **Cermets** (Ceramics + Metals). Bei Sinterung bleiben die guten Eigenschaften der Ausgangsstoffe erhalten, so die große Härte des Aluminiumoxids oder die günstige Festigkeit und Zähigkeit des Chroms. Schneidplättchen bestehen beispielsweise aus Aluminiumoxid als Härte Träger und Metallpulver als Bindemittel. Die Stoffe werden miteinander gesintert und erhalten dadurch ihre Härte und Temperaturbeständigkeit. Sie sind billiger als Hartmetalle und werden allgemein als Wegwerfplättchen geliefert, d.h. sie werden nicht nachgeschliffen. Die Schneidplättchen werden auf Klemmhaltern eingesetzt und können durch Umsetzen mehrfach benutzt werden. Die Schnittgeschwindigkeit kann etwa zweimal so hoch wie bei Hartmetallen sein.



**Diamant als Schneidstoff.** Diamant hat nach der Mohsschen Skale die größte Härte. In entsprechenden Halterungen bzw. mit Diamantschleifscheiben können auch Hartmetalle bearbeitet werden.

Nach Mohs (1773-1839, Prof. in Wien) sind die Mineralien in 10 Härtestufen eingeteilt, von denen der in der Tabelle nachstehende Stoff den vorhergehenden ritzt. Beispiele: Talk = 1, Gips = 2, Gold = 2,5, Kupfer = 2,7, Marmor = 3,5, Glas = 5, Stahl = 6-7, Quarz = 7, Korund = 9, Diamant = 10.

### **Übungen:**

- 1. Vergleichen Sie die Warmfestigkeit von legierten Werkzeugstählen mit der von Sinterwerkstoffen bei etwa 600°C.**
- 2. Welche Zusammensetzung können Hartmetalle haben?**
- 3. In weiche Zerspanungsgruppen werden Hartmetalle eingeteilt?**
- 4. Anwendung der Hartmetall-Schneidplatte K 20 ISO?**

5. *Zusammensetzung und Eigenschaften der Gernets?*

6. *Wie können Hartmetalle weiterverarbeitet werden?*

## Abschnitt 15. **KUNSTSTOFFE**

### 15.1. Einteilung und Eigenschaften der Kunststoffe

Als **Kunststoffe** bezeichnet man **synthetische organische Werkstoffe**.

**Organisch** deutet darauf hin, dass die Moleküle dieser Stoffe in ihrem Aufbau demjenigen lebender Organismen ähnlich sind.

**Synthetisch** — griechisch: zusammengesetzt — besagt, dass der Aufbau dieser chemischen Verbindungen im Gegensatz zu den Naturstoffen zielgerichtet durch vom Menschen gelenkte Prozesse erfolgt.



### Gemeinsame Eigenschaften der Kunststoffe

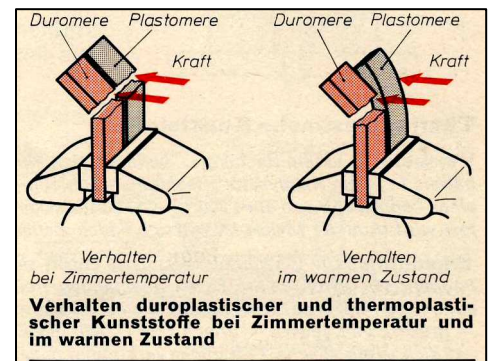
1. Sie werden aus billigen, technisch leicht zu gewinnenden Rohstoffen hergestellt. Es sind größtenteils Kohlenstoffverbindungen mit Ausnahme der Silicone, die sich von einer Silicium-Sauerstoffverbindung ableiten.

2. Sie haben eine geringe Dichte, die unter der des Aluminiums liegt ( $\rho = 0,9$  bis  $2 \text{ kg/dm}^3$ ).

3. Sie haben meist glatte Oberflächen, lassen sich meist färben, so dass Farbanstriche entfallen.

4. Sie besitzen eine dichte Oberfläche, sind wasser- und gasdicht.

5. Gegen Chemikalien sind sie vielfach beständig, wobei diese Beständigkeit gegebenenfalls dem Verwendungszweck angepasst werden kann.



6. Sie sind schlechte Wärmeleiter, besitzen aber eine hohe Wärmeausdehnung. Wärme- und Formbeständigkeit sind begrenzt.

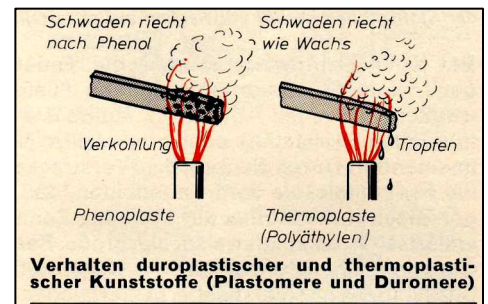
7. Sie sind fast alle als elektrische Isolierstoffe verwendbar, da sie praktisch Nichtleiter sind. Bei Bränden veraschen sie teilweise nur glimmend, erzeugen aber korrosionsaktive Gase, wodurch an Maschinen und Einrichtungen große Schäden auftreten.

