

---

# Handbuch

---

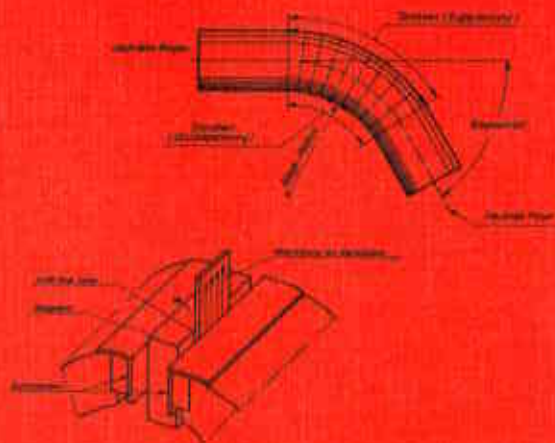
# der

---

# Fernmeldetechnik

---

## Grundreihe



**Band 5**

---

## Werkstoffbearbeitung

---

# Handbuch der Fernmeldetechnik

— Grundreihe —

## 13 wichtige Lehr- und Lernwerke (mit Repetitoren) für Auszubildende

### Band 1

#### — Allgemeine Berufskunde

Berufsbildungsgesetz — Berufsausbildungsvertrag — Ausbildungs- und Prüfungsordnung für Fernmeldehandwerker — Jugendarbeitsschutzgesetz — Dienstverhältnisse bei der Deutschen Bundespost — Staatsaufbau — Grundrechte und -pflichten des Staatsbürgers — Tarifverträge für Fernmeldelehrlinge und Arbeiter bei der DBP — Sozialeinrichtungen — Personalvertretungsgesetz — Aufbau und Aufgaben der DBP — Fernmelderecht — Verhalten gegenüber dem Kunden, Schadenshaftung — Arbeitsschutz und Unfallverhütung — Schriftformen von Meldungen, Gesuchen und Prüfungsarbeiten

#### ● Repetitor zum Band 1

### Band 2

#### — Grundkenntnisse der Mathematik und der Physik (mit Lösungsheft)

Rechnen mit bestimmten Zahlen — Buchstabenrechnung — Potenzrechnung — Radizieren — Die Lehre von den Gleichungen — Die grafische Darstellung von Funktionen — Proportion — Kreisfunktionen — Dreisatz- und Prozentrechnung — Zahlensysteme — Stabrechnen — Aufbau und Zustandsformen der Körper — Arbeit und Leistung — Einfache Maschinen — Wärmelehre — Akustik — Optik

#### ● Repetitor zum Band 2

### Band 3

#### — Grundlagen der Gleich- und Wechselstromlehre (2 Teile)

Grundlagen der Gleichstromlehre — Wirkungen des Stroms — Das elektrische Feld — Magnetismus — Wirkungen des Magnetismus — Grundlagen der Wechselstromlehre — Die Messung elektrischer Größen — Transformatoren — Fernmeldeübertrager

#### ● Repetitor zum Band 3

### Band 4

#### — Aufgabensammlung zu Band 3 (mit Lösungsheft)

— Weitere Lehrbücher siehe 3. und 4. Umschlagseite —

# Handbuch der Fernmeldetechnik

## Grundreihe

Herausgegeben mit Unterstützung  
des Bundesministers  
für das Post- und Fernmeldewesen

### Band 5

## Werkstoffbearbeitung

2., verbesserte Auflage

Deutsche Postgewerkschaft - Hauptvorstand - Verlag - 6 Frankfurt 71 - Rhonestraße 2

## Vorwort

Das insgesamt 13 Bände umfassende „Handbuch der Fernmeldetechnik — Grundreihe“ soll den Auszubildenden während der gesamten Ausbildungszeit ein ständiger Begleiter sein und ihnen in möglichst enger Anlehnung an das in der „VO über die Berufsausbildung zum FHandw“ festgelegte Berufsbild eine umfassende und gute Prüfungsvorbereitung ermöglichen. Damit dieses Ziel erreicht wird, gehen wir von dem in dem Ausbildungsrahmenplan stichwortartig angegebenen Grundlernstoff aus, der dann schwerpunktmäßig in dem notwendigen Ausmaß ergänzt wird. Die Frage nach dem Wie, Warum und Wozu steht hierbei immer im Mittelpunkt der Überlegungen.

Der vorliegende Band beschäftigt sich mit der Werkstoffkunde, der Werkstoffbearbeitung und dem Technischen Zeichnen. Im Abschnitt 1 werden zunächst die Materialeigenschaften behandelt. Im Anschluß daran wird die Werkstoffbearbeitung beschrieben. Hieran schließt sich das Technische Zeichnen an, das sich mit den Zeichenregeln für das Fertigen von Entwürfen, dem Zeichnen selbst und dem Lesen technischer Zeichnungen beschäftigt. Den Abschluß bildet eine Zusammenstellung der wichtigsten Unfallverhütungsmaßnahmen für die Werkstatt und ein kurzer Hinweis für die Benutzung von Tabellenbüchern.

Die Verfasser erheben nicht den Anspruch, daß die Bände alle Vorschriften und technischen Einzelheiten sowie auch das in der Praxis selten Vorkommende enthalten. Ihnen ging es vielmehr darum, ein Lehrbuch zu schaffen, das der gestellten Aufgabe ohne unnötigen Ballast im Interesse der Leser gerecht wird.

Wir hoffen, daß sich dieser aus der Praxis für die Praxis geschriebene Band sowohl während der Ausbildungszeit als auch darüber hinaus als Lern- und Nachschlagewerk bewähren wird.

Die Herausgeber

Stand: Frühjahr 1973

Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet.

## Inhaltsverzeichnis

### 1. Werk- und Hilfsstoffe

|                                                                         | Seite     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.1. Eisen, Stahl und Magnetwerkstoffe</b>                           | <b>7</b>  |
| 1.1.1. Roheisen                                                         | 7         |
| 1.1.2. Stahlveredlung                                                   | 9         |
| 1.1.3. Weiterverarbeitung des Stahls durch Walzen, Ziehen und Schmieden | 13        |
| 1.1.4. Normung, Verwendung und Handelsformen                            | 15        |
| 1.1.5. Dynamobleche und Magneistähle                                    | 18        |
| <b>1.2. Nichteisenmetalle</b>                                           | <b>19</b> |
| 1.2.1. Kupfer                                                           | 19        |
| 1.2.2. Zinn                                                             | 25        |
| 1.2.3. Zink                                                             | 25        |
| 1.2.4. Blei                                                             | 26        |
| 1.2.5. Leichtmetalle                                                    | 28        |
| 1.2.6. Edelmetalle                                                      | 30        |
| 1.2.7. Halbmetalle                                                      | 30        |
| 1.2.8. Hartmetalle                                                      | 30        |
| <b>1.3. Isolierstoffe</b>                                               | <b>32</b> |
| 1.3.1. Asbest                                                           | 33        |
| 1.3.2. Glas                                                             | 33        |
| 1.3.3. Porzellan                                                        | 34        |
| 1.3.4. Papier                                                           | 35        |
| 1.3.5. Gummi                                                            | 35        |
| 1.3.6. Textilien                                                        | 35        |
| <b>1.4. Kunststoffe</b>                                                 | <b>36</b> |
| 1.4.1. Allgemeines                                                      | 36        |
| 1.4.2. Zellulosekunststoffe                                             | 37        |
| 1.4.3. Kunsthorn                                                        | 39        |
| 1.4.4. Härtbare Kunststoffe                                             | 39        |
| 1.4.5. Thermoplaste                                                     | 44        |
| 1.4.6. Silikone                                                         | 50        |
| 1.4.7. Normung, Typisierung und Gütesicherung                           | 51        |
| <b>1.5. Baustoffe</b>                                                   | <b>51</b> |
| 1.5.1. Holz                                                             | 52        |
| 1.5.2. Ziegel                                                           | 52        |
| 1.5.3. Kalk                                                             | 53        |
| 1.5.4. Zement und Beton                                                 | 53        |
| 1.5.5. Gips                                                             | 54        |
| <b>1.6. Hilfsstoffe</b>                                                 | <b>54</b> |
| 1.6.1. Hilfsstoffe zum Oberflächenschutz der Metalle                    | 55        |
| 1.6.2. Schmierstoffe                                                    | 58        |
| 1.6.3. Kühlmittel                                                       | 59        |
| 1.6.4. Reinigungsmittel                                                 | 59        |

Zettel

|                                                    | Seite |
|----------------------------------------------------|-------|
| <b>1.7. Werkstoffprüfung</b>                       | 60    |
| 1.7.1. Prüfen der Oberfläche                       | 61    |
| 1.7.2. Prüfen der Zusammensetzung                  | 61    |
| 1.7.3. Prüfen der Materialeigenschaften            | 61    |
| <b>2. Werkstoffbearbeitung</b>                     |       |
| <b>2.1. Messen und Anreißen</b>                    | 64    |
| 2.1.1. Messen                                      | 64    |
| 2.1.2. Anreißen                                    | 69    |
| <b>2.2. Spannwerkzeuge</b>                         | 71    |
| 2.2.1. Schraubstöcke                               | 71    |
| 2.2.2. Hilfszeuge                                  | 72    |
| 2.2.3. Hilfsspannzeuge                             | 73    |
| <b>2.3. Spanabhebende Verformung</b>               | 73    |
| 2.3.1. Allgemeines                                 | 73    |
| 2.3.2. Feilen                                      | 75    |
| 2.3.3. Sägen                                       | 78    |
| 2.3.4. Schaben                                     | 79    |
| 2.3.5. Meißeln                                     | 80    |
| 2.3.6. Gewindeschneiden                            | 81    |
| 2.3.7. Maschinelle Werkstoffbearbeitung            | 83    |
| <b>2.4. Spanlose Verformung</b>                    | 96    |
| 2.4.1. Richten                                     | 96    |
| 2.4.2. Biegen                                      | 96    |
| 2.4.3. Schneiden und Scheren                       | 98    |
| 2.4.4. Lochen                                      | 99    |
| 2.4.5. Stanzen                                     | 99    |
| 2.4.6. Schmieden                                   | 100   |
| <b>2.5. Verbindungen</b>                           | 102   |
| 2.5.1. Schraubenverbindungen                       | 102   |
| 2.5.2. Stiftverbindungen                           | 104   |
| 2.5.3. Keil- und Federnverbindungen                | 104   |
| 2.5.4. Nietverbindungen                            | 104   |
| 2.5.5. Lötverbindungen                             | 106   |
| <b>2.6. Bearbeitungsverfahren von Kunststoffen</b> | 108   |
| 2.6.1. Zerspanen                                   | 108   |
| 2.6.2. Kleben                                      | 108   |
| 2.6.3. Nähen                                       | 109   |
| 2.6.4. Schweißen                                   | 109   |
| 2.6.5. Warmverformen                               | 112   |
| 2.6.6. Vergießen                                   | 113   |
| <b>2.7. Wärmebehandlung</b>                        | 114   |
| 2.7.1. Behandlung der Stähle                       | 114   |
| 2.7.2. Behandlung der Leichtmetalle                | 116   |

|                                                                    | Seite |
|--------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>3. Technisches Zeichnen</b>                                     |       |
| <b>3.1. Allgemeines über das Fachzeichnen</b>                      | 117   |
| 3.1.1. Zeichenpapiere                                              | 120   |
| 3.1.2. Blatteinteilung, Maßstäbe und Schriftfeld                   | 122   |
| <b>3.2. Normschrift und Strichstärken</b>                          | 125   |
| 3.2.1. Schräge Normschrift                                         | 125   |
| 3.2.2. Linienarten und Strichstärken                               | 131   |
| <b>3.3. Zeichnen und Bemaßen</b>                                   | 132   |
| 3.3.1. Einfache Grundaufgaben                                      | 132   |
| 3.3.2. Darstellung flächiger Werkstücke                            | 138   |
| 3.3.3. Bemaßen von Werkstücken                                     | 141   |
| 3.3.4. Oberflächenzeichen                                          | 149   |
| <b>3.4. Technische und perspektivische Darstellung von Körpern</b> | 152   |
| 3.4.1. Technische Darstellung von Körpern                          | 152   |
| 3.4.2. Perspektivische Darstellung von Körpern                     | 156   |
| 3.4.3. Bemaßung von Körperdarstellungen                            | 158   |
| 3.4.4. Technische Darstellung von Kegeln                           | 160   |
| 3.4.5. Technische Darstellung von Verjüngungen                     | 160   |
| 3.4.6. Technische Darstellung von Neigungen                        | 161   |
| 3.4.7. Technische Darstellung geschnittener Werkstücke             | 162   |
| 3.4.8. Technische Darstellung gebrochener Werkstücke               | 166   |
| <b>3.5. Darstellung von Normteilen</b>                             | 167   |
| 3.5.1. Schrauben                                                   | 168   |
| 3.5.2. Muttern                                                     | 170   |
| 3.5.3. Schraubverbindungen                                         | 170   |
| 3.5.4. Bemaßen von Gewinden                                        | 172   |
| 3.5.5. Kleindarstellung von Schraubverbindungen                    | 173   |
| 3.5.6. Niete                                                       | 173   |
| 3.5.7. Vereinfachte Darstellung von Nietverbindungen               | 174   |
| <b>Anlage 1 — Arbeitsschutz und Unfallverhütung</b>                | 175   |
| <b>Anlage 2 — Benutzung von Tabellenbüchern</b>                    | 179   |

# 1. Werk- und Hilfsstoffe

**Werkstoffe** sind Materialien, aus denen durch spanabhebende oder spanlose Verformung Halb- oder Fertigfabrikate hergestellt werden. **Hilfsstoffe** dienen der Bearbeitung von Werkstoffen oder dem Betrieb von Maschinen, wie z. B. Lote oder Schmierstoffe.

## 1.1. Eisen, Stahl und Magnetwerkstoffe

### 1.1.1. Roheisen

Eisenreiche Verbindungen, aus denen das Metall selbst gewonnen wird, heißen **Eisenerze**.

Hierbei handelt es sich um Gesteine, die im Tagebau oder im Untertagebau abgebaut werden. Der Eisengehalt der Erze ist unterschiedlich; er ist abhängig von den ihnen beigemengten anderen Stoffen.

Auf der Erde gibt es etwa 100 verschiedene Eisenerzsorten, die nach Schätzungen 4,2% der Erdkruste ausmachen. Jede Eisenerz verarbeitende Hütte beschafft sich aus der ganzen Welt die Erze, die sie zur Herstellung spezieller Stahlsorten aus dem Roheisen benötigt. Die folgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über die wichtigsten Eisenerze.

| Eisenerz                           | Eisengehalt | Bemerkungen                                                                                                      |
|------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Magnet Eisenstein                  | 60 bis 70%  | vorwiegend Norwegen und Schweden                                                                                 |
| Roteisenstein                      | 40 bis 60%  | England, Ukraine, Nordspanien                                                                                    |
| Brauneisenstein, Minette, Rasenerz | 20 bis 45%  | arme Erze in Deutschland, Lothringen, Spanien                                                                    |
| Spateisenstein                     | 30 bis 45%  | Steiermark (bei Eisenerz)                                                                                        |
| Manganerze                         | 20 bis 50%  |                                                                                                                  |
| Doggererze                         | 20%         |                                                                                                                  |
| Kiesabbrände                       | 45 bis 65%  | Bei deutschem Schwefelkies bzw. bei ausländischem Schwefelkies, Nebenzeugnisse aus der Schwefelkiesverarbeitung. |

Alle Eisenerze bestehen in der Hauptsache aus Eisenoxiden. Nach dem Austreiben des Sauerstoffs im Hochofen bleibt metallisches Eisen zurück; dieser Vorgang wird Reduktion genannt. Im Hochofen werden auch die mineralischen Beimengungen als Schlacke ausgeschieden.

Das Roheisen ist wegen seiner Beimengungen noch nicht als Werkstoff zu gebrauchen, sondern muß noch weiter behandelt werden, damit daraus Grauguß oder Stahl entstehen kann (vgl. hierzu Abb. 1.1).

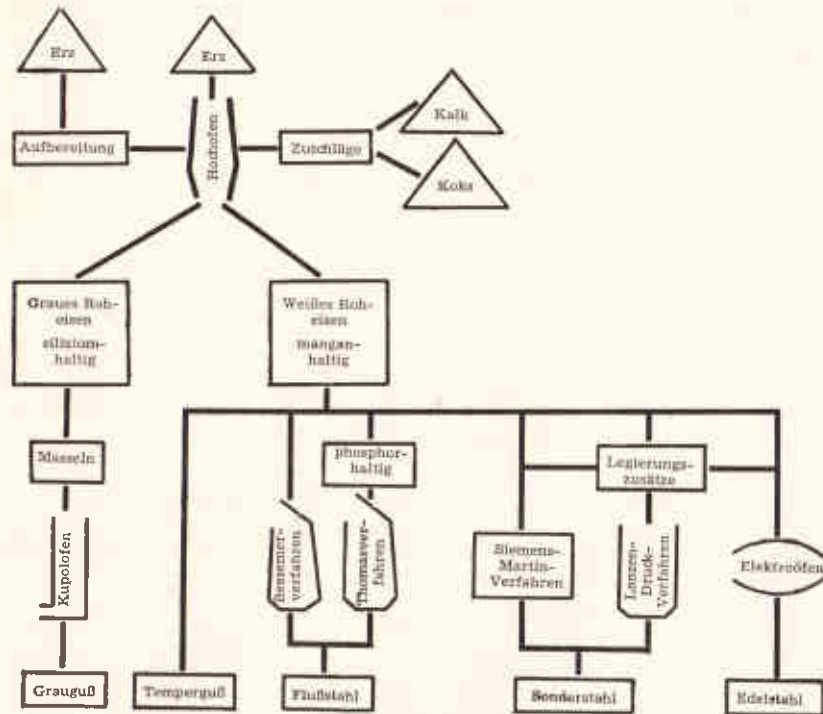


Abb. 1.1 — Übersicht über die Stahlerzeugung

Zur Umwandlung des weißen Roheisens in Stahl müssen dem Roheisen die unerwünschten Beimengungen, wie Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel, ganz oder teilweise entzogen werden. Dies geschieht nach unterschiedlichen Verfahren durch Erhitzen unter Luftzutritt (Oxydation), wobei die beigemengten Elemente verbrennen.

Je nach der Art der Erze und der in ihnen enthaltenen Beimengungen werden graues oder weißes Roheisen mit verschiedenen Eigenschaften gewonnen. **Weißes Roheisen** ist manganhaltig. Mangan bindet den Kohlenstoff als sogenannte Härtungskohle an das Eisen, das dadurch eine strahlig weiße Bruchfläche erhält. Das weiße Roheisen ist das Rohprodukt für die Stahlgewinnung. In flüssigem Zustand wird es zum Roheisenmischer und von dort zum Stahlwerk gebracht, wo es zu Stahl umgewandelt wird.

**Graues Roheisen** ist siliziumhaltig. Durch das Silizium scheidet der Kohlenstoff bei Abkühlung aus. Dieses Roheisen hat eine graue Bruchfläche und ist spröde. Es ist gut gießbar und hart. In Form von Masseln kommt es zu den Eisengießereien und wird dort zu Grauguß verarbeitet.

Gewöhnlicher Grauguß ist spröde und nicht schmiedbar oder härtbar. Durch das Umschmelzen im Kupulofen wird das Gefüge dichter, feinkörniger und gleichmäßiger.

Der **hohe Kohlenstoffgehalt (2,5 bis 4%)** ist die Ursache für den verhältnismäßig **niedrigen Schmelzpunkt (1150 °C)** und die gute Gießbarkeit, aber auch für die geringe Dehnung und Zugfestigkeit. Aufgrund seiner guten Gießfähigkeit wird Grauguß als Werkstoff für solche Teile verwendet, die wegen ihrer Form auf andere Weise nur schwer hergestellt werden können, z. B. Lager, Gehäuse, Maschinen-gestelle, Rohre, Säulen, Öfen, Roststäbe, Bremsklötze usw.

Bei der spanabhebenden Bearbeitung des Graugusses muß die harte Gußhaut durch einen kräftigen Span abgehoben werden. Die darunterliegende weiche Schicht läßt sich dann gut bearbeiten.

Beim **Temperguß** werden die aus Temperroheisen, Gußbruch und Stahlschrott gegossenen Werkstücke nachbehandelt, wodurch ihr Kohlenstoffanteil von 2,5 bis 4 % auf etwa 0,5 bis 1,8 % herabgesetzt wird.

**Flußstahl** wird aus flüssigem Stahl durch Frischen (Herabsetzung des Kohlenstoffgehalts) gewonnen und ist daher gleichmäßig und schlackenfrei. Die im Tiegel, Martin- oder Lichtbogenofen und die in der Birne hergestellten Flußstahlsorten heißen **Stahlguß**; sie werden unmittelbar in die endgültige Gebrauchsform gegossen. Flußstahlsorten, die eine ihrem bestimmten Sonderzweck angepaßte **Zusammensetzung** haben, heißen **Sonder- oder Spezialstahl**. Alle im elektrischen Ofen erzeugten Flußstähle fallen unter die Bezeichnung **Elektrostahl**.

**Unlegierte Stähle**, auch **Kohlenstoffstähle** genannt, haben einen Kohlenstoffgehalt von 0,04 bis 1,7%. Bei mehr als 1,7% Kohlenstoffgehalt zählen sie schon wieder zum Roheisen. Je geringer der Kohlenstoffgehalt, desto dehnbarer und weicher ist der Stahl.