8. Sie sind leicht und schnell verarbeitbar. Durch Gießen, Preßen, Walzen, Schweißen, Spritzen oder Blasen sind die verschiedensten Formgebungen möglich.

### Duroplaste und Thermoplaste

Man unterscheidet duroplastische Kunststoffe (Duromere) und thermoplastische Kunststoffe (Plastomere).

**Versuche:** Ein Streifen Phenolharz (Duromer) und ein Streifen Polystyrol (Plastomer) sind bei Zimmertemperatur leicht zu zerbrechen. Werden beide Werkstoffe erwärmt, so bleibt der duroplastische Kunststoff brüchig, der thermoplastische dagegen ist leicht verformbar. Der Vorgang lässt sich bei Plastomeren beliebig oft wiederholen.

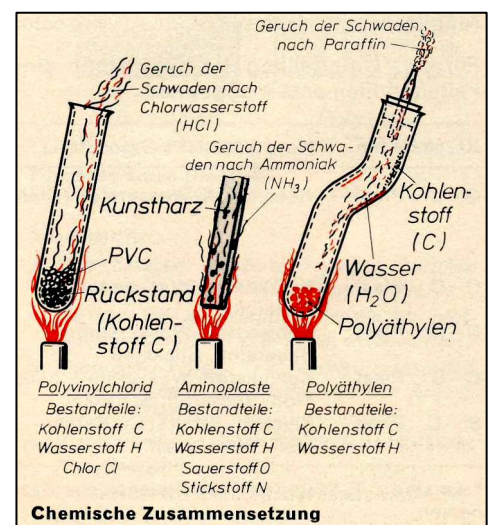


**Versuche:** Duroplaste zersetzen sich bei höheren Temperaturen unter Bildung von stark rußenden Dämpfen. Thermoplaste erweichen, zersetzen sich und verbrennen mit kleiner Flamme, wobei sie teilweise abtropfen.

### Chemische Zusammensetzung

Alle Kunststoffe enthalten Kohlenstoff und Wasserstoff, einige auch noch Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Chlor.

1. **Versuch:** Im Reagenzglas wird PVC-Pulver (Polyvinylchlorid) erhitzt. Der Kunststoff zersetzt sich; als schwarzer Rückstand verbleibt Kohlenstoff (C). Die abgehenden Rauchschwaden haben den stechenden Geruch der Salzsäure (HCl = Chlorwasserstoff).





2. **Versuch:** Die Flamme des Bunsenbrenners erhitzt Kunstharz (Aminoplast). Der Stoff verkohlt, wobei sich ein Geruch nach Ammoniak ( $\text{NH}_3$  bestehend aus Stickstoff und Wasserstoff) bemerkbar macht. Hinzu kommt ein widerlicher Nebengeruch nach verbranntem Horn.

3. **Versuch:** Im Reagenzglas werden einige Stückchen Polyäthylen erhitzt. Aufsteigende graue Dämpfe lassen sich an der Öffnung des Glases entzünden. Es schlägt sich Kohlenstoff (C) nieder. An der Innenwand des Reagenzglases entsteht Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

### **Übungen:**

1. **Vergleichen Sie zwischen Aluminium und einem thermoplastischen Kunststoff: a) Dichte, b) Formbeständigkeit, c) Wärmeleitfähigkeit, d) Bearbeitbarkeit.**

2. **Unterscheiden Sie Duroplaste und Thermoplaste.**

3. **Aus welchen wichtigen Elementen setzen sich Kunststoffe chemisch zusammen?**

4. **Viele Kunststoffe entstehen durch Polymerisation. Erläutern Sie den Begriff.**

5. **Wie erklären sich Härte und Sprödigkeit der Duroplaste?**

6. **Welche Eigenschaften der Kunststoffe bestimmen die technischen Verwendungsgrenzen?**

## **15.2. Verarbeitung duroplastischer Kunststoffe**

**Pressmassen** sind mit Füllstoffen gemischte Duroplaste. Wichtige Kunststoffe sind Phenoplaste und Aminoplaste.

Phenoplaste bauen sich aus Phenol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  — aus dem Steinkohlenteer) und Formaldehyd ( $\text{HCHO}$ ) auf. Dem Kunststoff haftet ein Karbolgeruch an. Aminoplaste entstehen aus der Verbindung Harnstoff und Formaldehyd. Harnstoff gewinnt man aus Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ). Da diese Kunststoffe spröde sind, werden Füllstoffe (Gesteinsmehl, Asbestfasern, Holzmehl, Papierschnitzel) zugesetzt. Der

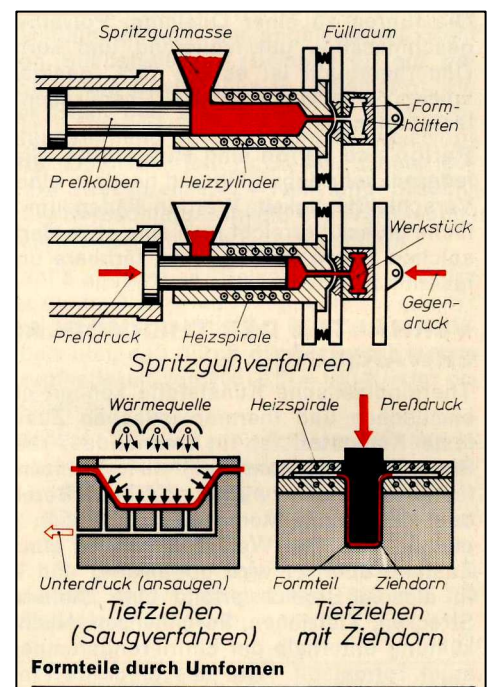
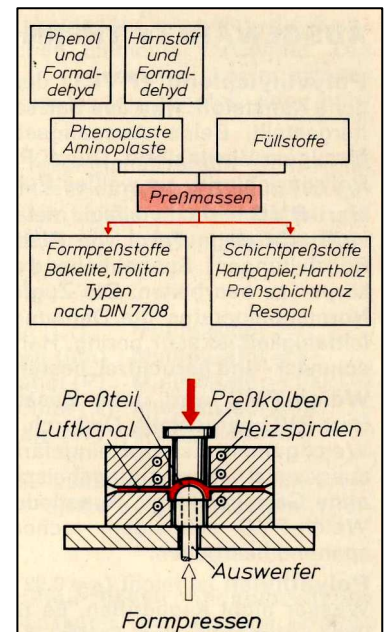
Kunststoff erhält dadurch höhere Festigkeit und Elastizität und eine geringere Sprödigkeit.

Duroplastische Formmassen werden in **Formpressen** verarbeitet. Hierbei werden abgemessene Mengen der vorgewärmten Pressmasse in die geöffnete Form gebracht. Das Formwerkzeug wird dauernd beheizt. Nach Schließen der Pressform füllt die Masse das Formwerkzeug aus. Die Erwärmung beträgt etwa 140 bis 170°C, der Pressdruck mehrere 100 bar. Nach Aushärtung der Kunststoffmasse wird das Formteil aus der wieder geöffneten Form ausgestoßen.

Die natürliche Farbe der Phenoplaste ist gelblich-braun; Fertigteile sind Radiogehäuse, Lichtschalter, Dosen, Platten, Rohre. Aminoplaste sind geruch-, geschmack- und farblos. Fertigteile sind Gehäuse und Einzelteile für Haushaltsgeräte und Telefonapparate, elektrotechnische Artikel, Brenntest: Proben riechen wie verbrannte Haare.

**Schichtpreßstoffe** sind fester als Formpressteile. In ihnen sind Papier- oder Textilgewebestoffe als Füllmittel schichtweise von Phenolharzen durchtränkt. Erwärmte Metallpressen drücken die Platten oder Formkörper aufeinander. In Plattenform werden die Schichtpreßstoffe vielfach als Hartpapier oder Hartgewebe bezeichnet. Als formgepresste Körper werden Zahnräder, Lagerbuchsen, Seilrollen, Verkleidungen oder Isoliermittel hergestellt. Schichtpreßstoffe sind sehr fest, zähe und gut zerspanbar. Handelsbezeichnungen:

Durcoton, Linex, Novotex und Resitex für Hartgewebe, Pertinax und Trolitax für Hartpapier.



**Preßschichtholz** entsteht, wenn dünne Holzschichten durch Kunstharze miteinander verbunden werden. Fertigteile sind Sitzmöbel, Zahnräder, Sperrholzplatten. Handelsbezeichnung: Lignofol.

### 15.3. Verarbeitung thermoplastischer Kunststoffe

Thermoplastische Kunststoffe lassen sich bei Erwärmung zwischen 80 und 200°C plastisch verformen, ohne auszuhärten. Bei Raumtemperatur sind sie fest und zäh. Verwendete Kunststoffmassen sind Polystyrol, Polyamid, Polyvinylchlorid.

Beim **Spritzgießen** wird die plastische Masse durch eine Düse (Angußstelle) portionsweise in die gekühlte Form gedrückt. Sie erstarrt dort sehr schnell und nimmt die Form des Füllraumes an, z.B. Wälzlagerkäfige und Zahnräder.