### 1.1.2. Stahlveredlung

Die Erzeugung von Flußstahl wurde erst durch eine Erfindung des Engländers Henry Bessemer möglich. Für deutsche Erze, die phosphorreich sind, war das **Bessemer-Verfahren** ungeeignet, weil nur phosphorfreies Roheisen zu Stahl verarbeitet werden konnte. Dieser Mangel wurde durch den Engländer Thomas beseitigt, der die beim Bessemer-Verfahren angewandte **saure** Ausmauerung (Quarz, Flußspat) der Birne durch eine **basische** (Kalk, Dolomit<sup>1)</sup>) ersetzte; dieses Verfahren ist als das **Thomas-Verfahren** bekannt.

Der Flußstahl wird in **Kokillen** (konische Gußformen) zu Blöcken (**Brammen**) gegossen und durch weitere Verarbeitung (**Walzen**) in die handelsüblichen Formen gebracht.

<sup>1)</sup> Kalk = kohlen-saures Kalzium, Dolomit = Kalzium-Magnesium.

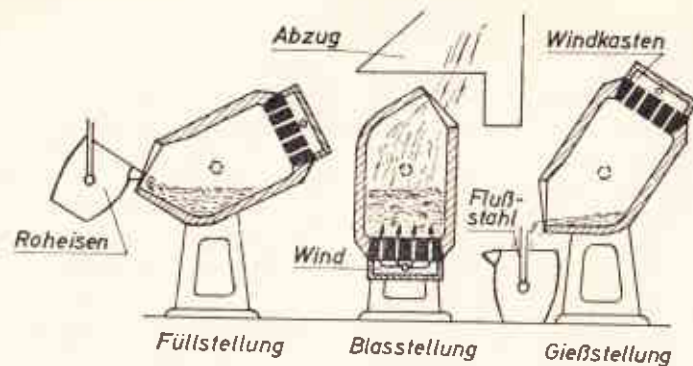


Abb. 1.2 — Flußstahlerzeugung mit der Bessemer-Birne

Das modernste Verfahren zur Stahlherstellung ist das österreichische **LD-Verfahren** (Linz-Donawitz-Verfahren), in Deutschland auch **Lanzen-Druck-Verfahren** genannt (vgl. hierzu Abb. 1.3). Hier wird auf den Stahl, der sich in einem Schmelztiegel ähnlich der Thomasbirne (aber ohne Windkasten) befindet, mit einer **Hohllanze** Sauerstoff geblasen. Bei geringen Anlage- und Betriebskosten werden Stähle erzeugt, deren Qualität in den Bereich der SM-Stähle bzw. des Elektrostahls hineinreicht. Das billigere LD-Verfahren wird vermutlich nach und nach das Siemens-Martin-Verfahren verdrängen.

**Legierte Stähle oder Sonderstähle** sind Kohlenstoffstähle, deren Eigenschaften durch Zusätze verbessert werden. Niedriglegierte Stähle enthalten 2 bis 5 % Legierungszusätze und hochlegierte Stähle 5 bis 30 % Legierungsbestandteile (vgl. nachstehende Übersicht). Legierte Stähle finden vorwiegend als **Werkzeugstähle** Verwendung. Drehstähle aus Sonderstahl werden als **Schnellschnittstähle, SS-Stähle**, bezeichnet. Die Legierungszusätze beschränken auch die Neigung zum Rosten und erhalten das silbrige Aussehen, daher ist auch die Bezeichnung **Silberstahl** üblich.

Beim **Siemens-Martin-Verfahren** wird festes oder flüssiges Roheisen unter Zugabe von Erz oder Schrott umgewandelt. Die Entkohlung erfolgt mit Hilfe des Sauerstoffs, der in den Feuergasen, in den Zuschlägen, im Schrott und im Erz enthalten ist. Die Reduktion und die Rückkohlung ist die gleiche wie beim Bessemer-Thomas-Verfahren.

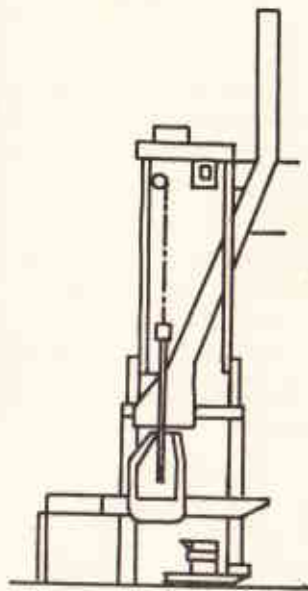
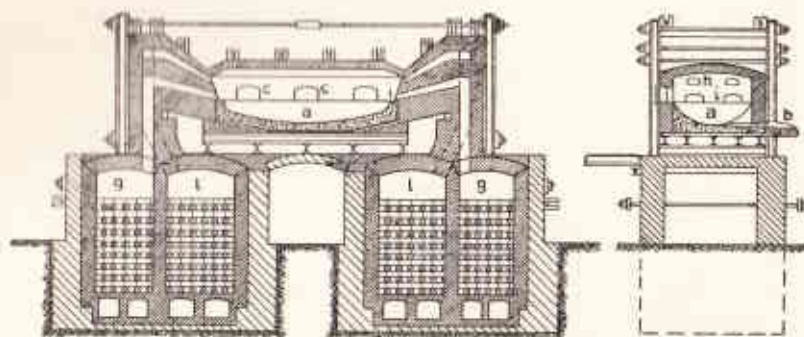


Abb. 1.3 — Lanzen-Druck-Verfahren

## Übersicht über den Einfluß von Legierungsbestandteilen

| Legierungsbestandteil | erhöht                                                                                                             | vermindert                                                    |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>Kohlenstoff</b>    | Festigkeit, Härte, Härbarkeit                                                                                      | Schmelzpunkt, Zähigkeit, Dehnung, Schweiß- und Schmiedbarkeit |
| <b>Silizium</b>       | Elastizität, Festigkeit, Durchhärbarkeit, Warmhärte, Korrosionsbeständigkeit                                       | Schweißbarkeit                                                |
| <b>Phosphor</b>       | Dünnflüssigkeit, Warmfestigkeit                                                                                    | Dehnung, Schlagfestigkeit                                     |
| <b>Schwefel</b>       | Dickflüssigkeit, Rotbrüchigkeit, Spanbrüchigkeit                                                                   | Schlagfestigkeit                                              |
| <b>Mangan</b>         | Durchhärbarkeit, Festigkeit, Schlagfestigkeit, Verschleißfestigkeit                                                | Zerspanbarkeit                                                |
| <b>Nickel</b>         | Zähigkeit, Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, elektr. Widerstand, Hitzebeständigkeit, Durchhärbarkeit            | Wärmedehnung (Invarstahl)                                     |
| <b>Chrom</b>          | Härte, Festigkeit, Warmfestigkeit, Härtetemperatur, Schneidhaltigkeit, Korrosionsbeständigkeit                     | Dehnung (in geringem Maß)                                     |
| <b>Vanadium</b>       | Dauerfestigkeit, Härte, Zähigkeit, Warmfestigkeit                                                                  | Empfindlichkeit gegen Überhitzung                             |
| <b>Molybdän</b>       | Härte, Warmfestigkeit, Dauerfestigkeit                                                                             | Dehnung, Schmiedbarkeit                                       |
| <b>Kobalt</b>         | Härte, Schneidhaltigkeit                                                                                           | Zähigkeit, Empfindlichkeit gegen Überhitzung                  |
| <b>Wolfram</b>        | Härte, Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Härtetemperatur, Warmfestigkeit, Hitzebeständigkeit, Schneidhaltigkeit | Dehnung (in geringem Maß)                                     |

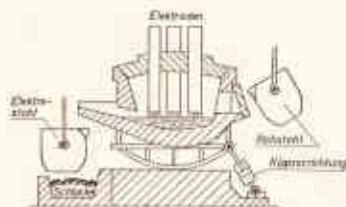
**Edelstähle** weisen einen besonders geringen Phosphor- und Schwefelgehalt auf und enthalten nur sehr wenige sonstige Verunreinigungen. Sie können unlegiert, niedrig- oder hochlegiert sein und werden durch Umschmelzen von Thomas- oder Siemens-Martin-Stahl im **Elektroofen** gewonnen. Die Edelstähle werden einem besonders sorgfältigen Schmelzvorgang unterzogen; sie sind deshalb teurer als normale Stähle. Edelstähle sind bekannt als nichtrostende Stähle für



a Herd, b Abstrichrinne, c Einsatzöffnungen, h Lufteintritt, i Gaseintritt, g Heizkammern für Gas, l für Luft.

**Abb. 1.4 — Siemens-Martin-Ofen**

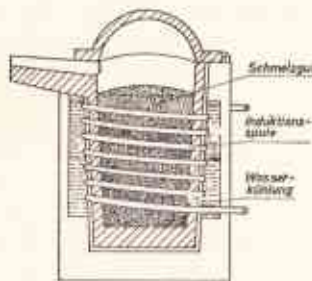
Haushaltsgegenstände, Fassadenverkleidung sowie Rohre und Behälter der Nahrungsmittelindustrie.



**Abb. 1.5 — Lichtbogenofen**

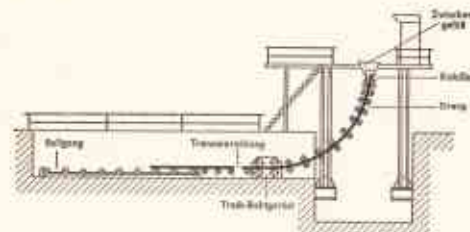
Als Elektroöfen werden entweder Lichtbogenöfen oder Induktions-Tiegelöfen verwendet. Im Elektroofen werden Schmelztemperaturen bis zu 3800 °C erreicht. Dadurch kann der Stahl auch mit den schwer schmelzbaren Metallen Wolfram und Molybdän legiert werden. Jegliche Verunreinigung des Stahls durch Heizgase oder Luftsauerstoff wird vermieden.

Beim **Lichtbogenofen** (vgl. hierzu Abb. 1.5) wird das Schmelzgut durch die große Strahlungswärme des elektrischen Lichtbogens zum Schmelzen gebracht. Diese Ofenart ermöglicht sowohl das **Frischen** (Verbrennen unerwünschter Beimengungen) als auch das **Reduzieren** (Entziehen von Sauerstoff) des Schmelzguts.



**Abb. 1.6 — Induktions-Tiegelofen**

Bei dem **Induktions-Tiegelofen** (vgl. hierzu Abb. 1.6) fließt Wechselstrom (Hochfrequenz, Mittelfrequenz oder auch Netzfrequenz) durch eine um das Schmelzgefäß geführte wassergekühlte Kupferschale. Die im Schmelzgefäß erzeugte Induktionswärme bringt dieses sehr schnell zum Schmelzen. Der Induktions-Tiegelofen ist ein Umschmelzofen; er eignet sich besonders zur Herstellung hochlegierter Stähle.



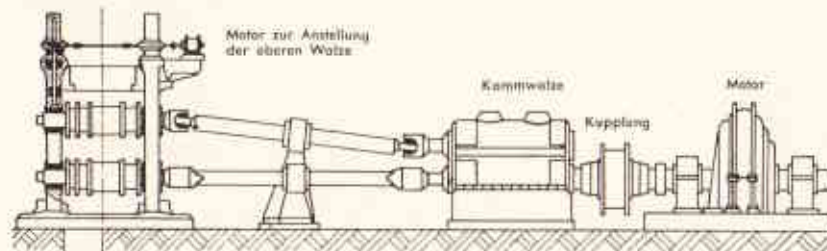
**Abb. 1.7 — Schema einer Stranggußanlage**

Das neu eingeführte **Stranggießen** vereinigt Gießen und Walzen zu einem Arbeitsgang; dabei wird die kostspielige Zwischenstufe des Kokillengusses eingespart (vgl. hierzu Abb. 1.7).

### 1.1.3. Weiterverarbeitung des Stahls durch Walzen, Ziehen und Schmieden

Der auf Kokillen zu Brammen abgegossene Stahl kann nach dem Erstarren bei der Erzeugung von **Halbfabrikaten** oder **Halbzeugen** (Grobblechen, Stahlplatten, Profilstählen, Vorblöcken, Vorbrammen, Knüppeln 40–120 Ø, Platten > 200 br., < 50 stark) nur im warmen Zustand verarbeitet werden. Die Brammen, auch Rohblöcke oder Blöcke genannt, werden dazu in Wärmeöfen auf Walztemperaturen (1000–1200 °C) gebracht. Wärmeöfen sind entweder als Tiefofen zum Einsetzen der Blöcke oder als Stoßöfen zum Durchstoßen der Halbzeuge konstruiert. Der Rohstahl wird beim Warmwalzen sowohl in Fertigerzeugnisse wie auch in **Vormaterial** für das Kaltwalzen, Ziehen, Stanzen und Pressen umgewandelt.

#### 1.1.3.1. Walzverfahren



**Abb. 1.8) — Skizze eines Duo-Umkehr-Walzwerkes**

Die **Formgebung** geschieht auf **Kalandern** (Walzengerüsten) zwischen anstellbaren — Veränderung des Abstandes — Walzen (vgl. hierzu Abb. 1.8). Bei jedem **Stich** (Durchlauf) tritt eine Querschnittsänderung bei gleichzeitiger Streckung ein. Für die Formgebung werden je nach Halbzeug, ob Profil oder Bleche, Kaliber- oder Zylinderwalzen benötigt; dementsprechend werden die Walzwerke **Kaliberwalzwerke** und **Blechwalzwerke** genannt. Die gewünschte Form kann nicht mit einem Stich erreicht werden, sondern es sind dazu mehrere Durchläufe erforderlich. So welsen Kaliberwalzen mehrere Profilirillen auf, in denen der Stahl auf das gewünschte Maß nacheinander heruntergewalzt wird. Der Stahl soll seine endgültige Form möglichst in „einer Hitze“ erhalten, deshalb werden heute meistens mehrere Walzwerkseinheiten zu **Walzenstraßen** (vgl. hierzu Abb. 1.9) zusammengeschaltet. Die einzelnen Gerüste sind durch elektrisch angetriebene **Rollgänge** miteinander verbunden, wobei die Abstände

<sup>1)</sup> Abb. 1.8 und 1.11 aus der Druckschrift „Klöckner-Stahl kalt und warm verformt“.

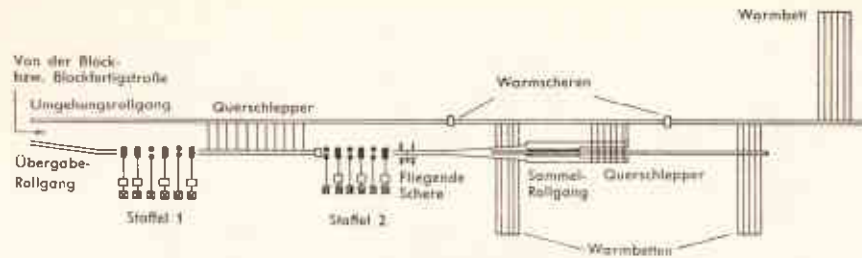


Abb. 1.9 — Neuzeitliche kontinuierliche Halbzeugstraße

wegen der Streckung des Materials immer größer werden. Der Walzvorgang verbessert durch den Walzendruck erheblich die Gefügestruktur des Stahls und führt so zu größerer Festigkeit.

### 1.1.3.2. Ziehen

Ziehen und Schmieden sind die ältesten Bearbeitungsverfahren von Metallen. Das **Ziehverfahren** wurde zur Drahtherstellung angewandt. Angespitzte Stangen lassen sich mit Hilfe von Zieh-düsen (vgl. hierzu Abb. 1.10) stufenweise auf die gewünschten Querschnitte bringen. Der Vorzug dieses Verfahrens liegt in der Maßhaltigkeit des Endproduktes ( $\pm 0,02 \text{ mm}$ ); es wird daher heute maschinell auf Mehrfach-Ziehmaschinen (vgl. hierzu Abb. 1.11) angewandt. Ne-

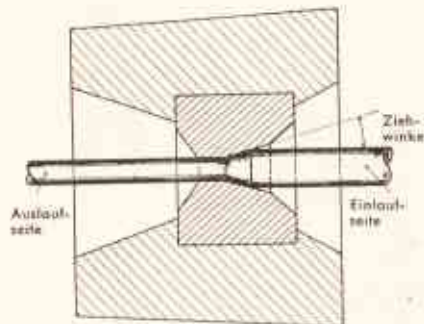


Abb. 1.10 — Zieh-düse

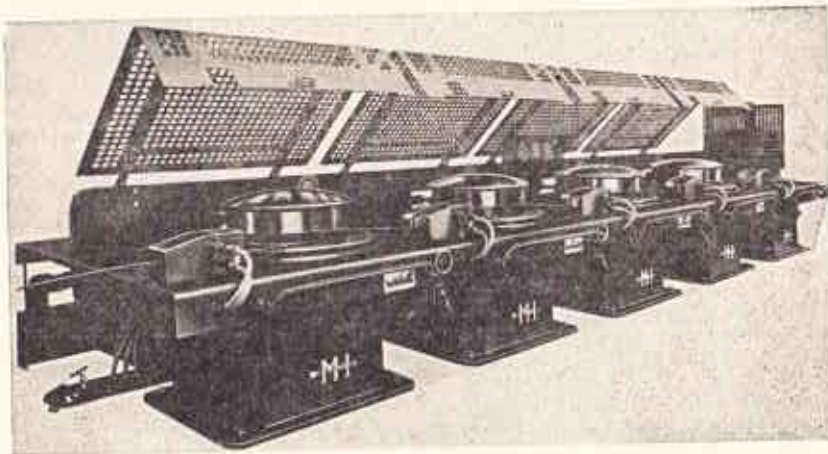


Abb. 1.11 — Mehrfachziehmaschine

ben den Ziehseisen dienen dabei Ziehmatrizen, Widia-Ziehsteine und Diamant-Ziehsteine als Werkzeuge. Auf diese Weise werden fast alle Drahtsorten, von der Klavierrsaite bis zur Baustahlmatte hergestellt sowie Spulen- und Leitungsdrähte gezogen.

### 1.1.4. Normung, Verwendung und Handelsformen

#### 1.1.4.1. Normung

Der Einsatz der Eisen- und Stahlsorten unterscheidet sich durch die unterschiedlichen Eigenschaften wie Zug- und Druckfestigkeit, Härtebarkeit usw. Um in die Vielfalt der Eisen- und Stahlsorten eine gewisse Ordnung zu bringen, hat der Normenausschuß der Deutschen Industrie in den Werkstoffnormen Begriffsbestimmungen festgelegt. Die Güte und Beschaffenheit des Werkstoffs ist in den **DIN-Blättern (Deutsche Industrie Normen)** als Handels- oder Markenbezeichnung enthalten; die Normblätter für Eisen und Stahl haben die Nummern 1600 bis 1699.

Da es nicht leicht ist, zwischen dem „schmiedbaren Eisen“ und dem „Stahl“ eine eindeutige Grenze zu ziehen, hat der Normenausschuß alles **ohne Nachbehandlung schmiedbare Eisen als Stahl** bezeichnet. Die Zusammensetzung des Materials bestimmt nicht nur die Güte, sie beeinflusst auch weitgehend das Gewicht. Die Dichte der verschiedenen Eisen- und Stahlsorten liegt zwischen  $7,1$  und  $7,85 \text{ kg/dm}^3$ . Die **Benennung** des Stahls geschieht laut DIN 17006 nach 3 verschiedenen Gesichtspunkten:

1. Maschinenbau- und Werkzeugstahl, unlegiert,
2. Maschinenbau- und Werkzeugstahl, legiert,
3. Gußwerkstoff (G).

**Zu 1:** Zur Kennzeichnung des Materials dienen Kurzzeichen, wie Ge für Gußeisen, Te für Temperguß, St für Flußstahl und Stg für Stahlguß. Da bei der Markenbezeichnung gleichzeitig auch die **Mindestzugfestigkeit** angegeben ist, ergeben sich Bezeichnungen wie St 34,13 oder Stg 50,81.

**Beispiel:** „Stg 50,81“ Werkstoff Stahlguß; das Material hat eine Mindestzugfestigkeit von  $500 \text{ N/mm}^2$ ; weitere Eigenschaften sind im Normblatt DIN 1681 zu finden.