Beim **Tiefziehen** wird eine Kunststoffplatte auf Verformungstemperatur erwärmt, dann von dem niedergehenden kalten Ziehdom verformt und zugleich abgekühlt.

Das **Saugverfahren** eignet sich zur Verformung folienartiger Kunststoffe. Die Form steht durch kleine Bohrungen mit einem Vakuumkessel in Verbindung.

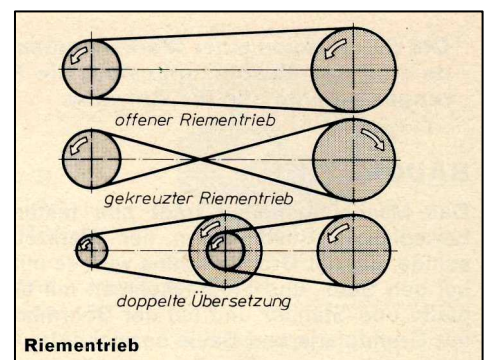
#### Übungen:

1. Was besagen die Bezeichnungen härtbare Kunststoffe, nicht härtbare Kunststoffe?
2. Nennen Sie Anwendungsbeispiele für härtbare Kunststoffe.
3. Welche Aufgabe haben Füllstoffe in härtbaren Kunststoffen?
4. Unterscheiden Sie: Formpressen und Tiefziehen.

## Abschnitt 16. WERKZEUGMASCHINEN

### 16.1. Antriebe von Werkzeugmaschinen

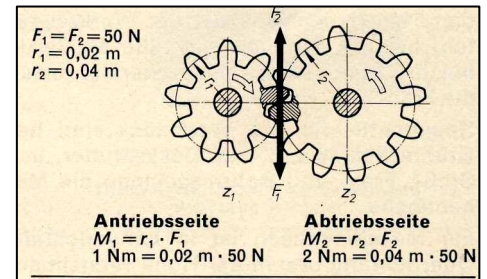
Zum Bearbeiten von Werkstoffen müssen die Arbeitsbewegungen mit verschiedenen Geschwindigkeiten und Kräften ausgeführt werden. Zwischen der Kraftmaschine und der Arbeitsspindel



muss deshalb ein Getriebe geschaltet sein. Übertragungsmittel sind z.B. Keilriemen, Reibräder, Zahnräder,

### Zugmittelgetriebe

Sie dienen zur Übertragung oder Wandlung von Drehmomenten zwischen Antriebs- und Abtriebswelle. Zugmittel können Riemen und Zahnräder sein. Flach- und Keilriemen übertragen die Drehbewegung durch Kräftechluss (Reibung zwischen Riemen und Riemenscheibe). Zahnräder übertragen die Drehbewegung durch Torschluss.



Riemen und Zahnrad übertragen eine Kraft mit unverändertem Betrag von dem antreibenden Rad auf das getriebene. Der Radius jedes Rades ist als Hebel anzusehen. Sind die Radien unterschiedlich, verursacht die gleiche Kraft an dem größeren Rad wegen des längeren Hebelarmes ein größeres Drehmoment als an dem kleineren Rad mit dem kürzeren Hebelarm.

**Unter Moment einer Kraft (Drehmoment) versteht man das Produkt aus einer Kraft F und dem zugehörigen Hebelarm r.**

Das Drehmoment hat die Einheit Newtonmeter (INM).

$$M = F \cdot r \quad M \text{ in Nm}$$

Die Drehmomente sind verhältnismäßig den Radien oder Durchmessern der Räder.



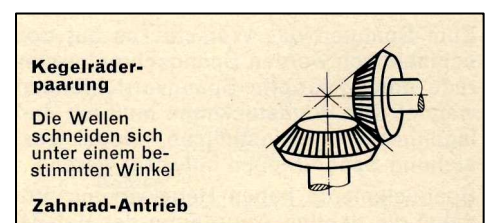
### Drehzahländerungen

Antreibendes und getriebenes Zahnrad greifen ineinander. Dadurch sind die Umfangsgeschwindigkeiten gleich. Sind  $d_1$  und  $d_2$  die Teilkreisdurchmesser zweier Zahnräder,  $n_1$  und  $n_2$  ihre Drehzahlen,  $z_1$  und  $z_2$  ihre Zähnezahlen, so ergibt sich:

$$v_1 = v_2$$

$$d_1 \cdot \pi \cdot n_1 = d_2 \cdot \pi \cdot n_2$$

$$\boxed{d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2} \quad \text{oder} \quad \boxed{z_1 \cdot n_1 = z_2 \cdot n_2}$$

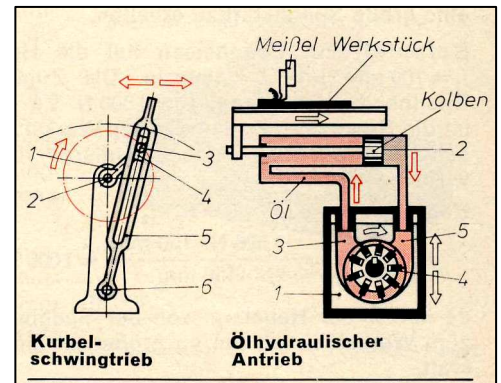


Das kleinere Zahnrad mit der geringeren Zähnezahl hat die höhere Drehzahl, das größere Zahnrad mit der höheren Zähnezahl die geringere Drehzahl.

### Kurbelschwingtrieb

Die schwingende Kurbelschleife wandelt eine gleichförmige Drehbewegung in eine periodisch veränderliche geradlinige Bewegung.

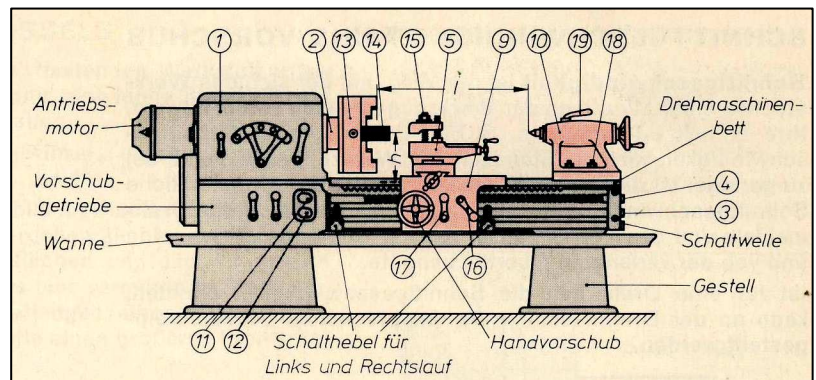
Die Kurbel (1) ist im Lager (2) gelagert. Am Ende der Kurbel befindet sich ein Kurbelzapfen (3), der in einem Kulissenstein (4) gelagert ist. Dieser gleitet in einer Kurbelschleife (5). Die Kurbelschleife ist im Punkt (6) drehbar gelagert.



Beim Umlauf der Kurbel beschreibt der Kurbelzapfen eine gleichförmige Drehbewegung, wobei das freie Ende der Kurbelschleife sich hin- und herbewegt.

### Ölhydraulischer Antrieb

Bei Hobelmaschinen findet der geschlossene Arbeitskreis Anwendung. Die Hauptpumpe (1) läuft immer mit der gleichen Drehrichtung und Geschwindigkeit. Sie bewegt nach nebenstehender Abbildung den Kolben (2) durch Öldruck nach rechts. Die Pumpe hat dabei an der Stelle (3) eine Druckwirkung. Die Förderrichtung der Druckflüssigkeit und damit die Richtung des Bewegungskolbens kann durch exzentrische Verlagerung des Pumpenrades (4) erreicht werden, wodurch z.B. eine Druckwirkung an der Stelle (5) erreicht wird.



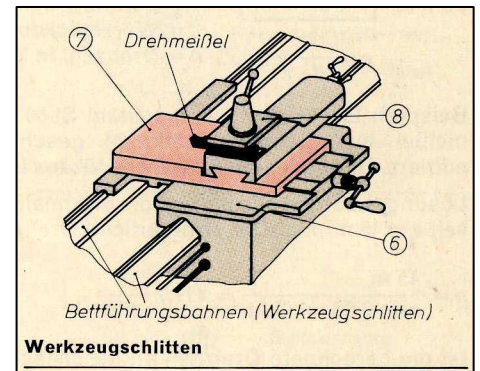
**Auf der Drehmaschine lassen sich Werkstücke mit kreis- oder kreisringförmigen Querschnitten herstellen**

### 16.2. Bauteile der Drehmaschine

Der Unterbau der Drehmaschine (Drehmaschinenbett mit Späneschale und Füßen) nimmt alle festen und beweglichen Baugruppen auf.

Im **Spindelstock** (1) ist der Hauptantrieb für die Erzeugung der Schnittbewegung und die Arbeitsspindel (2) für die Aufnahme des Werkstückes gelagert. Durch das Hauptgetriebe wird gleichzeitig eine Bewegung auf die Zugspindel (3) und auf die Leitspindel (4) übertragen. Dabei dient die Zugspindel für den Längs- und Quervorschub, die Leitspindel für den Gewindevorschub.

Der **Werkzeugschlitten** (5) dient zur Aufnahme und Bewegung des Werkzeuges. Er besteht aus dem Bettschlitten (6) für Längsbewegungen, aus dem Querschlitten (7) für Quer- oder Planbewegungen des Werkzeuges und dem Oberschlitten (8) zur Aufnahme des Drehmeißels.