**Zu 2:** Nach DIN 17 007 sind die Werkstoffe aufgrund ihrer **Werkstoffnummern** zu identifizieren. Diese werden nach folgendem System gebildet:

| Ordnung der Werkstoffnummern |                              |                                                             |                          |                                     |                                           |
|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|
|                              | Hauptgruppennummern          | Sortennummern                                               |                          |                                     | Anhängenzahl für den Zustand (in Dekaden) |
|                              |                              | 2. Stelle größter, 3. Stelle nächstgrößter Legierungszusatz | Zählfziffer              | Varia-tionsziffer                   |                                           |
|                              | 1. Stelle                    |                                                             | 4. Stelle                | 5. Stelle                           | 6. u. 7. Stelle                           |
| 0                            | Roheisen                     | Sonstige                                                    | niedrige Gehalte         | Gußlegierungen                      | z. B. 00-09 unbehandelt                   |
| 1                            | Stahl                        | Kupfer                                                      |                          |                                     | 00 Masseln                                |
| 2                            | Schwermetalle                | Silizium                                                    |                          |                                     | 01 Sandguß                                |
| 3                            | Leichtmetalle                | Magnesium                                                   | mittlere Gehalte         | Luftfahrtwerkst.<br>Knetlegierungen | 10-19 weich                               |
| 4                            | nicht-metallische Werkstoffe | Zink                                                        |                          |                                     | 20-29 kaltverfestigt                      |
| 5                            |                              | Mangan                                                      |                          |                                     |                                           |
| 6                            |                              | Pb, Bi, Ca, Si, Zn                                          | größter Legierungszusatz |                                     | usw.                                      |
| 7                            |                              | Ni, Co                                                      |                          |                                     |                                           |
| 8                            |                              | Ti, B, Be, Zr                                               |                          |                                     |                                           |
| 9                            |                              | Eisen                                                       |                          |                                     |                                           |

Beispiel:

1 1 5 7 3 2 25

Stahl  
Kupfer  
Mangan  
Nickel  
mittlere Gehalte  
Gußlegierung  
kaltverfestigt

**Zu 3:** Die Kurzzeichen stellen eine **Gewährleistungsziffer** nach folgender Zusammensetzung dar.

|           |                                                                                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Stelle | Gußstahl G, Thomasstahl T,                                                       |
| 2. Stelle | Werkstoff (S für Stahl, G für Grauguß, T für Temperguß, C für Kohlenstoffstahl), |
| —         | Bindestrich                                                                      |
| 3. Stelle | Mindestzugfestigkeit                                                             |

Beispiel: GS — 500  
Gußstahl — Mindestzugfestigkeit 500 N/mm<sup>2</sup>

### 1.1.4.2. Verwendung von Eisen und Stahl

Allgemein wird zwischen Baustählen und Werkzeugstählen unterschieden. **Baustähle** werden nicht nur für allgemeine Bauzwecke, sondern auch zum Bau von Maschinen, Vorrichtungen, Fahrzeugen usw. verwendet. Die **Werkzeugstähle** dienen demgegenüber als Werkzeuge zur Formgebung, Trennung und Zerkleinerung der verschiedensten Stoffe und auch als Allgemeinwerkzeuge, wie Hämmer, Meißel, Sägen, Schraubenzieher usw. Das Material für Schraubenzieher und Schraubenschlüssel kann auch legierter Stahl (z. B. Chrom-Vanadium) sein. Bei einer Metallsäge bestehen Bügel, Schrauben und Muttern aus Flußstahl, die Metallsägeblätter sind dagegen aus Tiegelstahl gefertigt.

Beim Bau von **oberirdischen Fernmeldelinien** werden vorwiegend unlegierte Flußstahlerzeugnisse verwendet: Querträger aus U-Eisen, Stützen in verschiedenen Ausführungen, Ankerschellen, Bolzen, Ziehbänder, Spannschlösser u. a. m.

### 1.1.4.3. Handelsformen

Die Werkstoffe, die zur Herstellung von Stahlkonstruktionen, Maschinen, Fahrzeugen, Motoren usw. verwendet werden, kommen in bestimmten Handelsformen, wie **Stabstähle**, **Bleche**, **Rohre** u. a. m., in den Handel und werden nach Halbzeugen und Fertigerzeugnissen unterschieden. Halbzeuge sind Stahlblöcke von 100 bis 10 000 kg, Brammen (flache Blöcke), Knüppel (Stangenform von 15 bis 100 mm  $\phi$ ) und **Plattinen** (große Platten). Die wichtigsten Fertigerzeugnisse sind die **Stabstähle** und die **Formstähle** (vgl. hierzu Abb. 1.12).

**Stabstähle:** ○ Rund-, □ Vierkant-, ⬡ Sechskant-, ⊖ Halbrund-, □ Flach-, ▭ Breitflach- — Bandstahl u. a.

**Formstähle:** ⊔ Winkelstahl, □ U-Stahl, ⊥ I-Stahl, ⊏ Doppel-T-Stahl, ⊏ Z-Stahl.

Abb. 1.12 — Stab- und Formstähle

Zu den Fertigerzeugnissen rechnen weiter:

a) **Drähte:** gewalzt und gezogen.

b) **Bleche:** Schwarz-, Riffel-, Wellbleche, dekapierte (entzunderte), gelochte, verzinkte und verzinnzte Bleche (Weißbleche). In der Stärke der Bleche wird unterschieden: bis 3 mm = fein, 3 bis 4,75 mm = mittel, 5,0 und darüber = grob.

- c) **Rohre:** stumpfgeschweißte, überlapptgeschweißte und nahtlose Rohre.
- d) **Kleinzeug:** Nieten, Schrauben, Nägel, Ketten usw.
- e) **Eisenbahnbaumaterial:** Schienen, Schwellen, Laschen usw.

### 1.1.5. Dynamobleche und Magnetstähle

In der Elektrotechnik werden an magnetisierbare Werkstoffe zwei entgegengesetzte Anforderungen gestellt. Für elektrische Maschinen, Hubmagnete, Transformatoren, Relais u. ä. wird **weichmagnetischer** Werkstoff mit hoher Flußdichte benötigt. Das Material muß sich leicht magnetisieren und entmagnetisieren lassen, d. h., es darf nur eine **geringe Koerzitivfeldstärke** besitzen. Dauermagnete in Meßwerken, Fernhörern, Wechselstromweckern, polarisierten Relais u. ä. sind aus **hartmagnetischem** Werkstoff. Das Material darf sich im normalen Betrieb nicht entmagnetisieren, d. h., es muß eine **hohe Koerzitivfeldstärke** haben.

#### 1.1.5.1. Weichmagnetische Werkstoffe

Als **weichmagnetische Werkstoffe** werden Reineisenbleche, Siliziumbleche, Eisen-Nickel-Legierungen und Ferrite verwendet. Der Silizium-Zusatz (bis zu 4,5 % Si) erhöht den spezifischen Widerstand zur Herabsetzung der Wirbelstromverluste. Eisen-Nickel-Legierungen und Ferrite haben **ausgeprägt rechteckige Hystereseschleifen** (vgl. hierzu Abb. 1.13). Sie werden bei Bauteilen der Steuerungs- und Regelungstechnik und in der Fernmeldetechnik (Ferritkerne, Ferreedkontakte) gebraucht.

**Kaltgewalzte und kornorientierte Elektroleche** haben gegenüber warmgewalzten Elektrolechen den Vorteil **geringerer Ummagnetisierungsverluste**,  $V_{10} = 0,4 \text{ W/kg}$  gegenüber  $1 \text{ W/kg}$  ( $V_{10}$  bedeutet: Verlustleistung bei 1 Tesla und 50 Hz).

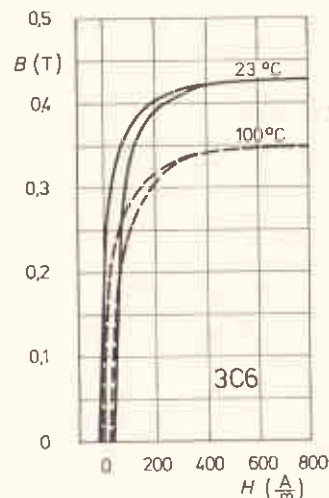


Abb. 1.13 — Hystereseschleife eines Transformator-korns für den Zeilentransformator eines Fernsehgerätes

Philips-Valvo)

**Ferrite bestehen aus einer Mischung von Metalloxiden mit Eisenoxid** (vgl. hierzu Abb. 1.14.). Durch Sinterung entsteht daraus ein keramischer Werkstoff. Der Vorteil der Ferrite liegt in dem hohen Widerstand (etwa  $10^{10}$  mal so hoch wie bei Metallen).



Abb. 1.14 — Ferrite als Schalenkerne  
(Werkfoto Siemens AG)

Weichmagnetische Ferrite gibt es vorwiegend in den Zusammensetzungen  $\text{MnO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{NiO}$ .  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Ferrite lassen sich nach der Sinterung nur durch Schleifen bearbeiten. Sie werden daher bei der Sinterung gleich ihrem Verwendungszweck entsprechend gepreßt.

#### 1.1.5.2. Hartmagnetische Werkstoffe

Als **Hartmagnetische Werkstoffe** kommen vorwiegend Al Ni- und Al Ni Co-Legierungen in Betracht. Diese Legierungen lassen sich nicht walzen, sondern nur gießen und sintern. **Hartmagnetische Ferrite**, auch Oxidmagnete genannt, sind Bariumferrite ( $\text{BaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), die nicht gesintert, sondern mit Gummi oder Kunststoff „gebunden“, d. h. geklebt werden. Sie sind daher stoßempfindlich.

### 1.2. Nichteisenmetalle

Die Anforderungen, die von der Technik an die Werkstoffe gestellt werden, können nicht von Eisen und Stahl allein erfüllt werden, weil sie für manche Anwendungsgebiete, z. B. ein zu hohes Gewicht (Flugzeugbau), zu geringen Korrosionswiderstand (Bautenschutz) oder einen zu großen spez. elektr. Widerstand (Leitungsbau) haben. Es werden deshalb auch **Nichteisenmetalle (NE-Metalle)** und ihre Legierungen verwendet.

#### 1.2.1. Kupfer

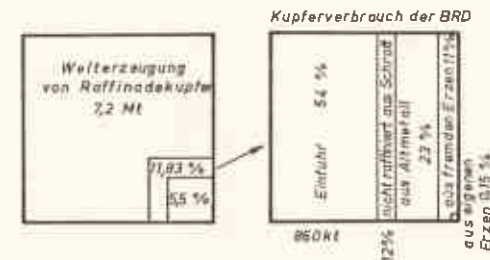
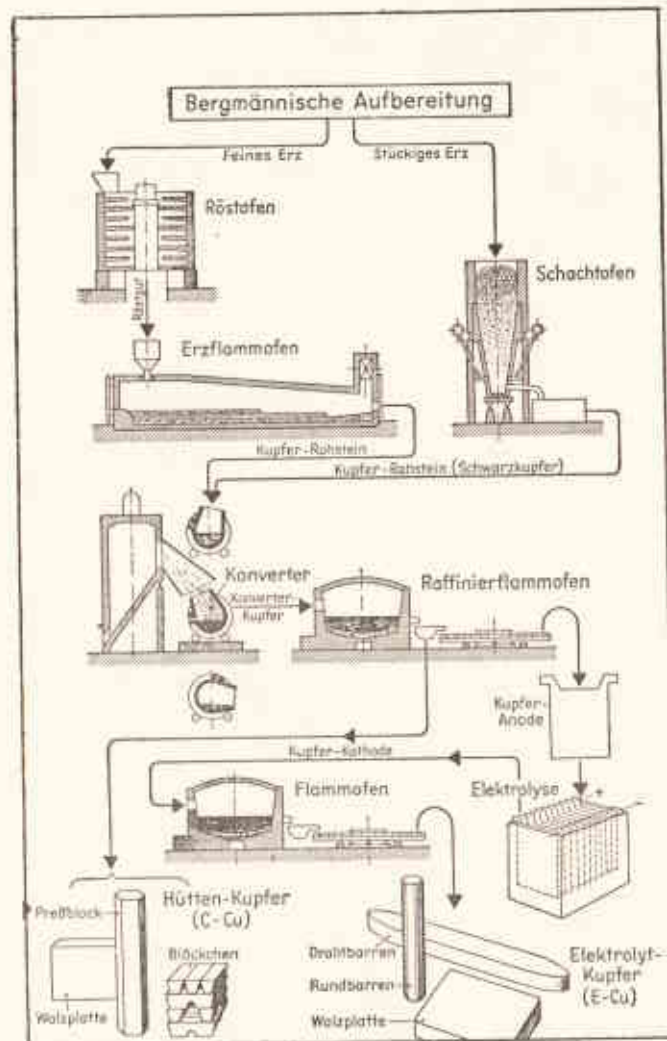


Abb. 1.15 — Kupferverbrauch (Stand 1969<sup>1)</sup>)

<sup>1)</sup> Nach Metallstatistik der „Metallgesellschaft AG“, Frankfurt a. M.

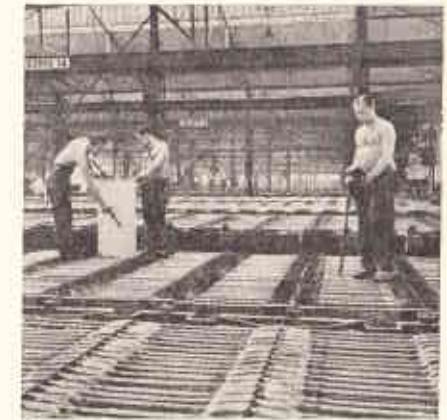
**Kupfer** ist als Leitungsmaterial für die Elektrotechnik bisher unersetzlich. Daneben spielen seine Legierungen in der ganzen industriellen Fertigung eine große Rolle (vgl. hierzu Abb. 1.15.).



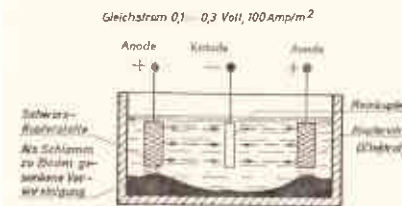
(Deutsches Kupfer-Institut)

**Abb. 1.16 — Kupfergewinnung**

**Hütten- und Schwarzkupfer** hat einen Kupfergehalt von 99,0 bis 99,8% (vgl. hierzu Abb. 1.16). Reines Kupfer wird aus dem Schwarzkupfer durch **Raffinieren** (Reinigen) oder auf elektrolytischem Wege gewonnen. Abb. 1.17 zeigt eine Anlage zur Herstellung von **Elektrolytkupfer**. Das zu Platten gegossene Schwarzkupfer wird in eine Lösung von Kupfervitriol und Schwefelsäure gebracht. Zwischen je zwei Schwarzkupferplatten wird ein dünnes Blech aus reinem Kupfer aufgehängt. Der Pluspol einer Gleichstromquelle liegt an den Schwarzkupferplatten (Anode), der Minuspol an dem Kupferblech (Kathode). Der elektrische Strom löst nun das Schwarzkupfer auf und scheidet es als chemisch reines Kupfer (Elektrolytkupfer 99,98 Prozent) auf dem Kupferblech ab, während die Verunreinigungen (Beimengungen) als Anodenschlamm zu Boden sinken (vgl. hierzu Abb. 1.18).



**Abb. 1.17 — Elektrolysehalle**



**Abb. 1.18 — Elektrolyse**

Der Anodenschlamm wird oft noch weiterverarbeitet, weil er geringe Mengen Gold und Silber enthält. Als Elektrolytkupfer kann jedes Kupfer bezeichnet werden, das die entsprechende Reinheit besitzt, auch wenn es nicht auf elektrolytischem Wege hergestellt worden ist.

Kupfer (Cu) hat eine Dichte von 8,9 kg/dm<sup>3</sup> und einen Schmelzpunkt von 1070 bis 1093 °C (je reiner das Kupfer, um so höher der Schmelzpunkt).

### 1.2.1.1. Kupferlegierungen

Kupfer nimmt in geschmolzenem Zustand Luft auf und gibt sie beim Erkalten wieder ab. Deshalb kann Kupfer nicht durch Gießen weiterverarbeitet werden; der Guß würde blasig werden. Um aber Eigenschaften wie Schmelzbarkeit, Gießbarkeit und auch gleichzeitig eine gewisse Härte und Zähigkeit zu erzielen, legiert man das Kupfer mit anderen Metallen. Die Bezeichnung dieser Legierungen richtet sich nach dem Kupfergehalt und den Anteilen der beigemengten anderen Metalle.

### 1.2.1.1.1. Messing

**Messing** ist die am meisten verwendete Kupferlegierung. Der Kupfergehalt soll mindestens 50% betragen. Der verbleibende Rest ist fast ausschließlich Zink (1 bis 3% Blei werden zur besseren Zerspanbarkeit zugesetzt). Messing mit mehr als 70% Kupfer wird auch **Tombak** genannt.

Messing läßt sich gut zerspanen. Je nach Verwendung der Werkzeuge sind Schnittgeschwindigkeiten von 70 bis 500 m/min möglich. Die Spanwinkel der Werkzeuge sollen je nach Härte und Zusammensetzung des zu bearbeitenden Messings 0 bis 15° betragen. Die Kaltverformbarkeit von Messing ist um so besser, je höher der Kupfergehalt ist.

### 1.2.1.1.2. Bronze

**Bronze** ist eine Legierung, die außer 60 bis 98% Kupfer einen oder mehrere Legierungszusätze enthält. Zu unterscheiden sind hier:

- a) **Guß-Zinnbronze** mit 87 bis 89% Kupfer und 11 bis 13% Zinn.
- b) **Walzbronze** mit 93 bis 95% Kupfer und 5 bis 7% Zinn.
- c) **Aluminiumbronze** mit 90 bis 92% Kupfer und 8 bis 10% Aluminium.
- d) **Guß-Zinn-Blei-Bronze** mit 74 bis 81% Kupfer, 6 bis 8% Zinn und 13 bis 18% Blei.
- e) **Leitungsbronze** ist eine Legierung, die überwiegend aus reinem Kupfer besteht. Das Leitungsmaterial in der Fernmeldetechnik soll eine hohe Festigkeit haben, wobei aber auch die Leitfähigkeit möglichst hoch sein soll. Deshalb wird Leitungsbronze aus 97 bis 99,9% Kupfer und nur geringen Anteilen an Zinn, Magnesium, Silizium oder Cadmium hergestellt. Zwei Beispiele sollen die verschiedenen Eigenschaften zweier voneinander abweichender Legierungsarten aufzeigen:

1. **Leitungsbronze, 1,5 mm Durchmesser**, besteht aus 99,2% Kupfer und 0,8% Magnesium. Die Zugfestigkeit be-

trägt 600 N/mm<sup>2</sup>, die Leitfähigkeit  $\kappa = 36 \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2}$ .

2. **Leitungsbronze, 2 mm Durchmesser**, besteht aus 97,6% Kupfer und 2,4 % Zinn. Die Zugfestigkeit beträgt 700

N/mm<sup>2</sup>, die Leitfähigkeit  $\kappa = 19 \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2}$ .

f) **Rotguß** ist eine Legierung aus 85 bis 87% Kupfer, 9 bis 11% Zinn und 3 bis 5% Zink. Manchmal wird auch etwas Blei zugesetzt. Eine solche Legierung wird auch als **Mehrstoffbronze** bezeichnet. Rotguß ist gut gießbar und eignet sich wegen seiner guten Gleiteigenschaften besonders für Lager und Schneckenräder.

### 1.2.1.1.3. Neusilber

**Neusilber** ist eine Kupferlegierung, die durch einen verhältnismäßig geringen **Nickelzusatz** silberweiß gefärbt wird.

Es enthält 40 bis 70% Kupfer, 20 bis 45 % Zink und 10 bis 30% Nickel. Je höher der Kupfergehalt ist, desto besser läßt sich Neusilber kalt verformen. Steigen der Nickelgehalt erhöht die Korrosionsbeständigkeit. Neusilber wird für die Herstellung von Reißzeugen, Eßbestecken, für feinmechanische Geräte, Uhren u. a. m. verwendet.

### 1.2.1.1.4. Lote

Weitere Kupferlegierungen sind die **Lote**. Sie werden zum Löten von Kupferlegierungen und Stahl verwendet.

Da der Schmelzpunkt der zu lötenden Metalle nicht gleich ist (Kupfer 1080 °C, Bronze 900 °C, Messing 1000 °C), muß der Schmelzpunkt des Lotes auf das jeweilige Metall abgestimmt sein (Arbeitstemperatur des Lotes). Es wird unterschieden nach **Messinglot** und **Silberlot**. Das Messinglot hat eine Arbeitstemperatur von mindestens 910 °C und eine Zusammensetzung von 62 bis 64% Kupfer, mindestens 35% Zink und 0,2 bis 0,4% Silizium. Das Silberlot hat eine Arbeitstemperatur von mindestens 780 °C, es besteht aus 24 bis 26% Silber, bis zu 43% Kupfer, und der Rest ist dann Zink.

### 1.2.1.2. Normung, Verwendung und Handelsformen

Die Eigenschaften von Kupfer handelsüblicher Reinheit sind im DIN-Blatt 1787 festgelegt, die von Kupferknetlegierungen wie Messing, Bronze usw. in DIN 17660—17666.

Knetlegierungen ändern ihre Stoffeigenschaften wie Zugfestigkeit durch den Bearbeitungsvorgang z. B. beim Ziehen.

Kupfer wird zur Herstellung von Feuerbüchsen, Heiz- und Kühlschlangen, Dachbedeckungen, Kunstgegenständen, Lötkolben und elektrischen Leitungen verwendet. Trotz seiner geringen Festigkeit ist Kupfer sehr wetterbeständig. In feuchter Luft überzieht es sich mit einer dünnen Oxidschicht, der grünen **Patina**. Diese Schutzschicht hat den Vorteil, daß sie das Metall vor weiterer Oxydation bewahrt. Kupfer ist verhältnismäßig widerstandsfähig gegen Feuer; es läßt sich löten und schweißen, ist im kalten und im warmen Zustand dehnbar und elastisch, es läßt sich pressen, ziehen und walzen. Das gleiche gilt auch für die Kupferlegierungen.

Das Kupfer wird in Platten oder Bleche gegossen. Bei einer Temperatur von 800 bis 900 °C kann es dann gewalzt oder auf Stangenpressen zu Stangen, Profilen oder nahtlosen Rohren vorgepreßt werden. Die Weiterverarbeitung geschieht meist auf kaltem Wege.

Die große Bedeutung des Kupfers für die Elektrotechnik liegt darin, daß es neben Silber den **geringsten spezifischen Widerstand** aufweist. Das gilt jedoch nur für Elektrolytkupfer, denn schon die geringste Verunreinigung beeinträchtigt seine Leitfähigkeit.