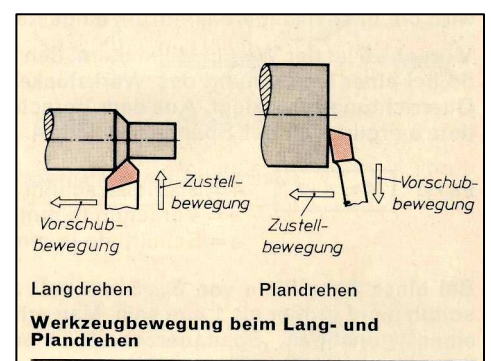
In der **Schloßplatte** (9) erfolgt eine Umformung der Drehbewegung der Zugorgane (Leit- und Zugspindel) in Längsbewegung des Werkzeugschlittens und Querbewegung des Querschlittens.

Der **Reitstock** (10) dient als Gegenhalterung für das Werkstück und zur Aufnahme von Werkzeugen wie Bohrer und Reibahlen. Ein falscher Handgriff und eine verkehrte Schaltung können zu Unfällen führen. Vor Beginn der Dreharbeit sollte deshalb geprüft werden:

Wo befinden sich der Hauptschalter (11), wo der Motorschalter (12)? Ist das Arbeitsstück (14) fest eingespannt und der Schlüssel des Spannftutters (13) abgezogen? Sind die Schrauben für die Drehmeißelbefestigung (15) fest angezogen? Ist der Hebel für Längs- und Planzug (16) in der richtigen Stellung. Ist die Zugspindel ein- oder ausgeschaltet (17)? Überprüfung, ob der Reitstock (18) ausreichend befestigt und der Klemmhebel für die Pinole (19) festgezogen.

### 16.3. Drehmeißel für Langdrehen und Plandrehen

Beim **Langdrehen** bewegt sich das Werkzeug parallel oder unter einem Winkel zur Werkstückachse.



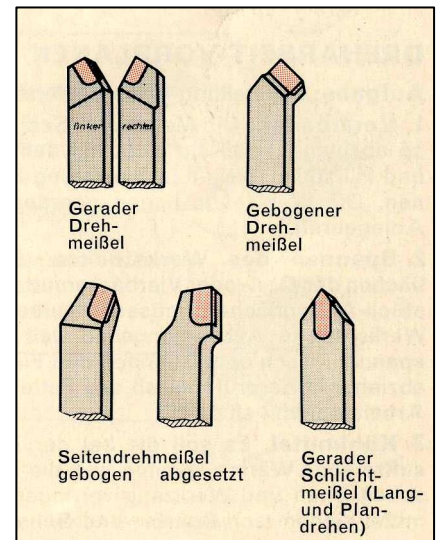
Es entstehen dadurch zylindrische oder kegelige Werkstücke. Beim **Plandrehen** wird das Werkzeug senkrecht zur Werkstückachse bewegt. Die Auswahl des Drehmeißels geschieht nach drei Gesichtspunkten:

1. Lage der Hauptschneiden zum Werkstück. Linke Drehmeißel arbeiten dabei von links nach rechts, rechte Drehmeißel von rechts nach links.

2. Lage des Schneidkopfes zum Schaft. Hierbei werden gerade und gebogene Drehmeißel zum Langdrehen verwendet. Mit dem gebogenen Drehmeißel kann bis dicht an die Einspannstelle des Werkstückes gedreht werden.

Gebogene und abgesetzte Seitendrehmeißel werden zum Plandrehen verwendet und zum Erzeugen von rechtwinkligen Ecken.

3. Einsatz der Drehmeißel. Schrumpmeißel werden zum Abheben starker Späne verwendet. Schlichtmeißel benutzt man zum Fertigdrehen des Werkstückes.



### **Übungen:**

**1. Nennen Sie die Bauteile der Drehmaschine.**

**2. Wozu dient Drehmeißel?**

**3. Wie bewegt sich das Werkzeug beim Langdrehen und beim Plandrehen?**

**Vergleichen Sie.**

**4. Was versteht man unter Drehmoment?**

## WÖRTERVERZEICHNIS

### A

abbrennen	сжигать; обгорать; опаливать
abkühlen	охлаждать; остывать
Abstand, m	промежуток; интервал; дистанция
Abtragen, n	снос, съём
abtropfen	капать, стекать каплями
Ader, f	жила (геолог.); сосуд
Aminoplast, m	аминопласт
angeben	указывать, сообщать; намечать, наносить
anlagern sich	присоединяться, наращиваться; наслаиваться
Anordnung, f	расположение, размещение
anstreichen	покрасить, окрашивать; отмечать; отчеркивать
Aufbereitung, f	подготовка, первичная обработка
aufbringen	открывать; доставать
auflösen	развязывать; растворять
aufspritzen	брызнуть, впрыскивать
auftragen	наносить, накладывать; поручать
aufwalzen	накатывать
aufweisen	показывать; обнаруживать, иметь, проявлять
Aushärtung, f	отвержение (лака, пластмассы)
Ausnahme, f	исключение
ausscheiden	выделять; отделять; исключать
ausstatten	снабжать, оборудовать, оснащать