In der Fernmeldetechnik findet das Kupfer vielseitige Verwendung, z. B. als Verdrahtung in allen fernmeldetechnischen Apparaten, als Wicklungsdraht in Spulen und Relais, als Werkstoff für Schalter, Kabeladern (vgl. hierzu Abb. 1.19), Litzen und Leitungsdraht, als Starkstromschielen in Stromversorgungsanlagen u. a. m. Kupfer hat eine hohe **Wärmeleitfähigkeit**. Es wird deshalb als Werkstoff für Lötkolbenspitzen verwendet.

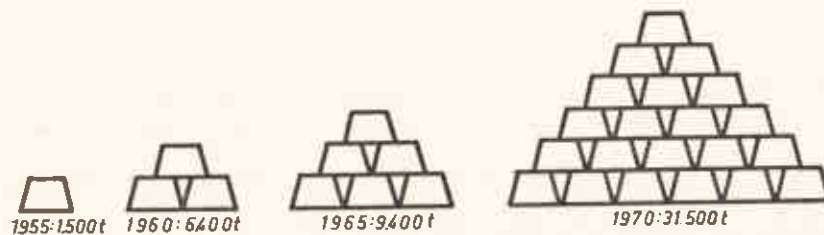


Abb. 1.19 — Kupferverbrauch für Ortskabel

Wenn neben hoher Leitfähigkeit, d. h. geringem elektrischem Energieverlust, auch noch größtmögliche mechanische Haltbarkeit und Betriebssicherheit verlangt werden muß, finden vorzugsweise Kupferlegierungen Verwendung: in der Fernmeldetechnik bei Wählern für Schaltarm- und Kontaktfedersätze, Relais mit den verschiedenartigen Kontaktfedern, Sicherungstreifen, Klemmen, Schrauben u. v. a. m.

Die Adern der **Innenkabel** (Systemkabel und AtOk) bestehen aus ge-  
glühtem, weichgezogenem Kupferdraht von 0,4 bis 1,0 mm Durchmesser. **Freileitungsdrähte** werden dagegen wegen der zu fordernden höheren Zugfestigkeit aus einer Kupferlegierung („Leitungsbronze“ siehe unter 1.2.1.1.2) hergestellt. Die Drähte werden in kaltem Zustand durch Ziehisen hart gezogen (vgl. hierzu Abschn. 1.1.3.2, Ziehen).

Kupfer kommt in Drahtbarren, Stangen und Knüppeln auf den Markt. Aus diesem Vormaterial werden Halbzeuge wie Drähte, Bänder, Bleche, Rohre und Profilstäbe gewalzt, gezogen oder stranggepreßt.

## 1.2.2. Zinn

Der Schmelzpunkt von **Zinn (Sn)** liegt bei 232 °C, die Dichte ist 7,3 kg/dm³. Dieses Metall läßt sich gut auswalzen.

Vor der Einschmelzung wird das Zinnerz durch Waschen von fremden Bestandteilen, u. a. auch von leichteren Gesteinsarten gereinigt. Der Reinigungsvorgang wird deshalb auch nasse Aufbereitung genannt. Anschließendes Rösten in Schacht- oder Flammöfen und nachfolgendes Glühen in Kohle ergibt **Rohzinn** mit einem Zinngehalt von etwa 97%. Durch nochmaliges Rösten und Umschmelzen, Saigern, entsteht **Reinzinn**, das etwa 99,7% Zinn enthält. Zinn besitzt eine silberweiße Farbe.

Zinn findet Verwendung als Schutzüberzug für andere Metalle. Weißblech z. B. ist Eisenblech, das im Tauchverfahren oder auf elektrolytischem Wege mit einem Zinnüberzug versehen wurde, um es vor atmosphärischer und anderer chemischer Beanspruchung zu schützen. Blättchen aus Zinn, **Stanniol** (Zinnfolie), werden zum Verpacken von Nahrungs- und Genußmitteln verwendet. Weiter werden aus Zinn Tuben für Pasten aller Art gefertigt.

Heute werden solche Folien und Tuben meistens aus Aluminium hergestellt, aber dennoch fälschlicherweise oft als Stanniol bezeichnet.

In weitaus größerem Umfang findet das Zinn als Legierungsmetall Verwendung. Die bekannteste Zinnverbindung ist die **Bronze** (vgl. hierzu Abschn. 1.2.1.1.2). Als ausgesprochene Zinnlegierung ist das **Weißmetall** (Zinnlagermetall) anzusehen, das bis zu 90% Zinn enthält und, mit Antimon, Blei und Kupfer verarbeitet, sehr hohen Anforderungen an Gleiteigenschaften und Belastungen genügt.

Die wichtigsten Zinnlegierungen sind die **Lote**. Ihr Schmelzpunkt liegt je nach Zusammensetzung zwischen 180 °C und 240 °C. Sie enthalten 12 bis 90% Zinn, der Rest ist Blei, Antimon, Wismut oder Kadmi-  
um:

1. **Stangenlötzinn** enthält etwa 60% Blei und 40% Zinn,
2. **Röhrenlötzinn** etwa 50% Blei und 50% Zinn (im Inneren der Röhre ist Kolophonium als Flußmittel).

Die Schmelzpunkte der Lote liegen je nach ihrer Zusammensetzung zwischen 60 und 300 °C. Einen sehr niedrigen Schmelzpunkt (Arbeitstemperatur) hat die unter dem Namen **Woodsches Metall** bekannte Legierung von 25% Blei, 50% Wismut, 12,5% Zinn und 12,5% Kadmi-  
um. Dieses Metall wird zur Herstellung von **Rücklöt-sicherungen** verwendet.

## 1.2.3. Zink

Reines **Zink (Zn)** ist ein bläulichweiß glänzendes Metall, im Bruch grobblättrig und in kaltem Zustand sehr spröde. Bei einer Arbeitstemperatur von 100 bis 150 °C läßt sich Zink gut pressen, walzen und

ziehen; in trockener Luft ist es beständig. Das in feuchter Luft enthaltene Kohlensäuregas greift das Zink jedoch an, die sich dabei bildende Oxidschicht verhindert eine weitere Zerstörung des Metalls. Zink hat einen Schmelzpunkt von 419 °C und eine Dichte von 7,1 kg/dm<sup>3</sup>.

Die wichtigsten zur Verarbeitung gelangenden Zinkerze sind:

1. **Zinkblende**, eine Zink-Schwefel-Verbindung mit rund 67% Zinkgehalt;
2. **Zinkspat**, auch **Galmei** genannt; eine Mischung von Zink und Kohlensäure mit etwa 52% Zinkgehalt und
3. **Kieselzinkerz**, eine nicht sehr ergiebige Zink-Silizium-Sauerstoff-Verbindung.

Das durch Destillationsvorgang gewonnene **Rohzink** hat einen Zinkgehalt von 97,5%. Durch Umschmelzen im Flammofen wird **Raffinadezink** mit etwa 99% Zinkgehalt gewonnen, durch nochmaliges Destillieren **Feinzink** mit 99,99% Zinkgehalt. Feinzink kann auch auf elektrolytischem Weg raffiniert werden.

In Form von Blechen dient Zink zu Bedachungen, zum Bekleiden von Gesimsen und Fensterleisten, zu Dachrinnen und Regenabfallrohren. Weiter wird Zink zur Herstellung von Beleuchtungskörpern, Reißverschlüssen, Schmuckwaren, Baubeschlägen und Tuben verwandt sowie in der Fahrzeugindustrie, der optischen und feinmechanischen Industrie (**Zinkspritzguß**), z. B. für Büromaschinen und Gehäuse- und Geräteteile der Elektrotechnik u. a. m. benutzt.

In der Fernmeldetechnik wird reines Zink zur Herstellung von galvanischen Elementen (Anodenbatterien, Trockenelemente) verwendet. Im Fernmeldebaudienst findet Zink als Schutzüberzug (**Feuerverzinkung**) bei Tragseilen, Bandseilen, Drahtseilklemmen, Kauschen, Spannschlössern, Schmutzfängern für Kabelschächte usw. Anwendung.

Zink hat ferner Bedeutung als Legierungsbestandteil in Messing, Rotguß, Neusilber und in den Loten. In der Metallindustrie wird die **Zinkwalzlegierung** mit 4 bis 12% Aluminium und geringen Mengen von Kupfer und Magnesium häufig anstelle von Messing verwendet. Außerdem werden aus den **Zinkdruckgußlegierungen** Werkstücke mit großer Genauigkeit ( $\pm 0,02$  mm) und hoher Oberflächengüte hergestellt.

#### 1.2.4. Blei

Die Verarbeitung des **Bleiglanzes** zu Blei ist der Kupfergewinnung ähnlich. Zunächst wird das schwefelhaltige Bleierz im Flammofen geröstet. Dabei erfolgt bei 114 °C die Entschwefelung (die Schwefeldämpfe sind Ausgangspunkt für die Schwefelsäureherstellung). Nachfolgendes Schmelzen (327 °C) im kleinen Schachtofen unter Verwendung von Kohle ergibt **Rohblei**, auch **Werkblei** genannt. Rohblei enthält noch Beimengungen von Arsen, Antimon, Kupfer,

Eisen und Silber. Durch mehrfaches Umschmelzen (Saigern) werden die Beimengungen beseitigt, übrig bleibt das **Raffinade- oder Weichblei** mit einem Reinheitsgrad von 99,9%. Vollkommen reines Blei (99,9%) wird auch auf elektrolytischem Wege als **Elektrolytblei** gewonnen. Der Vorgang ist ähnlich der Elektrolytkupfergewinnung, nur daß hier **Bleisalze** als Elektrolytbestandteil verwendet werden müssen.

**Blei (Pb)** hat eine Dichte von 11,3 kg/dm<sup>3</sup>, sein Schmelzpunkt liegt bei 327 °C.

Die bei der Weichbleigewinnung durch Oxydation entzogenen Antimon- und Arsenbeimengungen verleihen dem Blei eine gewisse Härte. Da diese Härte für bestimmte Verwendungszwecke des Bleis erwünscht ist, kommt außer dem Weichblei auch Hartblei in den Handel. **Hüttenhartblei** besteht aus 87% Blei und 13% Antimon. Bei stark silberhaltigem Bleiglanz (1 bis 2% Silber) wird das Silber entweder durch Elektrolyse oder in einem besonderen Schmelzherd (Treibherd) ausgeschieden.

Blei hat eine bläulichgraue Farbe. Die Schnittfläche ist stark glänzend, wird aber an der Luft schnell matt. Blei ist zwar schwer, aber weich und läßt sich daher mit dem Messer schneiden, ja sogar mit dem Feingernagel ritzen.

An der Luft überzieht sich das Blei mit einer dünnen, grauen Oxidschicht, die es vor weiterer Oxydation schützt. **Blei und seine Verbindungen sind sehr giftig.** Aus diesem Grunde dürfen nach dem Gesetz für den menschlichen Gebrauch bestimmte Geräte und Apparate nicht mehr als 10% Blei enthalten. Nicht nur die Luft, sondern auch die im Quellwasser befindlichen Salze verursachen eine Oxydierung der Bleioberfläche. Deshalb können Bleirohre als Trinkwasserleitungen ohne Bedenken verwendet werden. Regenwasser und destilliertes Wasser hingegen lösen Blei auf. Blei wird wegen seiner hohen Beständigkeit gegen Luft und Säuren (Ausnahmen sind Salpeter-, Essig- und heiße Schwefelsäure) in der chemischen Industrie für Gefäße, Siedepfannen usw. verwendet, die entweder ganz aus Blei oder mit Blei ausgeschlagen sind.

Wegen seiner Korrosionsfestigkeit wird das Blei in der Fernmeldetechnik zur Herstellung von **Kabelmänteln** und **Kabelmuffen** verwendet. Die Platten des bei der DBP sehr viel verwendeten **Bleisammlers** sind eine Legierung aus Blei, Zink und Antimon.

Bei den in großem Umfang verwendeten **Weichloten** handelt es sich gleichfalls um Blei-Zinn-Legierungen. Blei dient weiterhin zur Herstellung von Bleimennige (Rostschutzfarbe), Bleiweiß, Bleiglätte und optischen Gläsern.

**Beim Umgang mit Blei ist Vorsicht geboten! Nach Bleiarbeiten sind die Hände gut zu reinigen, um die Aufnahme von Bleistaub mit Nahrungsmitteln zu verhindern! Bleivergiftung führt in leichten Fällen zu Zahnausfall, in schweren Fällen zu Gehirnschädigungen! Daher werden Kabellöter durch die Gesundheitsbehörden überwacht.**

### 1.2.5. Leichtmetalle

Als **Leichtmetalle** werden Metalle mit einer Dichte  $< 3,5 \text{ kg/dm}^3$  bezeichnet, das sind u. a. die Alkali-, Erdalkali- und Erdmetalle. Sie treten als farblose, schwer schmelzbare Metalloxide unter dem Namen Erden auf. Zu den hauptsächlich verwendeten zählen Aluminium und Magnesium. Auch Titan wird noch dem Leichtmetall zugeordnet, obwohl seine Dichte bei  $4,43 \text{ kg/dm}^3$  liegt. Es findet wegen seiner hohen Festigkeit, die der von Stahl gleichkommt, im Flugzeugbau für den Überschallbereich Verwendung. Die übrigen Leichtmetalle dienen vorwiegend als Legierungszusätze, besonders Beryllium. Andere Leichtmetalle wie Silizium und Germanium sind unter dem Sammelbegriff **Halbmetalle** zusammengefaßt.

#### 1.2.5.1. Aluminium

Der Schmelzpunkt des **Aluminiums (Al)** ist  $658^\circ\text{C}$ , seine Dichte  $2,7 \text{ kg/dm}^3$ , und darin liegt ein besonderer Vorzug. Hinzu kommen noch der niedrige Preis und die hohe Korrosionsbeständigkeit. Außerdem zeichnet es sich aus durch leichte und billige Formgebungsmöglichkeiten in der spanlosen und spanabhebenden Verarbeitung, die Fähigkeit zur Veredelung und Oberflächenhärtung (Legierungen).

In rein metallischem Zustand kommt Aluminium in der Natur nicht vor. In Form von Verbindungen mit Sauerstoff, Kieselsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure ist es jedoch in großen Mengen vorhanden. Die Ausgangsstoffe für die Aluminiumgewinnung sind die nach ihrer ersten Fundstätte in Beaux (Südfrankreich) benannten Bauxite, die sich aus 55 bis 65% Tonerde, 28% Eisenoxid, 12 bis 30% Wasser und bis zu 4% Kieselsäure zusammensetzen. Der wichtigste Bestandteil ist die Tonerde, die etwa 8% der Erdkruste ausmacht.

Die **Aluminiumgewinnung** geht in 2 Abschnitten vor sich:

1. Dem **Bauxit** wird nach dem **Bayer-Verfahren** das chemisch gebundene Wasser entzogen (vgl. hierzu Abb. 1.20). Das anschließend zerkleinerte und in der Kugelmühle pulverisierte Bauxit wird dann in einem Mischgefäß mit konzentrierter Natronlauge versetzt. In einem Druckgefäß entwickelt sich daraus bei 7 atü Druck unter  $150\text{--}180^\circ\text{C}$  Temperatur Natrium-Aluminatlösung, die sich unter Rühren in Tonerdehydrat und Natronlauge zerlegt. Die Natronlauge wird durch Filtern zurückgewonnen und dem Betrieb wieder zugeführt.

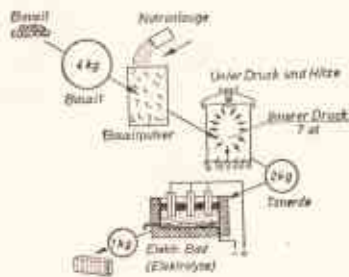


Abb. 1.20 — Aluminiumgewinnung

2. Der Tonerde wird in einem Drehrohrföfen das Wasser und auf elektrolytischem Wege der Sauerstoff (Reduktion des Aluminiumoxids) entzogen. Die zur Schmelzflusselektrolyse verwendeten Elektrolyseöfen sind kohleverklei-

dete Tröge. Die Kohle dient gleichzeitig als Katode (Minuspol); auch die Anoden (Pluspol) sind Kohleelektroden. Zur Herabsetzung des Schmelzpunktes auf  $900\text{--}950^\circ\text{C}$  wird der Tonerde Natrium oder Aluminiumfluorid beigelegt. Das abgeschiedene Aluminium sammelt sich auf dem Boden der Öfen zum Abstich, während der freiwerdende Sauerstoff mit Elektroden Verbindungen zu Kohlenmonoxid und Kohlendioxid eingeht.

Zur Herstellung von einer Tonne Aluminium aus zwei Tonnen Tonerde werden vier Tonnen Bauxit benötigt. Der Strombedarf beträgt hierfür bei 120 Arbeitsstunden  $18\,000 \text{ kWh}$ . Die Betriebsspannung im Ofen beträgt 5 bis 6 Volt bei einer Stromstärke von  $30\,000$  bis  $50\,000$  Ampere. Wegen des hohen Strombedarfs stehen Aluminiumhütten nur dort, wo billiger elektrischer Strom in der Nähe ist, nämlich in der Nähe von Wasserkraftwerken und Braunkohlenrevieren. Das aus der Elektrolyse gewonnene Rohaluminium wird in Flammöfen oder elektrisch beheizten Öfen umgeschmolzen und dann in die handelsüblichen Formen (Barren, Platten, Masseln oder gekerbte Blöckchen) gegossen.

In der **Elektrotechnik** (auch Fernmeldetechnik) haben Aluminium und seine Legierungen als Freileitungen, Blitzableiter, Sammelschienen, Magnetspulen, Kondensatoren und Läufervicklungen, Ventilatorflügel, Schaltkästen, Gehäuse aller Art u. a. m. große Bedeutung.

Die **Leitfähigkeit** von Aluminium  $\left( \kappa = 33 \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2} \right)$  beträgt etwa 60%

der Leitfähigkeit des Kupfers. Wird eine Kupferwicklung unter Beibehaltung der Abmessung durch Aluminium ersetzt, so tritt eine Leistungsminderung von rund 20% ein. Bei gleicher Leistung beträgt der Mehrbedarf an Raum und Eisengewicht 26%.

Beim **Elektrolytkondensator** wird anodisch oxydiertes Aluminiumband hoher Reinheit (mindestens Al 99,85) als Anode geschaltet. Die Oxidschicht beträgt  $0,8 \mu\text{m}$ . Durch elektrische Aufrauungsverfahren ist eine 10fache Oberflächenvergrößerung möglich. Die Dicke der Oxidschicht beträgt bei Drähten und Bändern bis zu 1 mm bei einer Belastung mit  $30\text{--}40 \text{ V}$  und über 1 mm bei  $50\text{--}280 \text{ V}$ . Die **Durchschlagsspannung** nicht biegebeanspruchter Teile ist etwa  $1000 \text{ V}/50 \mu\text{m}$ . Die **Wärmebelastbarkeit** für Aluminium ist mit  $29 \text{ W/dm}^2$  höher als bei Kupfer ( $24 \text{ W/dm}^2$ ). Die Gewichtsersparnis beträgt 58%.

Aluminium und seine Legierungen lassen sich galvanisieren, in allen Tönen färben, schleifen, polieren. In Pulverform ergeben sie einen ausgezeichneten wetterfesten Anstrich. In den **Flugzeugbau** haben sie, dank ihres geringen Gewichtes bei verhältnismäßig hoher Widerstandsfähigkeit, sehr schnell Eingang gefunden. Das gleiche gilt für den Fahrzeugbau überhaupt. Im **Bauwesen** haben sich Leichtmetalltücher bewährt, desgleichen Fensterbleche, Abfallrohre, Regenrinnen, Verkleidungen von Außenfronten und Schaufenster. In der Architektur werden Aluminiumwerkstoffe u. a. als Treppengeländer, Heizkörperverkleidungen, Kleiderablagen, Zierleisten, Beschläge und Beleuchtungskörper verwendet.

#### 1.2.5.2. Magnesium

**Magnesium (Mg)**, das achthäufigste Element, gehört zur Gruppe der Erdalkalimetalle (Beryllium, Calcium, Barium). Obwohl es mit Aluminium in einem

Atemzug genannt wird und für Aluminium ein bevorzugtes Legierungsmetall ist, gehört es doch nicht wie dieses zur Borgruppe. Aus Magnesiumlegierungen werden Motorblöcke gegossen, weil sie eine hohe Wärmeleitfähigkeit besitzen.

Magnesium hat einen Schmelzpunkt von 657 °C, seine Dichte beträgt 1,74 kg/dm<sup>3</sup>.

### 1.2.6. Edelmetalle

Die wichtigsten **Edelmetalle** sind Silber, Gold und Platin, ferner die im Periodischen System der Elemente zur **Gruppe der Platine** gehörenden Metalle: Iridium, Osmium, Palladium, Ruthenium und Rhodium. Sie sind gekennzeichnet durch ihre geringe Neigung zur Oxydation (vgl. hierzu die Zusammenstellung auf Seite 31).

### 1.2.7. Halbmatalle

**Halbmatalle** haben im elementaren Zustand eine geringe elektrische Leitfähigkeit, die jedoch sehr stark temperaturabhängig ist. Im Bereich des absoluten Nullpunkts, also bei -273 °C, sind sie Nichtleiter. Sie verhalten sich entgegengesetzt wie die meisten Metalle und sind also Halbleiter. Die bei tiefen Temperaturen feste, vollkommene Elektronenpaarbindung verhindert freie Leitungselektronen und damit die Leitfähigkeit. In der Elektrotechnik haben die Halbmatalle als **Halbleiter** für elektronische Bauelemente Eingang gefunden. Durch „Verunreinigung“ eines halbleitenden Elements mit Atomen höherer bzw. niedriger Wertigkeit entstehen Legierungen mit freien Ladungsträgern. Die Kombination von positiv und negativ halbleitenden Stoffen führt zu stromrichtungsempfindlichen Bauelementen.

**Kupferoxid** und **Selen** sind seit Jahrzehnten als Gleichrichtermatalle im Gebrauch. Nach dem 2. Weltkrieg kamen **Germanium** und später **Silizium** für Dioden, Transistoren und integrierte Schaltungen (IS) hinzu. Silizium (Si) ist ein Grundstoff, der in der Natur nicht frei vorkommt, aber als Si-Verbindung wie Quarzsand, Glimmer, Ton usw. weit verbreitet ist. Silizium ist entweder ein dunkelbraunes Pulver oder bildet dunkle, metallisch glänzende Blättchen. Sein Schmelzpunkt liegt bei 1410 °C, seine Dichte beträgt 2,4 kg/dm<sup>3</sup>. Äußerlich zeigen die Halbmatalle ein metallisches Glänzen.

### 1.2.8. Hartmetalle

Für die Bearbeitung harter Werkstoffe wurden besondere Werkstoffe, die **Hartmetalle**, entwickelt. **Hartmetalle** haben ihren Namen von ihren metallähnlichen Eigenschaften. Sie sind aber keine chemischen Elemente, sondern **Metallkarbide**<sup>1)</sup>, die durch **Sinterung** entstehen. Es handelt sich dabei vorwiegend um Wolframkarbid in Pul-

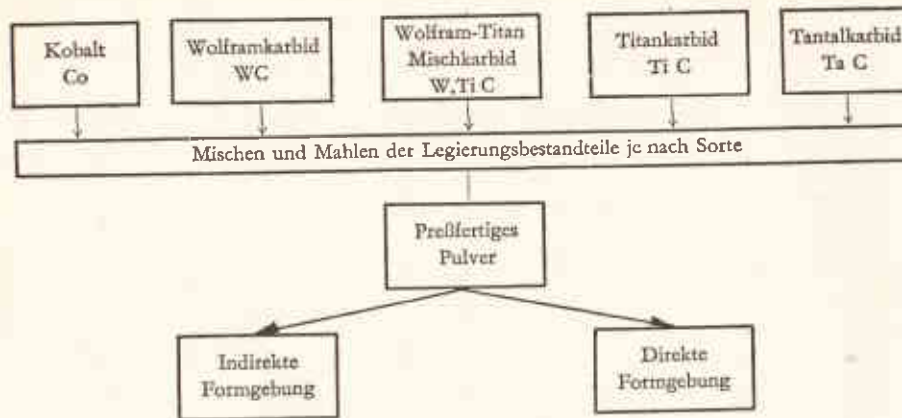
<sup>1)</sup> Als Karbid wird die Verbindung des Kohlenstoffs mit Metall oder Halbmatalle bezeichnet.

Zusammenstellung der gebräuchlichsten Edelmetalle

| Metall      | Formel-symbole | Dichte (kg/dm <sup>3</sup> ) | Schmelzpunkt (°C) | Elektrische Leitfähigkeit $\chi \left[ \frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2} \right]$ | Eigenschaften                                                                      | Legierungswerkstoff für                                                  | Verwendung                                                                                                       |
|-------------|----------------|------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Silber      | Ag             | 10,5                         | 960               | 61,5                                                                                 | beste el. Leitfähigkeit u. Wärmeleitfähigkeit, weicher als Kupfer, härter als Gold | Gold, Silberlote, Münzen                                                 | Nieten, Schrauben, Kontakte, Kenndraht in Sicherungen, für Schmuck, versilbern von Bestecken und Geschirren      |
| Gold        | Au             | 19,3                         | 1064              | 41,7                                                                                 | säurebeständig (außer Königswasser), nahezu oxydationsfrei, sehr zäh               | Münzen (läßt sich sehr dünn aushämmern)                                  | Kontaktwerkstoff (Anschlüsse von Halbleiterbauelementen), Schmuck, Vergoldung (Blattgold)                        |
| Platin      | Pt             | 21,5                         | 1785              | 9,25                                                                                 | säurebeständig (außer Königswasser), völlig oxydationsfrei (auch bei Weißglut)     | läßt sich dünn auswalzen — bis zu 0,0025 mm                              | Laborgeräte, Kontakte für hohe Strombelastung, Thermoelemente für hohe Temperaturen                              |
| Kadmium     | Cd             | 8,6                          | 320               | 14,71                                                                                | matte glänzend, korrosionsbeständig                                                | niedrigschmelzende Legierungen (Woodsches Metall, Schmelzpunkt 55—85 °C) | Elektrodenwerkstoff f. Nickelkadmium-Sammler, Korrosionsschutz (verkadmen)                                       |
| Wismut      | Bi             | 9,8                          | 270               | 0,91                                                                                 | stark glänzend                                                                     | Woodsches Metall                                                         | Spiegelbelag für Lampenreflektoren, Lotmetallbestandteil von Rücklötlösungen                                     |
| Kobalt      | Co             | 8,6                          | 1480              | 17,5                                                                                 | ferromagnetisch, härtende Wirkung, sehr hart, gute Schneidbarkeit                  | Hartmetalle                                                              | Herstellung von Dauermagneten (AlNiCo) Korrosionsschutz (verkobalten) für Schnellstähle                          |
| Nickel      | Ni             | 8,9                          | 1455              | 14,3                                                                                 | ferromagnetisch, korrosionsbeständig, hitzebeständig                               | Widerstandsmaterial, Trafokerne                                          | Heizwendel f. Elektronenröhren und Heizgeräte, Widerstände, Legierungszusatz f. Trafokerne                       |
| Wolfram     | W              | 19                           | 3400              | 18,8                                                                                 | wärmefest, hitzebeständig, gute Schneidbarkeit                                     | Werkzeugstähle, Hartmetall                                               | Heizwendel f. Glühlampen, Kontaktwerkstoff f. Wechselrichter, Schalter, Zündunterbrecher                         |
| Quecksilber | Hg             | 13,5                         | 39,5              | 1,04                                                                                 | giftig, große Wärmeausdehnung, verdampft bei 357 °C                                | Amalgam <sup>2)</sup> Sublimat <sup>2)</sup>                             | für Thermometer, Kontaktflüssigkeit in Schaltern, Gleichrichtern und Quecksilberdampfampfen, Desinfektionsmittel |

<sup>1)</sup> Amalgam: Lösungen von Metallen in Quecksilber (Metallkitt, Zahnplomben)

<sup>2)</sup> Sublimat: Lösung von Chlor in Quecksilber (keimtötend = giftig!)



**Abb. 1.21 — Herstellung des Hartmetalls Titanit nach dem DEW<sup>1)</sup>-Verfahren**

verform, das mit einem **Bindemittel**, meistens **Kobaltpulver**, gemischt, gepreßt und dann im Elektroofen gesintert wird (vgl. hierzu Abb. 1.21).

Wegen ihrer großen Härte müssen die aufbereiteten und gemahlene Karbid- und Metallpulver gleich ihrem späteren Verwendungszweck entsprechend gepreßt werden. Aus Hartmetallen werden vorwiegend Werkzeuge (Allgemeinwerkzeuge und Schnittwerkzeuge mit hohen Standzeiten zum Stanzen in der Serienfertigung) hergestellt.

Nach der ISO-Empfehlung (Internationaler Normenausschuß) werden Hartmetalle nach 3 Zerspanungshauptgruppen unterschieden: 1. Hauptgruppe **P** (Kennfarbe Blau) zur Bearbeitung von Stahl und Stahlguß; 2. Hauptgruppe **M** (Kennfarbe Gelb) zur Bearbeitung von Spezialwerkstoffen wie Manganstahl, Temperguß und chromlegierten Grauguß und 3. Hauptgruppe **K** (Kennfarbe Rot) zur Bearbeitung von Gußeisen, Stahl niedriger Festigkeit, Nicht-eisenmetallen und nichtrostenden Gußstählen.

### 1.3. Isolierstoffe

Von den Isolierstoffen wird verlangt:

1. hoher elektrischer Widerstand,
2. hohe Durchschlagsfestigkeit gegenüber hohen Spannungen,

<sup>1)</sup> DEW — Deutsche Edelstahlwerke.

3. hohe Dielektrizitätskonstante,
4. mechanische Festigkeit und Wetterbeständigkeit und
5. schlechte Wärmeleitung.

Unter den Isolierstoffen bilden die siliziumhaltigen die Gruppe der **Silikate** (Salze der Kieselsäure).

#### Übersicht der Isolierstoffe

|            |    |                                                                                         |
|------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| feste      | 1. | <b>natürliche Isolierstoffe:</b> Schiefer, Glimmer, Marmor usw.                         |
|            | 2. | <b>keramische Isolierstoffe:</b> Ton, Porzellan, Speckstein (Steatit) und außerdem Glas |
|            | 3. | <b>Gummiisolierstoffe:</b> Hart- und Weichgummi                                         |
|            | 4. | <b>Kunststoffe:</b> vgl. hierzu Abschn. 1.4                                             |
|            | 5. | <b>Faserstoffe:</b> Papier, Baumwolle, Zellwolle, Asbest, Seide u. a. m.                |
| flüssige   | 1. | <b>Isolierlack, Harz und Wachse</b>                                                     |
|            | 2. | <b>Öl</b> in Transformatoren und Schaltern                                              |
| gasförmige |    | <b>trockene Luft</b> und verschiedene <b>Gase</b>                                       |

#### 1.3.1. Asbest

**Asbest** ist ein nicht brennbares Mineral, das im Laufe großer Zeiträume aus Hornblende und Glimmer ( $\text{KAl}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}]$ ) entstanden ist. Es besteht aus weißen, biegsamen Fasern, die im Gestein gefunden werden. Asbest ist also eine **Siliziumverbindung**.

Asbestfasern werden zu nicht brennbaren Geweben versponnen (feuerfeste Kleidungsstücke) oder zur Herstellung der feuerfesten Asbestpappe verwendet. Asbest läßt sich leicht mit anderen Stoffen binden, so z. B. mit Zement zu Eternit (Dachabdeckungen). Es ist ein schlechter Wärmeleiter und findet daher in der Schwach- und Starkstromtechnik als Isoliermaterial Verwendung (Schmelzsicherungen, Spulen- und Widerstandskörper u. a. m.).

#### 1.3.2. Glas

**Glas** ist hart, spröde und durchsichtig, unempfindlich gegen Säuren und Laugen und leitet Wärme und elektrischen Strom schlecht. Nachteilig ist eine Empfindlichkeit gegen Stöße.

Der eigentliche glasbildende Stoff ist **Quarzsand** (Kieselsäure —  $\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$  — (Dünensand) ist ebenfalls eine Siliziumverbindung). Er wird fein gemahlen und mit **Soda** und **Pottasche** als Flußmittel versetzt; **Kalk** gibt dem Glas Glanz und Härte. Die Rohstoffe werden in Trommeln gemischt, in feuerfeste Behälter gefüllt und im Glasschmelzofen bei einer Temperatur von  $1200^\circ\text{C}$  zu einer teigigen Masse geschmolzen. Erkalte die Masse, so erstarrt sie zu einem durchsichtigen oder, bei Zusatz von Metalloxiden, zu einem farbigen Werkstoff, dem Glas.

Geschmolzenes Glas läßt sich zu dünnen, biegsamen Fäden ziehen. Diese werden zu Glaswolle, Glasseide und Glaswatte verarbeitet und können zum Isolieren elektrischer Leitungen und als Hitze- und Kälteisolierung verwendet werden. In der Fernmeldetechnik findet Glas als Werkstoff für Röhren, Sammlergefäße, Isolatoren u. a. m. Verwendung.

Glas verhält sich wegen seines hohen Siliziumgehalts wie ein **Halbleiter**. Beim Erhitzen auf einige  $100^\circ\text{C}$  wird es leitend (vgl. hierzu den Sonderband „Grundlagen der Elektronik“), „Das Temperaturverhalten von Halbleitern“).

### 1.3.3. Porzellan

**Porzellan** besteht aus einem Gemisch von Porzellanerde (Kaolin —  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  — ist eine Siliziumverbindung), feinem Quarz und Feldspatpulver. Kaolin ist verwitterter Feldspat<sup>1)</sup> (Hauptfundstätten Mitteldeutschland). Alle Mineralien müssen sehr rein und vor allem eisenfrei sein. Eisen würde die Farbe des Porzellans verderben und besonders seine Isolierfähigkeit herabsetzen.

Zur Herstellung von Porzellan werden die vorgenannten Mineralien gemahlen, geschlämmt und dann vermengt. Nachdem das Wasser in besonderen Pressen abgeschieden worden und die Masse in Maschinen durchgeknetet ist, beginnt das Formen auf der Töpferscheibe oder das Abgießen und Pressen in Gipsformen. Die so geformten Gegenstände werden nunmehr langsam getrocknet und danach zweimal gebrannt.

Die Eigenschaften der verschiedenen Porzellansorten sind abhängig von dem Mischungsverhältnis der verwendeten Grundstoffe Kaolin, Quarz und Feldspat. Porzellan ist gegen chemische und atmosphärische Einflüsse sehr widerstandsfähig. Es besitzt eine gute Isolationsfähigkeit und findet daher in der Fernmeldetechnik in der Form von Isolatoren, Sockeln für Sicherungskästen, Schaltern, Schalttafeln, Röhrrchen, Spulenkörper u. a. m. Verwendung.

<sup>1)</sup> Hierbei handelt es sich um den Sonderband „Grundlagen der Elektronik“, der bei dem Institut zur Entwicklung moderner Unterrichtsmedien, 28 Bremen 1, Bahnhofstr. 10, bestellt werden kann.

<sup>2)</sup> Feldspat ist die Sammelbezeichnung für Mineralgruppen.

### 1.3.4. Papier

Heute bildet der **Zellstoff** die Grundlage der Papierfabrikation. Zellstoff (Zellulose) ist gleichzeitig ein wichtiger Rohstoff für die Herstellung von Zellulosekunststoffen (vgl. hierzu Abschn. 1.4.2, Zellulosekunststoffe). Für die Papierherstellung werden **Zellstoff**, **Leim** und der entsprechende **Füllstoff** (z. B. Gips, Schwerspat usw.) zu einem Brei gemischt. Dieser fließt über ein Sieb, das Wasser läuft ab, die Fasern verfilzen bei gleichzeitiger Verdichtung durch den Leim und den Füllstoff. Die weiche Masse wird mehrfach durch geheizte Walzen gepreßt, anschließend getrocknet und geglättet.

Papier hat im allgemeinen eine Dicke von 0,02 bis 0,3 mm und wird hauptsächlich zum Beschreiben und Bedrucken sowie als Verpackungsmaterial benutzt. In der Fernmeldetechnik findet es als Isoliermaterial für Kabeladern (Papier-Luft-Isolation), als Papierröhrrchen und als Isoliermaterial bei der Herstellung von Kondensatoren, Spulen usw. Verwendung.

### 1.3.5. Gummi

Als Ausgangspunkt für die Herstellung von Gummiwaren dient der **Kautschuk**, der aus den Säften tropischer Bäume und Sträucher gewonnen wird. Durch Zusatz von Essigsäure oder durch Räuchern reduziert daraus Rohkautschuk, eine klebrige zähe Masse, die sich in Benzin oder Benzol löst. Bevor aus dem Rohkautschuk Gummiartikel hergestellt werden können, muß er erst **vulkanisiert** werden. Die vorgeformten Teile preßt man bei 5 atü Druck und einer Temperatur von etwa  $140^\circ\text{C}$ , wodurch der Schwefel gebunden und eine Art **Härtung** erreicht wird. Der Schwefel (vor dem Vulkanisieren zugemischt) und ebenfalls Füllstoffe verleihen dem Gummi seine Eigenschaften (Festigkeit, Elastizität und Abriebfestigkeit). Bei einem Zusatz von 2 bis 10% Schwefel entsteht **Weichgummi**, bei einem Zusatz von 25 bis 50% Schwefel **Hartgummi**. Gummimilch, Schwefelpulver und andere Füllstoffe, in Rührwerken schaumig geschlagen und anschließend in Formen vulkanisiert, ergeben **Schaumgummi**.

Für die industrielle Produktion ist der **synthetische Kautschuk** aus **Isopren** (Steinkohlenprodukt) von größerer Bedeutung (vgl. hierzu Abschn. 1.4.4.6, Elastomere). Als Isoliermittel hat er gegenüber dem natürlichen Kautschuk sogar einige Vorteile, er hat größere Abriebfestigkeit und quillt bzw. löst sich in Benzin, Öl oder Fett nicht auf. Abgesehen von der sehr vielseitigen Verwendung für Wasserschläuche, Gummimatten, Bereifung u. a. m. kann Gummi in der Fernmeldetechnik als Isoliermaterial nur dort Verwendung finden, wo an seine Wärmebeständigkeit, die zwischen  $-40$  und  $70^\circ\text{C}$  schwankt, keine allzu hohen Anforderungen gestellt werden.

### 1.3.6. Textilien

Alle **Textilien** eignen sich als Isolierstoffe, wobei ein großer Teil von ihnen als Grundstoff dient (Papierherstellung). Textilien sind Ge-

webe aus Naturfasern, wie z. B. Wolle, Baumwolle, Seide, oder aus Kunstfasern, wie z. B. Kunstseide. In der Fernmeldetechnik dienten Textilien sowohl der **Isolierung** (Baumwoll-Seide-Kabel) als auch der Kennzeichnung von Adern in einem Kabel. Die **Lötzelte** bestehen aus Segeltuch, **Sicherheitsgurte** für den oberirdischen Linienbau sind aus Perlon (Kunstfaser-Polyamid). Das beim Herstellen von Lötstellen verwendete **Nesselband** ist aus Baumwolle oder Zellwolle. **Isolierband** ist ein Textilband, das mit Isolier-, Klebe- und Füllstoffen getränkt ist.

## 1.4. Kunststoffe

### 1.4.1. Allgemeines

**Kunststoffe (Polyplaste) sind chemisch abgewandelte, organische, hochmolekulare Naturstoffe oder völlig neu (synthetisch) aus niedermolekularen Gruppen aufgebaute organisch-chemische Stoffe.**

Diese Stoffe haben vielfach die gleichen oder sogar noch verbesserte Eigenschaften von Naturstoffen. Aufgrund besonderer technischer Forderungen werden oft spezielle Kunststoffe mit ganz neuen Eigenschaften entwickelt. **Die Eigenschaften der Kunststoffe sind eng mit ihrem Molekülbau verknüpft. Die Kunststoffchemie gehört wegen der Kohlenwasserstoffverbindungen zur organischen Chemie.** Alle Kunststoffe sind bei erstmaliger Erwärmung plastisch verformbar. Nach der Art der Molekülbildung lassen sie sich in drei Hauptgruppen ordnen:

1. **Zellulosekunststoffe** (Cellulosics),
2. **härtbare Kunststoffe** (Duroplaste oder Duromere) und
3. **nichthärtbare Kunststoffe** (Thermoplaste oder Plastomere).

Einige Grundforderungen, denen Kunststoffe genügen müssen, sind: geringes Gewicht, leichte Verformbarkeit, geringer Preis, große Festigkeit, lange Lebensdauer, hohe Isolationsfestigkeit, hohe Korrosionsfestigkeit (beständig gegen Benzol, Säuren und Laugen).

In der Fernmeldetechnik werden Kunststoffe häufig als Isolierstoffe verwendet; in der nachfolgenden Übersicht sind die Eigenschaften der Isolierstoffe zusammengestellt.

Die DBP verwendet Kunststoffe in großem Umfang; z. B. für Adernisolation, Kabelisolation gegen Feuchtigkeit, Kabelmuffen, Kabelverzweigergehäuse, Apparategehäuse, Isoliermaterial aller Art.

|    | Eigenschaften der Isolierstoffe                                                              |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Rohdichte bei 20 °C 0,9 bis 2,0 kg/dm <sup>3</sup> ,                                         |
| 2. | Schlagzähigkeit bei 20 °C 20 bis 2000 cmN/cm <sup>2</sup> ,                                  |
| 3. | Schmelzpunkt 50 bis 400 °C,                                                                  |
| 4. | Durchschlagsfestigkeit bei 20 °C 5 bis 100 kV/mm,                                            |
| 5. | Relative Dielektrizitätskonstante bei 20 °C 2 bis 80,                                        |
| 6. | Dielektrischer Verlustfaktor bei 20 °C 0,0002 bis 0,1<br>(frequenz- und temperaturabhängig). |

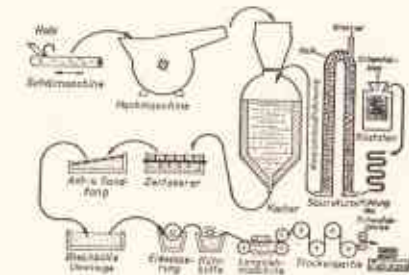
### 1.4.2. Zellulosekunststoffe

#### 1.4.2.1. Entstehung

Das Ausgangsmaterial für alle Zellulosekunststoffe sind Holzfasern und Baumwollreste (Linters).

Die Zellulose bildet den Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellwände; sie ist ein Kohlehydrat und baut sich aus langen Ketten (bis zu 100 000 Glieder) von Glucoseresten auf.

Die langen Molekülketten der Zellulose —  $C_6H_{10}O_5$  — werden bei der Behandlung mit Säuren und Laugen gebrochen, um sie entsprechend dem beabsichtigten Kunststoff neu verknüpfen zu können.