### B

Beanspruchung, f	напряжение; нагрузка; напряженность
begleiten	проводить; проводить; сопровождать



beheizen	обогревать; отапливать, нагревать
behindern	препятствовать, мешать, тормозить
beibehalten (i, a )	сохранять, оставлять; придерживаться
beispielsweise	к примеру, например
Belastung, f	нагрузка; загрузка; загруженность; напряженность
Benennung, f	название, наименование, обозначение
besitzen	владеть, обладать
Beständigkeit, f	устойчивость, стойкость, стабильность
Bestandteil, m	составная часть; компонент; ингредиент
Besteck, n	местоположение; набор инструментов
beträchtlich	значительный
bewirken	способствовать, быть причиной
bezeichnen	отмечать; называть; характеризовать; обозначать
blank	блестящий, сверкающий; чистый
Blei, n	свинец
Bleimennige, f	свинцовый сурик
Bohrer, m	сверло, бурав; бур; дрель
Bruchfläche, f	поверхность излома

## D

dehnbar	растяжимый; эластичный
Dehnbarkeit, f	растяжимость; эластичность
Dehnung, f	удлинение; растяжение; расширение
Dehnung, f	удлинение; растяжение; расширение
Drehmeissel, m	токарный резец
Druckfestigkeit, f	прочность (предел прочности) при сжатии
dünnflüssig	жидкотекучий
dünnwandig	тонкостенный
Durchmesser, m	диаметр

durchtränken	пропитывать
<b>Е</b>	
edel	благородный
Edelgas, n	инертный газ
Eigenschaft, f	качество, свойство
ein fetten	смазывать ( маслом, жиром)
einheitlich	единый; единообразный, унифицированный
einkerben	зарубать, засека́ть, насека́ть
einnehmen	занимать; принимать; расположить
einölen	смазывать маслом
einschränken	ограничивать; сокращать
einteilen	делить, подразделять; распределять
Einwirkung, f	(воз)действие, влияние
Elastizität, f	упругость, эластичность, гибкость
empfindlich	чувствительный; осязаемый
entkohlen	обезуглероживать
entsprechen	соответствовать
entweichen	улетучиваться; вытекать
entziehen sich	уклоняться; избегать; высвобождаться
ergeben sich	оказываться; получать
erhalten	получать; сохранять
erhalten	получать; сохранять
erhitzen	нагревать; раскалять
erreichbar	достижимый, достижимый, доступный
erreichen	доставать, достигать (пункта, уровня, предела)
Erschmelzung, f	плавка, выплавка
Erschwerung, f	трудность, осложнение, отягощение
ersetzen	заменять, замещать

Erstarrung, f	затверждение, схватывание; кристаллизация
Erstarrung, f	застывание; затвердевание; кристаллизация (расплава)
Erwägung ,f	обсуждение; расчет
erzeugen	производить, изготавливать, вырабатывать
<b>F</b>	
fassen	охватывать; обрамлять
Feldspat, m	полевошпат
Festigkeit , f	прочность; твердость; стойкость, устойчивость
<b>G</b>	
Gefüge, f	структура; кристалл
Gemenge, n	смесь
gering	незначительный, малый; низкий
Gießbarkeit,f	литейные свойства
giessen ( o, o )	отливать, разливать, лить
Gleitebene, f	плоскость скольжения; плоскость трансляции (крист.)
Glühen, n	прокаливание; накаливание; отжиг; свечение
Grauguss, m	серый (литейный) чугун
Gussstück, n	отливка
<b>H</b>	
härtbar	закалываемый, отверждаемый(о пластмассе)
Hartguß, m	отбеленный чугун
Haut, f	кожа; шкура; пленка; корка
herabsetzen	снижать; сокращать
hitzebeständig	жаропрочный, жаростойкий; жароупорный
Hülle, f	оболочка; обертка; футляр; пелена

---

**K**

---

Kennzahl, f	показатель
Kerbwirkung, f	влияние надреза; влияние надпила
Kessel, m	котел, резервуар; цистерна
Korngrenze, f	граница зерен
Kratzer, m	скребок, царапина
Kristall, m	кристал
Kristall, n	хрусталь
Kristallisationskeim, m	центр кристаллизации
Kupfer, m	медь
Kurbelwelle, f	коленчатый вал

---

**L**

---

Lagerbuchse	втулка подшипника
Lauge, f	щелочь; щелок
Legierung, f	сплав
Lochfraß, m	точечная коррозия; сквозная коррозия
Löslichkeit, f	растворимость