**Abb. 1.22 — Zellulosegewinnung**

Das Ergebnis der Behandlung ist ein schleimiges (hydratisiertes) Zwischenprodukt (vgl. hierzu Abb. 1.22), aus dem in weiteren Arbeitsschritten die Zellulosekunststoffe gewonnen werden (vgl. hierzu Abb. 1.23).

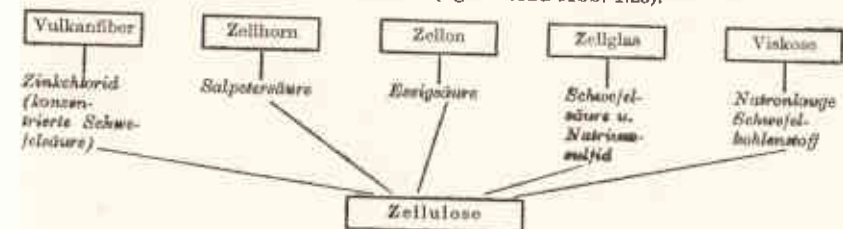


Abb. 1.23 — Übersicht der Zellulosekunststoffe

#### 1.4.2.2. Vulkanfiber

Das nach dem eben beschriebenen Verfahren gewonnene Zwischenprodukt wird nach dem Verfüllen auf Walzenkalandern leichtem Druck ausgesetzt. Die so entstehenden Wickel aus **Vulkanfiber** werden aufgeschnitten, gewässert,

zu Platten ausgearbeitet und nochmals gepreßt. Aus den Endprodukten werden u. a. **Koffer, Dichtungsringe, Rohrpostbüchsen, Lagerschalen und Zahnräder** für geräuscharme Getriebe hergestellt.

#### 1.4.2.3. Zellhorn

Zur Gewinnung von Zellhorn wird die in Alkohol und Äther gelöste Zellulose mit 10 bis 12% **Stickstoff** versetzt und unter Zusatz von 20% Kampfer (Weichmacher) und weiteren Stabilisatoren verknetet.

Die Masse läßt sich zwischen Walzen zu dünnen Platten ausziehen und dann zu Blöcken pressen. Das Endprodukt kann spanabhebend oder in Matrizen unter Druck weiterverarbeitet werden. Zellhorn (**Handelsname**: Zelluloid) ist leicht in Aceton löslich. Hieraus werden u. a. folgende Fertigprodukte hergestellt: **Filme, Spielzeug**, Ausgangsprodukt für **Nitrolacke** (unter Zusatz von Lösungsmitteln, z. B. Amylacetat). **Zellhorn brennt mit Stichflamme!**

#### 1.4.2.4. Zellon

Die Zellulose verändert sich bei der Zellongewinnung unter Zusatz von Essigsäure zu Diacetatzellulose. Das Zellon hat etwa gleiche Eigenschaften wie Zellhorn, ist jedoch nicht entflammbar. Mit diesem Ausgangsmaterial begann in der Kunststoffverarbeitung die **Spritztechnik**, das billigste Verfahren zur Herstellung von **Formteilen**. Das gekörnte Pulver wird in einem Heizzylinder plastisch und kann wie beim Metallspritzguß in Formen gepreßt werden (vgl. hierzu Abb. 1.24).

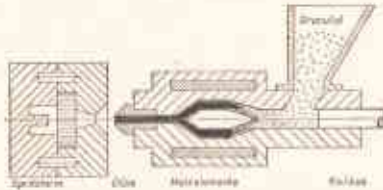


Abb. 1.24 — Kunststoff-Spritzgußmaschine

Aus diesem Material werden u. a. folgende Fertigprodukte hergestellt: **Filme, Sicherheitsglas, Wickelbänder** für die Elektrotechnik; **Handelsnamen**: Cellit T, Trollit.

#### 1.4.2.5. Zellglas

Aus dem Zwischenprodukt Viskose, dessen Gewinnung im Abschn. 1.4.2.6 beschrieben ist, entsteht durch den Schlitzguß (vgl. hierzu Abb. 1.25) in einem Fällbad aus Schwefelsäure und Natriumsulfat eine verfestigte Bahn.

Das vorwiegend erzeugte Fertigprodukt ist **Verpackungsmaterial**; **Handelsname**: Cellophan.

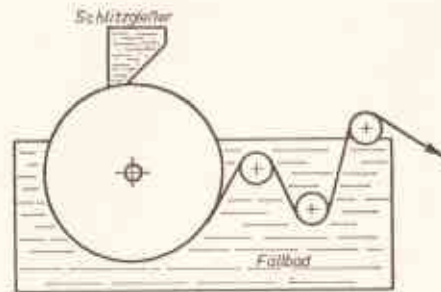


Abb. 1.25 — Zellglasherstellung

#### 1.4.2.6. Viskose

Die Viskose wird durch Behandlung der Zellulose mit 18%iger Natronlauge gewonnen. Durch einen Gärungsprozeß unter Beimischung von Schwefelkohlenstoff und Wasser entsteht eine klebrige Masse, die Viskose.

Wird diese Lösung durch feine Düsen gepreßt, so entstehen dünne Fäden, die nach dem Härten in einem Fällbad spinnfähig sind und **Kunstseide** genannt werden; **Handelsname**: Reyon. Geschnittene Kunstseidefäden lassen sich wie Wolle verarbeiten. Das Fertigprodukt ist als **Zellwolle** bekannt.

#### 1.4.3. Kunsthorn

Das Ausgangsmaterial für die Kunsthornherzeugung ist Kasein, das mit Hilfe von Labfermenten aus der Magermilch ausgefällt wird. Die so entstehenden Kaseinflocken ergeben, mit Wasser, Weichmachern und Farbstoffen versetzt, die Preßmasse, die sich unter Wärme und Druck in Strangpressen zu Stäben formen läßt.

Aus diesen Stäben entstehen dann in weiteren Preßvorgängen zwischen beheizten Stahlplatten Blöcke und Tafeln. Das Endprodukt kann schließlich (mit Formaldehyd ausgehärtet) zu folgenden Fertigprodukten verarbeitet werden: **Spielfiguren, Armringe, Bleistifthüllen und elektrotechnische Kleinteile** (Bedienungsknöpfe); **Handelsnamen**: Galalith, Lanatil, Osalith, Thiolan.

Die Gewinnung von Kunsthorn kann im Experiment nachvollzogen werden. Man braucht dazu nur etwas Quark zu trocknen. Die Trockenmasse wird pulverisiert und mit einigen Tropfen Natronlauge verknetet und anschließend etwa 3 Wochen in 5%iger Formalinlösung ausgehärtet. Das Ergebnis ist Milchkorn oder Kunsthorn, wie es auch großtechnisch gewonnen wird.

#### 1.4.4. Härtbare Kunststoffe

##### 1.4.4.1. Entstehung

Die niedermolekularen Ausgangsstoffe werden durch **Polykondensation** so lange mehrfach umgesetzt, bis ein hochmolekulares Zwischenprodukt entsteht, das noch löslich ist und erst nach der Erwärmung härtet. Die löslichen Fadenmoleküle bekommen bei Erwärmung Querverbindungen, sie **vernetzen**.

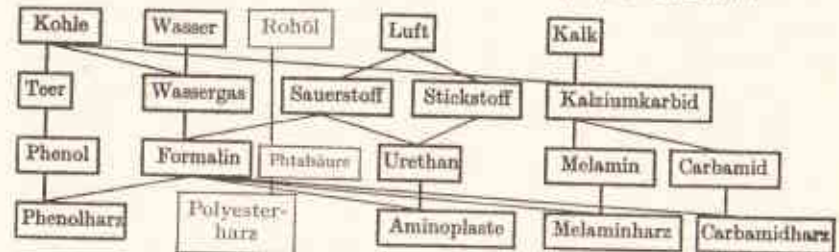


Abb. 1.26 — Duroplaste (Übersicht)

Bei der Polykondensation werden fortwährend einfache Verbindungen zu hochmolekularen verknüpft unter gleichzeitiger Abspaltung niedermolekularer Reaktionsprodukte (meist Wasser).

Bei den Duroplasten besteht das Bauprinzip darin, daß Kohlenwasserstoffe zu langen Molekülen verknüpft werden. Einen Überblick über die möglichen Kunststofftypen gibt Abb. 1.26.

#### 1.4.4.2. Phenolharze

**Phenol** wird entweder aus **Benzol** oder durch fraktionierte Destillation aus **Steinkohle** gewonnen.

Ein Nachteil der Phenolharze ist ihre **Lichtempfindlichkeit**. Mit der Zeit färben sie sich durch Abspalten von Phenol dunkel und werden deshalb vorwiegend in dunklen Tönungen geliefert.

##### 1.4.4.2.1. Preßmassen

**Phenolharze** oder **Phenolplaste (PF)** haben für die Massenherstellung von Kleinteilen große Bedeutung. Ihre guten mechanischen und elektrischen Eigenschaften sind der Grund für eine Verwendung als nichtkeramischen, gummifreien elektrischen Isolierstoff.

Dem Phenolharz lassen sich ohne Beeinträchtigung dieser Eigenschaften große Mengen von Füllstoffen beimischen; dafür kommen Gesteinsmehl, Asbestfasern, Holzmehl, Papierfasern und -schnitzel, Zellstoff, Textilfasern und Glasfasern in Betracht. Als „Normalpreßstoff“ ist der Typ 31 anzusehen, dessen Dauertemperatur 100 °C betragen kann. Unter Beimischung organischer Füllstoffe, etwa Gesteinsmehl, steigt die Dauerwärmefestigkeit auf 150 °C.

##### 1.4.4.2.2. Preßstoffe

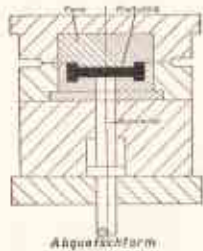


Abb. 1.27 —  
Formpressen

Beim **Formpressen** wird die Preßmasse als Pulver, Schnitzelmasse oder in Tablettenform in die vorgeheizte Form gebracht. Die Preßmasse wird flüssig und füllt die Form ganz aus (vgl. hierzu Abb. 1.27). Das Preßteil erhält eine glänzende Oberfläche und benötigt keine weitere Bearbeitung.

Die Preßtemperaturen liegen bei etwa 180 °C und die Preßdrücke zwischen 1500 bis 6000 N/cm². Die Preßzeiten richten sich nach Preßmasse und Materialstärke (20 s/mm Wandstärke des Preßteils).

Aus Phenolpreßmassen werden u. a. folgende Fertigprodukte hergestellt: **Apparategehäuse** sowie **Montage- und Bedienungsteile** für die Elektroindustrie; **Handelsnamen**: Bakelit, Dystron, Ferrzell, Lignitol.

#### 1.4.4.2.3. Schichtpreßstoffe

Schichtpreßstoffe entstehen durch Tränken von Papier- oder Gewebefasern mit Phenolharzen, die unter Druck und Hitze verpreßt werden. Statt Papier oder Textilien kann man auch Holz als Träger verwenden, das dann Platten hoher mechanischer Festigkeit ergibt und als **Konstruktionsmaterial** zur **Verkleidung** von Fernsprechkablen, Schalttafeln u. a. m. dient; **Handelsnamen**: Liwa, Pertinax, Trilotan, Trilonit.

#### 1.4.4.2.4. Edelkunsthharze

In reiner **füllstofffreier** Form läßt sich Phenolharz als **Gießharz** bereiten; es hat dann das Aussehen von Naturerzeugnissen wie Elfenbein, Achat oder Bernstein und wird zur Herstellung kunstgewerblicher Artikel verwandt. Wegen seiner guten dielektrischen Eigenschaften wird es zur **Tauchisolation** von Motor- und Trafowicklungen sowie von Kondensatoren benutzt; **Handelsnamen**: Albolith, Decorit, Idonit, Trolon.

#### 1.4.4.3. Polyesterharze

Durch Polykondensation entsteht eine Ester genannte Verbindung, ein Fadenmolekül. Organische Säuren verhalten sich durch Umsetzung (Copolymerisation) mit organischem Alkohol, z. B. Glycerin, zu **Polyester** (vgl. hierzu Abb. 1.28) und ergeben so Flüssigkeiten, die bei kalter Lagerung unverändert bleiben.

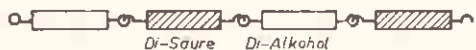


Abb. 1.28 — Ester

Bei einem ungesättigten Polyester (ungesättigt, weil er noch Wasserstoff aufnehmen kann) genügt der Zusatz eines Katalysators, um die **Vernetzung** herbeizuführen.

Im Niederdruckverfahren lassen sich **einfache Formteile** billig herstellen. Das Trägermaterial, z. B. Glasfaser, wird mit Polyesterharz getränkt und in eine beheizte Form eingelegt. Durch Absaugen der Luft schmiegt sich die Matte der Form an und härtet aus (vgl. hierzu Abb. 1.29).

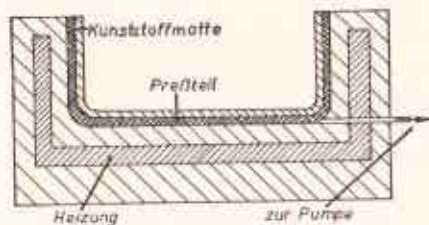


Abb. 1.29 — Schema einer Niederdruckpresse

Aus glasfaserverstärktem Polyester lassen sich schlag- und wetterfeste Gehäuse in beheizten Pressen herstellen (vgl. hierzu Abb. 1.30); **Handelsname:** Palatal.

#### 1.4.4.4. Harnstoffharze

Statt der Säure-Alkohol-Gruppierung zu Ester beim Phenol entsteht aus der **Säure-Amid-Gruppierung** eine **Urethan-** oder **Harnstoffgruppe**. Die Hauptbildungskomponente wird technisch unter Druck bei 160 °C aus **Kohlendioxid** und **Ammoniak** synthetisiert. Ein besonderes Kennzeichen der Polyurethane ist die Polyaddition der Makromoleküle.

**Aminoplaste (UF)** lassen sich zu festen und flüssigen Fertigprodukten weiterverarbeiten:

1. Hellfarbige **Isolier- und Schalterteile**, **Hartpapierplatten**, **Haushaltsgegenstände**; **Handelsnamen:** Resopal, Formica.
2. **Lacke für elektrische Isolationen**, **Ausgangsmaterial zur Klebstoffgewinnung**; **Handelsnamen:** Urecoll, Kauritleim. Die Klebkraft erreicht die Festigkeit von Niet- und Schweißverbindungen.

Die Umsetzung zum Polyurethan läßt sich auch so leiten, daß Kohlendioxid frei wird, wodurch das Material aufschäumt und einen sehr leichten **Schaumstoff** (Dichte 0,002 bis 0,8 kg/dm<sup>3</sup>) entstehen läßt. **Handelsnamen:** Moltopren, Carbalit, Pollopas, Uresin, Iporka.

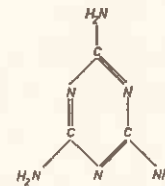
#### 1.4.4.5. Melaminharze und Carbamidharze

Als Grundstoff dieser Harze dient das **Diimid** der **Kohlensäure**, das in zwei gleichen, aber nicht ineinander umwandelbaren (tautomeren) Formen entstehen kann: **Cyanamid** ( $\text{H}_2\text{N}-\text{C}\equiv\text{N}$ ) und **Carbodiimid** ( $\text{HN}=\text{C}=\text{NH}$ ).



Abb. 1.30 — EVz aus glasfaserverstärktem Polyester  
(Werkfoto Krone)

#### Melaminharz



In der Kohlensäure werden beide O-Atome durch je eine NH-Gruppe (Imid) ersetzt und führen so zum **Carbodiimid**. Cyanamid wird durch **Dreifachbindungsreaktion** (Trimerisation) in das ringförmige (cyclische) **Melamin** übergeführt, das mit Formaldehyd zu **Melaminharz** aushärtet (vgl. hierzu nebenstehende chem. Formel).

**Melaminharze (MF)** und **Carbamidharze (CF)** sind wie Aminoplaste lichtecht und ermöglichen dadurch rein weiß- oder pastellgetönte Materialien. Für die Preßmassen dient weißer Zellstoff oder Holzmehl als Füllstoff. Aus diesen Stoffen werden u. a. folgende Fertigprodukte hergestellt: **Haushaltsgegenstände** (Modeknöpfe, Lampenschalen), **Verkehrsschilder**, **Schaumstoff für Schall- und Wärmeisolation**; **Handelsnamen:** Resipas, Ultrapas.

#### 1.4.4.6. Elastomere

Elastomere sind makromolekulare Kunststoffe, gummielastisch zwischen 0 °C und der Zersetzungstemperatur. Zur Verformung auf ein Vielfaches des Ausgangsmaßes sind nur geringe Kräfte erforderlich. Die Vernetzung verhindert die plastische Verformung.

Elastomere haben als **Synthesekautschuk** Bedeutung erlangt. Sie gehören sowohl zu den Polykondensaten wie zu den Polymeren. Ihre Anwendung gehört in das Gebiet der Kautschukwerkstoffe: **Kabelisolation**, **Beschichtungsmassen**, **Dichtungen** und **Formmassen**; **Handelsnamen:** Neoprene, Buna S, Perbunan, Viton A, Acrylan, Siloprene, Isoprene, Thiokol.

#### 1.4.4.7. Epoxidharze

An der Grenze zwischen den Polykondensaten und den im Abschn. 1.4.5 beschriebenen Polymeren stehen die **Epoxidharze (EP)**. Sie werden zunächst durch Polykondensation gewonnen, lassen aber durch Polymerisation eine **Molekülvergrößerung** und **Vernetzung** zu.

**Glasfaserverstärkte Epoxidharze** eignen sich wegen ihrer hervorragenden elektrischen Eigenschaften besonders als **Basismaterial für Leiterplatten**. Im Preßverfahren oder auf photochemischem Wege läßt sich daraus **kupferkaschiertes Ausgangsmaterial für gedruckte Schaltungen** (Printplatten) herstellen. Der Oberflächenwiderstand liegt bei  $2 \cdot 10^{11} \Omega/\text{cm}^2$ ; **Handelsnamen:** Geax, Glasotex, Araldit, Epikote, Epoxin, Lekutherm, Trolon. Gedruckte Schaltungen lassen sich heute auch außerdem mit einfachen Mitteln herstellen.

Der Elektronikhandel bietet kupferkaschierte Platten und Ätzmittel zu einem niedrigen Preis an. Es ist interessant, die neue Technologie beim Bau von elektronischen Baugruppen und Verstärkerschaltungen selbst auszuprobieren.

### 1.4.5. Thermoplaste

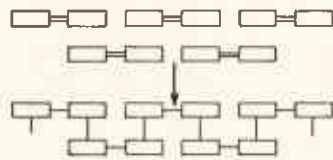


Abb. 1.31 — Polymerisations-  
schema

Thermoplaste lassen sich beim Erwärmen wieder plastisch verformen. Das hat seinen Grund in der Polymerisation genannten Verknüpfung der Makromoleküle. Bei manchen Thermoplasten ist dazu eine Erwärmung bis auf 140 °C erforderlich, andere lassen sich ohne Erwärmung unter Druck in die gewünschte Form bringen.

Bei der Polymerisation reagieren ungesättigte Verbindungen miteinander unter Aufhebung der Doppelbindung (vgl. hierzu Abb. 1.31).

Eine Übersicht über Ausgangsprodukte und wichtige Zwischenstufen bei der Gewinnung von Thermoplasten gibt Abb. 1.32.

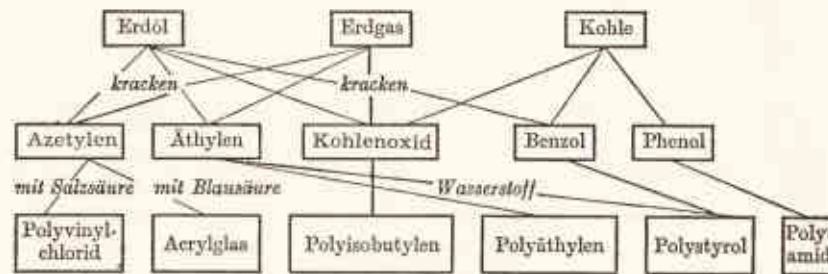


Abb. 1.32 — Thermoplaste (Übersicht)

In den meisten Fällen lassen die Eigenschaften der durch Polymerisation erzeugten Kunststoffe eine unmittelbare Weiterverarbeitung nur begrenzt zu. Elastizität, Härte, Plastizität und andere Eigenschaften lassen sich nur durch Zusätze wie **Weichmacher**, **Pigmente** und **Füllstoffe** erzielen. Weichmacher (Ester der Phthalsäure, Phosphorsäure und Fettsäuren) werden den Grundsubstanzen in beheizbaren Walz- und Knetmaschinen beigemischt. Die Eigenschaften sind wichtig für die Entscheidung über die zweckmäßigste Form der Weiterverarbeitung.

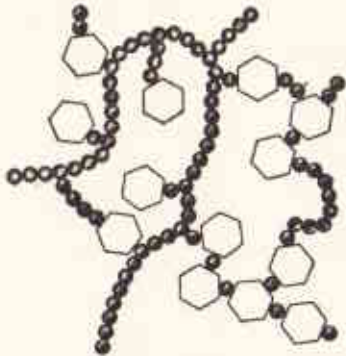


Abb. 1.33 — Formen der Polymere

Amorphe Bereiche verleihen ihnen dagegen Weichheit, Schmiegsamkeit und rückstellbare Dehnbarkeit (vgl. hierzu Abb. 1.33).

Hochmolekulare Thermoplaste sind nicht wie Kristalle strukturiert; es gibt neben ungeordneten, amorphen (gestaltlosen) Bereichen auch geordnete, kristalline Bereiche. Oft handelt es sich hierbei um Mischungen.

Gewisse Eigenschaften von Kunstfasern, wie Festigkeit, Wärmebeständigkeit, Widerstand gegen Quellen, sind an kristalline Bereiche gebunden.

### 1.4.5.1. Polyvinylchlorid

Ausgangsstoff des Polyvinylchlorids (PVC) ist das **Azetylen** (Äthin  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{HC}\equiv\text{CH}$ ), das großtechnisch durch Kohlelichtbogen in Wasserstoffgas gewonnen wird. Azetylen ist ein dem Äthylen und Äthan verwandtes Gas. Bei der Polymerisation wird die Dreifachbindung unter Anwendung eines Katalysators aufgehoben.

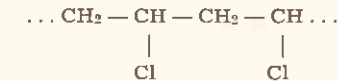
Unter Zusatz von Salzsäure entsteht dann **Vinylchlorid**.

**Salzsäure Vinylchlorid**



Die Doppelbindung wird, wie unter 1.4.5 beschrieben, zugunsten der makromolekularen Verbindung Polyvinylchlorid aufgehoben (vgl. hierzu nachstehende Formel).

**Polyvinylchlorid**



Polyvinylchlorid brennt mit leuchtender Flamme. Wird es aus der Flamme herausgenommen, so verlischt es und riecht nach Salzsäure.

PVC wird als Granulat oder Pulver für die Verarbeitung geliefert. Die wichtigsten Verarbeitungsverfahren sind das **Extrudieren** (Blasen von Rohren und Hohlkörpern), **Spritzgießen** und **Kalandrieren** (vgl. hierzu Abb. 1.34). PVC lässt sich unter Beimischung von Weichmachern von Hand gießen, streichen und zum **Tauchüberziehen** verwenden.

Beim **Folienblasen** wird das Material durch die Ringdüse eines **Extruders** gepreßt. Der noch relativ dicke Schlauch wird mit Luft bis zur gewünschten Abmessung aufgeblasen. Der Extruder soll das Granulat schmelzen, homogenisieren und unter Druck der Form zuführen. Abb. 1.35 zeigt einen Extruder mit aufgesetztem Blaskopf zum Herstellen von Hohlkörpern.

Aus dem Extruderkopf tritt ein Schlauch heraus, der von der Form im geöffneten Zustand aufgenommen wird. Der noch heiße Schlauch wird in der Form bis an die Wandungen aufgeblasen.



Abb. 1.34 — Folienziehen  
auf dem  
Walzenkalandrier

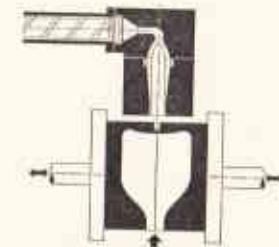


Abb. 1.35 — Extrudieren  
(Werkfoto  
BASF)



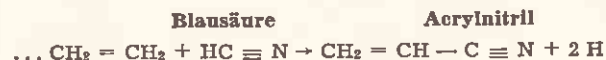
**Abb. 1.36 — Aufteilungskabel mit PVC-**  
**Isolierung, statischem**  
**Schirm und PVC-Mantel**  
(Werkfoto F & G)

PVC ist von Natur hart und wird erst durch Weichmacher leder- oder gummiartig. Ohne Weichmacher lassen sich daraus u. a. folgende Fertigprodukte herstellen: **Rohre** (Kabelschutzrohre), **Mäntel für Aufteilungskabel** (vgl. hierzu Abb. 1.36), **Verkleidungen, Handläufer** für Treppen; weichgestellt: **Bekleidung, Polsterbezüge, Fußbodenbeläge, Rohre** (Kabelschutzrohre); **Handelsnamen:** Vinnol, Vinidur, Trovidur, Mipolam, Vinoflex, Luvitherm, PeCe-Faser, Vinifol, Vinoflex (weich und hart).

#### 1.4.5.2. Acrylglas

**Acrylglas (AMMA) entsteht wie Polyvinylchlorid aus Azetylen.**

Das monomere Äthylen wird nach dem ersten Aufschließen durch **Blausäure** zu **Acrylnitril** (vgl. hierzu nachstehende chem. Formel) umgesetzt, statt mit Salzsäure wie beim PVC.



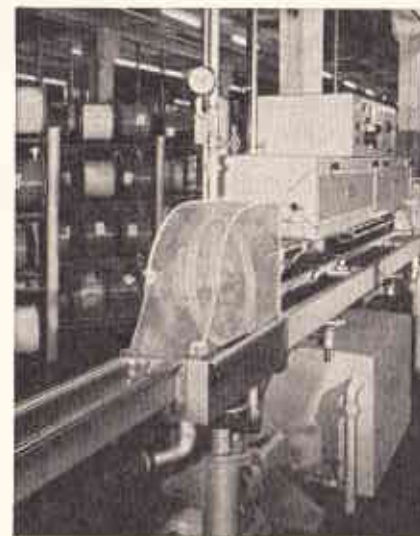
**Acrylnitril** wird zu gummiähnlichen und glasähnlichen Erzeugnissen weiterverarbeitet. Es ist glasklar, lichteht und unempfindlich gegen Benzin und eignet sich daher für folgende Fertigprodukte: **splitter-sicheres Glas, Batteriekästen, Klebstoff, Lackrohstoff, Gläser für Meßinstrumente, Schablonen; Handelsnamen:** Plexigum, Reserit, Resartglas, Plexiglas. Mit Dimethylformamid als Lösungsmittel lassen sich auch **Fasern** daraus gewinnen; **Handelsnamen:** Pan-(Polyacrylnitril), Redon-, Dralon-, Dolan- und Orlonfasern (Amerika).

#### 1.4.5.3. Polyisobutylen

Die Umsetzung von **Kohlenoxid** mit **Wasserstoff** ergibt **Isobutylalkohol**, der **Isobutylen**, das Monomere des **Polyisobutylen** ( $\dots \text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3)_2 \dots$ ) liefert. Im Polyvinylchlorid wird dabei H und Cl durch die **Methylgruppe**  $-\text{CH}_3$  ersetzt.

Die Moleküle des **Polyisobutylen** (**PIB**) bleiben im Gegensatz zu anderen Kunststoffmolekülen bis zu tiefen Temperaturen beweglich, so daß sich Polyisobutylen als ein rohgummiartiger Werkstoff darstellt. In diesem Material fehlen polare Bindungen, da die Chloratome ausgeschieden sind, so daß dieser Werkstoff ein **hervorragender Isolator** ist. Je nach Polymerisationsgrad ist Polyisobutylen zähklebrig bis weichelastisch.

Zur Hervorhebung bestimmter Materialeigenschaften läßt es sich gut mit Füllstoffen wie Ruß, Graphit, Kreide, Schiefermehl, Kaolin, Talkum und Asbest mischen und ist für folgende Fertigprodukte geeignet: **Leiterisolation** (vgl. hierzu Abb. 1.37), **Wasserisolation** von Hochbauten, **Klebstoffe, Elektroisoleröl; Handelsname:** Op-panol.



**Abb. 1.37 — Adernisolation auf der**  
**Kunststoffspritzmaschine**  
(Werkfoto F & G)

#### 1.4.5.4. Polyäthylen

**Polyäthylen (PE)**, einer der wichtigsten Kunststoffe, ist ein Polymerisationsprodukt<sup>1)</sup> des einfachsten ungesättigten Kohlenwasserstoffs Äthylen ( $n \cdot \text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ). Die **Hochdruckpolymerisation** führt zu Polyäthylen ( $\dots -\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\dots$ ) niederer bis mittlerer Dichte, die **Niederdruckpolymerisation** zu hoher Dichte.

**Polyäthylen (PE)** ist geruchs- und geschmacksfrei, lichteht, säurefest und hat besonders gute elektrische Isolationseigenschaften:

|                                     |                             |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| Verlustfaktor bei $10^6 \text{ Hz}$ | $2,4 \cdot 10^{-4}$         |
| Dielektrizitätskonstante            | 2,3                         |
| Spez. Widerstand                    | $10^{19} \Omega \text{ cm}$ |

<sup>1)</sup> Griech.: poly = viel, meros = Teilchen.

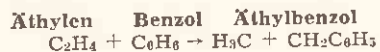
### Übersicht über Polyäthylen-Typen

| Mittlere Kettenlänge<br>(Äthylenbausteine) | 1 600 | 1 300 | 1 150 | 1 000 | 850  |
|--------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| Schmelzindex <sup>1)</sup> g/10 min        | 0,2   | 0,7   | 2     | 7     | 20   |
| Zugfestigkeit kp/cm <sup>2</sup>           | 175   | 160   | 155   | 130   | 110  |
| Bruchdehnung %                             | 600   | 600   | 550   | 500   | 450  |
| Kältefestigkeit °C                         | — 100 | — 80  | — 70  | — 40  | — 30 |

PE eignet sich gut für Spritzguß- und Preßteile sowie für Folien. Die daraus vorwiegend hergestellten Fertigprodukte sind: **Behälter, Rohre, Adern- und Kabelisolation** (vgl. hierzu Abb. 1.38), **Verpackungen, Isolierfolien**; **Handelsnamen**: Lupolen, Hostalen, Supralen, Trolen, Vestolen.

#### 1.4.5.5. Polystyrol

Grundbausteine des Polystyrols sind **Äthylen** und **Benzol**, die sich unter dem Einfluß von Katalysatoren zu **Äthylbenzol** vereinigen (vgl. hierzu nachstehende chemische Formel).



Aus Äthylbenzol entsteht unter Abspaltung von 2 Wasserstoffatomen **Styrol** ( $\text{CH}_2 = \text{CH} (\text{C}_6\text{H}_5) + 2 \text{H}$ ).

Im Vinylchlorid wird das Chloratom durch den Benzolrest ( $\text{C}_6\text{H}_5$ ) ersetzt. **Block- und Lösungspolymerisation** ergeben zylinderförmiges Granulat, **Suspensions- und Emulsionspolymerisation** liefern perlförmiges Granulat.

**Polystyrol (UP)** ist beständig gegen wässrige Lösungen und geschmacksneutral; seine gute Plastizität ist mit Maß- und Formhaltigkeit und engen Toleranzen gepaart. **Copolymerisate** aus Polystyrol

<sup>1)</sup> Der Schmelzindex ist so typisch, daß man damit die Kunststoffe kennzeichnet. Er ist bei langen Molekülketten (zähflüssig) klein und bei kurzen (leichtflüssig) groß.



Abb. 1.38 — Bündelkabel

**A—2Y (K)2Y mit PE-Isolierung, Kupferschirm und PE-Mantel**

(Werkfoto F & G)

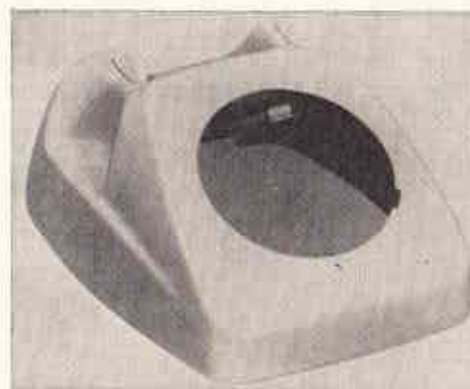


Abb. 1.39 — Gehäuse für FeAp 61 aus

**Novodur**

(Werkfoto Krone)

(ABS-Copolymerisate) ergeben schlagfeste Gehäuse, z. B. für FeAp mit geringer statischer Aufladung, d. h. ohne Bildung von Staubfiguren.

#### 1.4.5.6. Polyamid

Wenn **organische Säuren** mit einem **organischen Amin** (einwertiger Ammoniakrest —  $\text{NH}_2$ ) umgesetzt werden, so verbinden sich beide zu einem **Säureamid**. Charakteristisch ist dafür die **Amidgruppe** —  $\text{CO} \cdot \text{NH}$ . Eine Besonderheit des Polyamids ist die Polyaddition (vgl. hierzu Abschn. 1.4.4.4, Harnstoffharze).



Abb. 1.40 Folienblasen

<sup>1)</sup> Siehe auch Aminoplaste.  $\text{NH}_2$  heißt Amidgruppe, wenn es an einen Säurerest gebunden ist, sonst Aminogruppe.

und Acrylnitril eignen sich zur Herstellung großer Gehäuse und von Haushaltsartikeln. Die Fertigprodukte dieser Kunststoffgruppe sind: **Lebensmittelverpackungen** (Folien und Behälter), **Spielzeug, Apparategehäuse** (vgl. hierzu Abb. 1.39), **Haushaltsgegenstände**; **Handelsnamen**: Ostyrol, Polyflex, Polycell, Porresta, Styropor, Trolitul, Lupolen, Novodur.

Copolymerisate, Acrylnitril, Butadien und Styrol

**Polyamidfasern** haben eine starke Ähnlichkeit mit der Naturfaser Wolle; in beiden sorgen **Schwefelbrücken** für die **Festigkeit**.

**Polyamide (PA)** haben keinen ausgedehnten Temperaturbereich, sondern einen ziemlich scharf begrenzten Schmelzpunkt. Oberhalb des Schmelzpunkts sind diese Stoffe zu flüssig, unterhalb zu hart, um zu Folien gewalzt zu werden. Statt des üblichen Kalandrierens oder Schlitzgießens wurde deshalb das Folienblasen entwickelt (vgl. hierzu Abb. 1.40). Dabei wird der an der Schneckenpresse geblasene Schlauch anschließend durch Walzen zu einer Folie verquetscht.

Wegen der hohen **Rückstellfähigkeit** (Elastizität) kommen Polyamidfasern in großem Umfange für die **Textilherstellung** in Betracht. Je nach Reinheitsgrad und Beimengung läßt sich unterschiedliche Schmelzviskosität erreichen, die nach drei Anwendungsbereichen unterschieden wird:

1. hochwertige Teile und Bedarfsartikel (Spritzguß),
2. technische Teile und Halbzeuge (Extrusion und Spritzguß),
3. technische Fertigfabrikate (Extrusion).

Aus Polyamidfasern werden u. a. folgende Fertigprodukte hergestellt:

**Gehäuse, Textilfasern, Profile, Folien, Kabelummantelung, Rohre, Platten, Schlauchfolien, Hohlkörper; Handelsnamen:** Nylon, Perlon, Ultramid.

#### 1.4.6. Silikone

**Silikone (SI)** sind **anorganische Werkstoffe**, im Gegensatz zu den bisher behandelten Kohlenwasserstoff-Kunststoffen. Das **Skelett des Makromoleküls** enthält statt der **CH-Gruppen SiO-Moleküle**.

An das SiO-Skelett sind teilweise organische Seitengruppen angehängt. Ausgangsprodukte sind die **Chlorsilone**, die entweder durch Reaktion von **Siliziumtetrachlorid** ( $\text{SiCl}_4$ ) mit **Magnesiumverbindungen** oder durch Erhitzen (200 bis 300 °C) von **Silizium** und **organischen Chlorverbindungen** (Methylchlorid) unter Mitwirkung von **Kupferkatalysatoren** entstehen. Weitere Zwischenstufen sind die **Silondiole** (Chlorsilon + Wasser), die durch Polymerisation und Wasserabspaltung zu den Silikonen führen.

Silikone werden wegen ihres hohen Schmelzpunkts (etwa + 250 °C) vorwiegend dort verwendet, wo die elektrischen und mechanischen Eigenschaften auch unter erhöhter Temperatur erhalten bleiben müssen. Die Silikonskala reicht von flüssig über Fett, Harz, Gummi, bis zu festen, starren und keramischen Massen. Silikonfette werden bei Temperaturen zwischen - 40 °C und + 200 °C weder hart, brüchig, noch flüssig; sie behalten also ihre Viskosität. Silikone finden Verwendung bei folgenden Fertigprodukten: **Isolierlacke** für Elektromotoren, **Fette, Folien, Formteile** der Elektrotechnik zu Isolationszwecken, **Schutzüberzüge** für witterungsempfindliche Teile (Schutz der Autolacke), **Silikonkautschuk; Handelsnamen:** Silopren, Silastic.

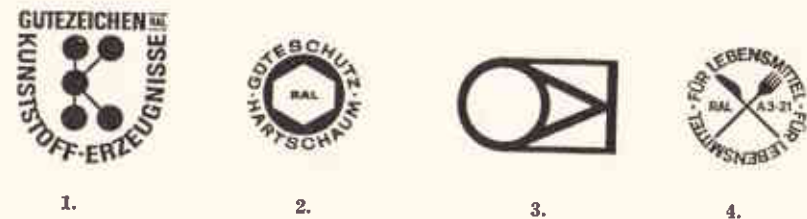
#### 1.4.7. Normung, Typisierung und Gütesicherung

Die Zahl der entwickelten Kunststoffe ist unübersehbar. Der Verbraucher wäre ausschließlich auf das Urteil der Hersteller angewiesen, wenn es keine Normung gäbe. Er kann nicht beurteilen, ob der Kunststoff z. B. gesundheitsschädlich ist oder den geforderten Werten hinsichtlich der Haltbarkeit und Beständigkeit gegen chemische Einwirkungen entspricht. So wurden die Kunststoffe bereits vor dem 2. Weltkrieg in Typen eingeteilt und die Hersteller durch die Materialprüfungsämter in Berlin-Dahlem und Darmstadt überwacht. Die Firmen kennzeichneten ihre Produkte dann durch das **Überwachungszeichen** (vgl. hierzu Abb. 1.41) nach DIN 7702.



**Abb. 1.41 — Überwachungszeichen für Fertigteile nach DIN 7702**

Nach dem 2. Weltkrieg unterzogen sich die Kunststoffhersteller und Verarbeiter einer freiwilligen Selbstkontrolle. Die verschiedenen Branchen vertreiben ihre Produkte, die festgelegten Normen entsprechen müssen, daher unter bestimmten **Gütezeichen** (vgl. hierzu Abb. 1.42).



**Abb. 1.42 — Gütezeichen**

Das Gütezeichen unter 3. ist das Kennzeichen der Hersteller für Kunststoffrohre.

#### 1.5. Baustoffe

Neben den metallischen Werkstoffen werden im Fernmeldebaudienst Stoffe verwendet, die unter der Sammelbezeichnung **Baustoffe** zusammengefaßt sind. Die wichtigsten sind Holz, Ziegel, Kalk, Zement und Gips. Diese Baustoffe sollen hier nur in dem Umfang besprochen werden, in dem sie im Fernmeldebaudienst Verwendung finden.

### 1.5.1. Holz



**Abb. 1.43 — Holz-**  
**querschnitt**

Die größte Bedeutung hat das Holz im Fernmeldebaudienst für Holzmaste in den oberirdischen Fernmeldelinien. Hierzu eignen sich am besten die harzreichen Holzarten mit dichtem Gefüge, z. B. Kiefern, Lärchen, Fichten und Edeltannen.

Ein durchgesägter Baum zeigt im Querschnitt von innen nach außen das Mark, das Kernholz, das Splintholz, den Bast und die Rinde (vgl. hierzu Abb. 1.43). Am Querschnitt eines Baumes läßt sich auch an den deutlich sichtbaren Jahresringen sein Alter abzählen.

Nach DIN 4076, Blatt 1, werden 28 Nadel- und 160 Laubhölzer europäischer und überseeischer Herkunft in alphabetischer Reihenfolge erfaßt und einheitlich bezeichnet. Die Norm enthält eine Benennung der jeweiligen Holzart und ein Kurzzeichen (Beispiel: Fichte = FI), den Hinweis auf andere handelsübliche Namen (Fichte = Weißfichte oder Europäische Fichte), so daß völlig klar ist, welche Holzart tatsächlich gemeint ist. Aufgeführt ist ferner der botanische Name des Baumes, von dem das Holz stammt, dazu der Familienname der Gattung, weiter die Rohdichte in Richtwerten für das dürrgetrocknete Holz, gemessen in Gramm je Kubikzentimeter, schließlich das Verbreitungsgebiet der Holzart (Fichte = Europa).

Die Masten werden gegen Fäulnis und andere Schädigungen in besonderen Verfahren mit Chemikalien behandelt. Zur Tränkung von Kiefern und Lärchen wird das **Teeröl-Tränkverfahren** angewendet, bei dem die Masten in Kesseln mit Teeröl unter einem Druck von 5 bis 7 atü stehen. Beim **Osmoseverfahren** werden die Masten mit **Salzen** oder **Salzgemischen** behandelt. Die Tränkung geschieht entweder im **Kesseldruckverfahren** oder nach dem **Salzverdrängungsverfahren**, bei dem die Salzlösung unter Druck von der Stirnseite her in die nicht entrindeten frischen Masten gepreßt wird.

Die bei der DBP verwendeten Masten werden nach Fuß und Zopfdurchmesser eingeteilt. Weitere Einzelheiten über Holzmasten sind dem **Band 7, Teil 2** des „Handbuchs der Fernmeldetechnik — Grundreihe“ zu entnehmen.

### 1.5.2. Ziegel

Der **Ziegel** ist einer der ältesten Baustoffe und wurde von den Römern nach Deutschland eingeführt. Er besteht aus einer gebrannten Masse, die sich aus Ton, Lehm, Kalk und Zusätzen (Sand, Sägemehl usw.) zusammensetzt.