---

**M**

---

Mangan, n	марганец
Materialverfestigung, f	упрочнение материала
Meißel, m	зубило, резец

---

**N**

---

Nadel, f	игла, стрелка
nahezu	почти
niederschlagen sich	осаждаться, выпадать в виде осадка

---

**O**

---

Oberflächenbehandlung, f	обработка поверхности
--------------------------	-----------------------

---

---

**P**

---

Plandrehen, m	торцевание
Plastizität, f	пластичность
plattieren	плакировать, покрывать тонким слоем металла
porös	пористый

---

**R**

---

Rauchschwaden, m	клуб(ы) дыма
Raumgitter, n	пространственная решетка
Reibungswiderstand, m	сопротивление трения
Reinheit, f	чистота
Reitstock, m	задняя бабка (токарного станка)
ritzen	надрезать, насекать; нацарапать
Rost, m	ржавчина; решетка; (стр.) ростверк
Rückbildung, f	восстановление

---

**S**

---

Säge, f	пила
Säure, f	кислота
Schichtpreßstoff, β	слоистый материал
schichtweise	слоями, пластами; посменно
schmelzen (o, o)	плавить, (рас)топить, (рас)таять
schneiden sich	пересекаться, перекрещиваться
Schruppmeißel, m	черновой резец
schwärzlich	черноватый; темноватый
Schwefel, m	сера
schweißen	сваривать
schwinden	убывать, исчезать; давать усадку
Seilrolle	канатный блок
senkrecht	отвесный, вертикальный

---

sichtbar	видимый, очевидный
Spanen, n	резание, обработка резанием
Span, m	стружка
Spannen, n	натягивание, затягивание; зажим
Spindelstock, m	(маш.) бабка, передняя бабка
spritzen	отливать под давлением (металл, пластмассу); распылять
Sprödigkeit, f	хрупкость, ломкость
spürbar	чувствительный; ощутимый
Stauchung, f	деформация при сжатии см. ниже
Stauchen, n	высадка; плющение; обжатие, обжим
Stahlguss, m	литье стали

## T

Temperguß, m	ковкий чугун
Tiegelverschleiß, m	тигельный износ; миграция
Tonerde, f	глинозем
Trennung, f	отделение, разъединение; разобщение; размыкание

## U

überflüssig	(из) лишний, ненужный
überziehen	покрывать тонким слоем
Überzug, m	покрытие; слой
Uhrfeder, f	часовая пружина
umlagern	перемещать; осаждать, окружать
Umformen, n	пластическая формообразование, обработка давлением
umwandeln	превращать; преобразовывать
undurchsichtig	непрозрачный; мутный
Unebenheit, f	неровность

unedel	недрагоценный
unlegiert	нелегированный (о стали)
unverändert	неизменившийся; неизменный
ursprünglich	первоначальный

## V

Verarbeitung, f	обработка; переработка
verbleiben	пребывать, оставаться
veredeln	улучшать, обогащать
verformen	деформация; формовка; обработка давлением
Verformung, f	деформация; деформирование; формование, формовка
verhalten sich` (i, a )	вести себя, относиться
verhindern	препятствовать, мешать, тормозить
Verhüttung, f	(металлургический) передел; выплавка
Verlust, m	потеря; потери
vermindern	уменьшать, сокращать
verschleißfest	износостойкий
Verschönerung, f	приукрашивание
Verständnis, n	понимание
Versetzung, f	дислокация (смещен. участка кристал. решетки); смещение
verursachen	причинять; вызывать
verzinnen	лудить
vorhanden, = sein	имеющийся, наличный; существовать
vorliegen	существовать; быть налицо; иметься
vorwärmen	подогревать, предварительно нагревать

## W

waagerecht	горизонтальный; по горизонтали
------------	--------------------------------

Wälzkörper, m	тело качения
Wanderung, f	миграция (напр. ионов); перемещение; блуждание; уход
Wärmebehandlung, f	тепловая (термическая) обработка, термообработка
Werkstoff, m	материал, заготовка
Wertsteigerung, f	повышение ценности, значения; величины
Widerstand, m	сопротивление; резистор

## Z

Zähigkeit, f	вязкость; ковкость
Zahnrad, n	зубчатое колесо, шестерня
Zerreißfestigkeit, f	прочность на разрыв, предел прочности при разрыве
zersetzen sich	разлагать(ся)
zerteilen	делить, разрезать, ломать на части
Zersetzung, f	разложение
Ziehdonn, m	прошивка
Zinn, n	олово
zuführen	подводить; подавать; снабжать
Zugfestigkeit, f	предел прочности при растяжении (разрыве)
Zugmittel, m	средство тяги, тяга
Zugspindel, m	ходовой вал
zunehmen	увеличиваться, возрастать, прибавлять(ся)
zurückfedern	отпружинивать; отжиматься
zusetzen	добавлять; терять