Je nach Preßform entstehen Vollziegel, Hochlochziegel und Langlochziegel. Vormauer- und Porenziegel sowie Klinker der verschiedensten Arten unterscheiden sich nach ihrer Zusammensetzung und der Brenndauer. Die Mauerziegel werden in verschiedenen Größen hergestellt. Das heute geltende Normalmaß für Ziegel hat die Abmessungen 240 mal 115 mal 71 mm.

Im Fernmeldebaudienst werden die Ziegel zum Abdecken von Erdkabeln, zum Schutz von Lötstellen und beim Bau von Kabelschächten verwendet. Für den Kabelschachtbau werden Vormauerziegel VMz 250 (Hartbrandziegel) verlangt. Neben hoher Druckfestigkeit und ausreichender Dichte müssen sie frei von Stoffen sein, die späteres Abblättern und schädliches Ausblühen verursachen können.

### 1.5.3. Kalk

Kalk ( $\text{CaO}$ ) wird durch Erhitzen (Brennen) von **Kalkstein** ( $\text{CaCO}_3$ ) gewonnen. Durch Erhitzen wird **Kohlensäure** ( $\text{CO}_2$ ) ausgetrieben. Dieser gebrannte Kalk macht bei der Berührung mit Wasser unter starker Wärmeentwicklung eine chemische Wandlung durch; es entsteht **gelöschter Kalk** ( $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$ ). Die OH-Gruppe kennzeichnet gelöschten Kalk als **Kalilauge**, was auch seine ätzende Wirkung erklärt.

Gelöschter Kalk wird unter Beimischen von Sand zur Herstellung von **Mörtel** verwendet. Mörtel ist das Bindemittel zwischen den Mauerziegeln beim Bau von Häusern, gemauerten Kabelschächten usw.

Der Engländer Davy isolierte um 1800 das Metall Kalzium aus gelöschtem Kalk, den er als Elektrolyten benutzte und mit Hilfe von Elektroden zur Elektrolyse des Kaliums ausnutzte.

### 1.5.4. Zement und Beton

Zement besteht im wesentlichen aus Verbindungen von Kalziumhydrat mit Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxid. Er wird für die Herstellung von **Beton** und als Bindemittel im **Zementmörtel** benötigt. Zement härtet an der Luft und auch unter Wasser. Der Zementmörtel wird wie der Kalkmörtel zum Mauern verwendet. Im Fernmeldebaudienst hat der Zement besondere Bedeutung als Werkstoff für die Herstellung von Stahlbetonfertigschächten und von Kabelschächten aus Ortbeton (Stampfbeton), von **Betonzeug** (Kabelkanalformsteinen, Schachtabdeckungen, Kabelfertigschächte) u. v. a. m.

Der **Beton** entsteht durch Mischen von Zement, verschiedenen **Zuschlagstoffen** und **Wasser**. Bei der Herstellung von Kabelschächten

werden z. B. Zuschlagstoffe wie Sand, Kies, Steinsplitt und Steinschlag benötigt. Der Zement wird mit den Zuschlagstoffen und Wasser gemischt. Beim Erhärten werden dann die Zuschlagstoffe zu einem

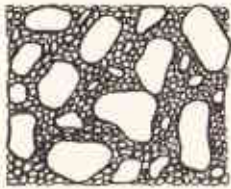


Abb. 1.44 — Beton-  
gefüge

festen Gestein, dem Beton, verkittet. Die Güte des Betons und seine **Druckfestigkeit** hängen hauptsächlich von der **Kornzusammensetzung** der Zuschlagstoffe ab. Um ein dichtes Gefüge des Betons zu erzielen, müssen möglichst alle Korngrößen vorhanden sein, so daß wenige Hohlräume entstehen (vgl. hierzu Abb. 1.44). Bei der Herstellung von **Stahlbeton** werden zur Erhöhung der Festigkeit des Bauwerks oder Bauteils Eisen- und Stahlteile (**Baustahlgewebe**, **Moniereisen**) in die Mischung eingebracht. In diesem Falle dürfen die Zuschläge keine Stoffe enthalten, die den Stahl angreifen und zersetzen.

Zur Zubereitung des Betons eignet sich am besten Regen- oder Leitungswasser. Im Wasser sollen keine verunreinigenden Bestandteile, besonders keine Öle und Fette, enthalten sein. Beim Abbinden des Zements wird durch einen chemischen Umwandlungsprozeß im Beton Wärme hervorgerufen. Es muß daher für genügend Feuchtigkeit des Betons während des Erhärtens gesorgt werden.

### 1.5.5. Gips

Gips besteht hauptsächlich aus wasserhaltigem, schwefelsaurem Kalk. Er kommt in Form von durchscheinenden großen Kristallen (Gipsspat), in blättrigen Tafeln (Fraueneis) und in körnig-kristalliner Form (Alabaster) vor. Dieser **Gipsstein** verliert bei Erhitzung seinen Wassergehalt.

Als gebrannter Gips kommt er in den Handel und wird als **Baugips** verwendet. Er erhärtet (versteift) beim Anrühren mit Wasser schnell, mit Sand vermischt langsamer und wird deshalb zum Ausfüllen von Löchern und zum Eindübeln genommen.

## 1.6. Hilfsstoffe

Hilfsstoffe dienen der Bearbeitung von Werkstoffen, wie z. B. Schleif- und Poliermittel, Lote usw., dem Schutz der Werkstücke und Werkzeuge, wie z. B. Fette, Farben usw., und dem Betrieb von Maschinen, wie z. B. Gleitmittel und Schmierstoffe. Nachstehend werden nur einige wichtige Hilfsstoffe kurz beschrieben. Kleber sind im Abschnitt 2.6, Bearbeitungsverfahren von Kunststoffen, beschrieben.

### 1.6.1. Hilfsstoffe zum Oberflächenschutz der Metalle

Die metallischen Werkstoffe werden im Laufe der Zeit durch äußere Einflüsse zersetzt. Da die Zersetzung von der Oberfläche her nach innen fortschreitet, muß die Oberfläche besonders geschützt werden. Der Vorgang der Zersetzung heißt **Korrosion**, bei Eisen und Stahl **Rost**. Bei einigen Metallen (Edelmetalle, Kupfer, Aluminium) ist die Korrosionsschicht sogar erwünscht, weil sie dicht und fest ist und den Werkstoff vor weiterer Zersetzung bewahrt. Bei den meisten Eisenwerkstoffen ist diese Schicht aber so porös, daß die Korrosion ständig fortschreiten kann.

#### 1.6.1.1. Korrosion

Die Korrosion oder Zersetzung beruht auf rein chemischen und elektrochemischen Vorgängen, auch wenn es sich um Kontaktkorrosion oder interkristalline Korrosion handelt. Das Zersetzen der Metalle durch den Luftsauerstoff (Sauerstoffverbindungen) und durch Flüssigkeiten (besonders säurehaltige) ist ein **chemischer Vorgang**.

Bei der **elektrochemischen Korrosion** spielen sich ähnliche Vorgänge ab wie in einem galvanischen Element. Nach der elektrochemischen Spannungsreihe reagieren zwei Metalle miteinander in einem Elektrolyten positiv und negativ. Weil Wasserstoff und alle Metalle mit dem Strom wandern, wird das negative Metall durch elektrischen Strom zersetzt. Was in der Elektrotechnik zur Erzeugung elektrischer Energie ausgenutzt wird, ist allgemein wegen der Zerstörung der Metalle unerwünscht. Als Elektrolyte treten dabei See-, Leitungs- und Regenwasser, Handschweiß, Luftfeuchtigkeit, Rückstände von Schweiß- und Lötmitteln usw. auf. Ein Nagel in einer Dachrinne, ein Eisendraht auf einer Bronzeleitung, Metallspäne eines Metalls auf einem anderen u. a. m. können zur **Kontaktkorrosion** führen. Korrosion zwischen Metallkristallen einer Legierung wird als **kristalline Korrosion** bezeichnet. Durch Feuchtigkeit entsteht zwischen diesen Kristallen ein galvanischer Strom, dabei werden die Minuskristalle zerrissen und dadurch das Gefüge des Werkstoffs zerstört.

In wenigen Fällen lassen sich die Metalle legieren, die in der Spannungsreihe nahe beieinanderliegen, so daß die galvanische Wirkung gering ist. Meistens ist aber ein Oberflächenschutz erforderlich, der den Zutritt eines Elektrolyten verhindert.

Vagabundierende Ströme von elektrischen Bahnen verursachen an Kabeln elektrolytische Korrosion. Es handelt sich um eine unerwünschte Elektrolyse. An der Stromaustrittsstelle wird das Metall des Kabelmantels zersetzt.

#### 1.6.1.2. Oberflächenschutz

Metalloberflächen lassen sich durch Öle, Fette, Farben (Lacke), chemisch erzeugte Überzüge, Metallüberzüge und Kunststoffüberzüge gegen Korrosion schützen. Die Schutzüberzüge sollen den Zutritt von Sauerstoff und Feuchtigkeit verhindern.

#### 1.6.1.2.1. Fette

Viele Eisen- und Stahlteile müssen mit Rücksicht auf ihren Verwendungszweck blank bleiben (Meßgeräte, Gleitflächen, Gewinde, Bolzen usw.) und daher durch **Einölen und Einfetten** mit säurefreien Ölen und Fetten gegen Rost geschützt werden. Hierzu wird **Mineralöl** oder mineralisches Fett (Vaseline, Staufferfett) verwendet, das rechtzeitig erneuert werden muß. Auch Leichtmetalle können — insbesondere während ihrer Lagerung — eingeölt oder eingefettet werden.

#### 1.6.1.2.2. Farben (Lacke)

Für **Anstriche** müssen die zu schützenden Flächen von Rost oder anderen Korrosionsschichten und Verunreinigungen mit Hilfe von **Spezialentrostungsmitteln, Sandstrahlen oder Stahlbürsten** befreit werden, damit sich die Korrosion nicht unter dem Schutzüberzug fortsetzt. Außerdem sind die Flächen noch mit Waschbenzin, Benzol oder sonstigen **Entfettungsmitteln** zu entfetten. Je nach dem Verwendungszweck und nach der erforderlichen Güte kommt ein einmaliger oder mehrfacher Anstrich in Frage.

Eine hohe Qualität des Farbschutzes ist ohne **Mehrfachanstrich** nicht zu erzielen; hierbei wird unterschieden nach Grund-, Zwischen- und Deckanstrich. Der **Grundanstrich** muß sich zum Werkstück chemisch neutral verhalten, gut haften und einen guten Haftgrund für den nächsten Anstrich ergeben. Von den **Zwischen- und Deckanstrichen** wird verlangt, daß sie wasserundurchlässig, hart, lichtecht und u. U. hitzebeständig sind. Alle Anstriche müssen so elastisch sein, daß sie bei Wärmeausdehnung des Werkstücks nicht platzen.

Die verwendeten Farben, **Mennige** für den Grundanstrich, **Öl- und Lackfarben** für Zwischen- und Deckanstriche, müssen den **RAL<sup>1)</sup>-Bedingungen** entsprechen. Lackanstriche mit **Nitro-Zelluloselack** oder **Kunstharzlack** sind elastisch, sehr widerstandsfähig und ergeben ein schönes Aussehen. Die Farben werden entweder durch **Streichen** oder **Aufspritzen** aufgetragen. Vielfach werden die Werkstücke auch in ein Farbbad **getaucht**. Die **Lufttrocknung** nach dem Lackieren dauert 5 bis 6 Stunden, die **Ofentrocknung** (Einbrennen bei 120 bis 140 °C) 50 bis 60 Minuten.

#### 1.6.1.2.3. Emaile

Emailliert werden hauptsächlich Haushaltsgeräte und chemische Apparate aus Stahl oder Grauguß. Emaile ist eine Masse aus Glaspulver und Farbstoffen. Die gespritzten oder getauchten Werkstücke

<sup>1)</sup> RAL = Reichsausschuß für Lieferungen.

werden im Emailofen bei 600 bis 900 °C gebrannt. Die Emaile ist sehr hart, hitzebeständig und chemisch widerstandsfähig, aber sehr spröde und platzt bei Schlägen leicht ab.

#### 1.6.1.2.4. Phosphatieren

Beim **Phosphatieren** wird auf den Stahlteilen chemisch eine Schutzschicht aus Eisenphosphat erzeugt. Das Werkstück kann nach dem Phosphatieren geschwärzt, eingeölt, angestrichen oder gespritzt werden. Phosphatierte und anschließend mit Lack überzogene Werkstücke sind äußerst korrosionsbeständig. Es kommen zunehmend Farben in den Handel, die zur Eisenphosphatbildung führen. Die Stahlteile brauchen nur grob entrostet zu werden, weil sich die kleinen Rostpartikel ebenfalls in Eisenphosphat umwandeln.

#### 1.6.1.2.5. Eloxalverfahren

Bei Aluminium wird das Eloxalverfahren angewendet (Eloxal = elektrisch oxydiertes Aluminium). Das Aluminium-Werkstück als Anode bildet mit einer Bleiplatte als Katode in Schwefelsäure ein galvanisches Element. Gleichstrom setzt am Werkstück Sauerstoff frei und ruft auf diesem eine Oxidschicht, die **Eloxalschicht**, hervor.

Diese Schicht stellt einen sehr guten Isolator dar, besitzt eine große Härte, läßt sich färben und polieren und macht damit Aluminium zu einem beliebten Konstruktionselement für Verkleidungen und Leistenabschlüsse. Sie ist gegen chemische Einflüsse sehr widerstandsfähig und äußerst wärmebeständig. Der Korrosionsschutz kann durch Fetten, Wachsen oder Streichen noch erhöht werden.

#### 1.6.1.2.6. Metallüberzüge

Metallüberzüge aus **Zink** sollen Stahl z. B. vor Rost schützen. Soll der Metallüberzug ein besseres Aussehen verleihen und gleichzeitig vor Korrosion bewahren, so wird der Stahl **verzinkt, verkadmiiert, vernickelt** oder **verchromt**, zur Verhinderung chemischer Einflüsse **verbleit**.

Bei allen Metallüberzügen ist das elektrochemische Verhalten des Schutzmetalles zum Grundmetall des Werkstücks außerordentlich wichtig (elektrochemische Spannungsreihe). Wird z. B. bei einem Zinküberzug auf Stahl der Überzug verletzt und tritt Feuchtigkeit hinzu, so ist das Zink dem Grundmetall gegenüber negativ. Der Zinküberzug wird zerfressen, die Zerstörung des Grundmetalls verzögert. Umgekehrt kann bei einem positiven Schutzmetall das

Grundmetall angegriffen werden. Die Korrosion kann bei Verletzung des positiven Schutzmetalls sogar unter dem Überzug fortschreiten, bis dieser durch den Rost wegen seines größeren Volumens abgesprengt wird. Elektrische positive Schutzmetalle müssen deshalb besonders dicht sein und fest haften.

Zur Herstellung von Metallüberzügen nach verschiedenen **Metallauftragsverfahren** sind die zu überziehenden Werkstücke vorher zu reinigen und zu entfetten. Beim **Tauchverfahren** setzt sich flüssiges Metall als dünne Schicht auf der Oberfläche des Werkstücks fest (verzinken). Schutzmetalle kann man auch durch Zerstäuben des flüssigen Metalls mittels Druckluft **aufspritzen**. Beim **Plattieren** wird das Schutzmetall auf die Oberfläche des zu schützenden Werkstücks warm aufgewalzt. Das **galvanische Vermetallen** geschieht mit Hilfe der Elektrolyse.

#### 1.6.1.2.7. Kunststoffüberzüge

**Kunststoffüberzüge** auf Metall schützen vor Korrosion und sind elektrisch isolierend. Sie werden im Spritzverfahren in etwa 0,8 bis 2 mm Dicke aufgetragen. Die Werkstückoberfläche wird vor dem Aufspritzen meistens durch Sandstrahlen aufgeraut.

#### 1.6.2. Schmierstoffe

Schmierstoffe sollen die Reibung zwischen sich drehenden oder aufeinander gleitenden Maschinenteilen verringern.

Als Schmieröle werden **Mineralöle** und **auf Kunsthartzbasis aufgebaute Öle** benutzt. Pflanzenöle eignen sich wegen der Oxydation nicht.

Die Anwendungsbereiche lassen sich grob wie folgt unterteilen:

1. Schmieren von Geräten, z. B. Hebdrchwähler,
2. Schmieren von Maschinen, z. B. Bohrmaschinen und
3. Schmieren von Motoren, z. B. Verbrennungsmotoren von Kfz.

Die Gerätehersteller geben meistens den Geräten Schmieranweisungen und Pflegevorschriften mit. Darin sind Bestimmungen über die Säurefreiheit und Viskosität (Grad der Zähflüssigkeit) der zu verwendenden Fette und Öle enthalten (vgl. hierzu nachstehende Übersicht).

### Schmiermittel

| Verwendung       | Schmiermittel | Zähflüssigkeit | DIN   |
|------------------|---------------|----------------|-------|
| Kugellager       | Naturvaseline |                | —     |
| Triebwerke       | Stauferfett   |                | 51823 |
| Getriebe         | Getriebefett  |                | 51509 |
| Wälzlager        | Wälzlagerfett |                | 51825 |
| Zahnräder        | Zahnradfett   |                | 51823 |
| Förderwagenlager | Spritzfett    |                | 51822 |
| Motoren          | Dynamoöl      | 3..7           |       |
| Lager            | Lageröl       | 3..7,5         |       |
| Getriebe         | Öl            | 8..9           | 51509 |
| Wähler           | Knochenöl     |                |       |

Für die Pflege von Hebdrchwählern ist harzfreies Knochenöl zu verwenden.

Der Schmierfilm wird immer nur für den angegebenen Temperaturbereich gewährleistet.

#### 1.6.3. Kühlmittel

Eine Emulsion aus Mineralöl und Wasser wird als Kühlmittel beim Bohren verwendet. Das Öl wird im Wasser verwirbelt und bildet so eine milchige Flüssigkeit. Die Öltröpfchen lassen die Bohrerfase besser an der Bohrlochwand gleiten, und das Wasser kühlt Schneide und Werkstück.

Bei Fertigungsautomaten (z. B. Schraubendrehautomaten) kühlt ein ständiger Ölstrom Werkstoff und Werkzeug.

#### 1.6.4. Reinigungsmittel

Reinigungsmittel haben bei technischer Anwendung die Aufgabe, entweder **Schmiermittel- oder Korrosionsrückstände zu beseitigen**, die das Gleiten von Maschinen und Geräteteilen behindern, oder eine gute **Haftgrundlage** für Werkstoffverbindungen oder Oberflächenschutz zu erzielen.

#### 1.6.4.1. Reinigen von Gleitflächen

Auf dem Fernmeldesektor kommt dem Reinigen von Wählern besondere Bedeutung zu. Die als Gleitmittel verwandten Öle verharzen mit der Zeit und verfestigen sich unter Aufnahme von Staub und Metallabrieb. Beim Reinigen müssen daher alle Rückstände gründlich beseitigt werden. Dazu dient besonders Inhibisol. Bei Verwendung von Tetrachlorkohlenstoff (oft kurz Tetra genannt) sind wegen der gesundheitsschädlichen Dämpfe Absauganlagen vorgeschrieben. Eine ähnlich reinigende Wirkung haben Waschbenzine, die von schwerflüchtigen Bestandteilen weitgehend gereinigt sind. Dennoch enthalten sie ölige Anteile, die die Gleitmittel ungünstig beeinflussen können.

#### 1.6.4.2. Reinigen von Verbindungsflächen

Beim Löten, Kleben und Warmverschweißen von Kunststoffen müssen die Verbindungsflächen vorher gut gereinigt werden. Vor allem kommt es auf die Beseitigung auch minimaler Fettspuren an, die schon von Fingerabdrücken herrühren können. Fett wirkt immer wie ein Trennmittel.

Beim Weichlöten von Zinkblechen, z. B. für Dachrinnen, dient als Reinigungsmittel Lötwasser. Das ist Salzsäure (HCl), die durch „Abbrennen“ weitgehend in Zinnchlorid (ZnCl) verwandelt wurde. Das Abbrennen, wie man den Vorgang wegen der starken Rauchentwicklung nennt, geschieht, indem man Zinkstückchen in die Säure wirft. Eisenblech wird mit Salzsäure gereinigt.

Beim Hartlöten nimmt man Borax, das wegen der höheren Arbeitstemperatur besser die Oxydation verhindert. Beim Kleben von Kunststoffen werden Reinigungsmittel vom Hersteller vorgeschrieben.

### 1.7. Werkstoffprüfung

Vor der Verarbeitung von Werkstoffen werden bestimmte Eigenschaften der Werkstoffe, wie Festigkeit, Zähigkeit, Elastizität, Härte usw., sorgfältig daraufhin geprüft, ob sie den später an sie gestellten Ansprüchen auch gewachsen sein werden.

Die in der Werkstatt möglichen Prüfverfahren lassen ohne umfangreiche Vorbereitungen bestimmte Verarbeitungs- und Verwendungsformen für die verschiedenen Werkstoffe mit einiger Sicherheit erkennen, allerdings ohne daß ein zahlenmäßiges Ergebnis wie bei der Werkstoffprüfung im Laboratorium zustande kommt. Bei diesen Werkstattversuchen werden lediglich Arbeitsvorgänge wie Biegen

Strecken, Stauchen usw. an einem Versuchsstück aus gleichem Werkstoff in kaltem oder warmem Zustand nachgeahmt und danach die Werkstoffe beurteilt.

#### 1.7.1. Prüfen der Oberfläche

Die vom Hüttenwerk gelieferten Werkstoffe sind meistens mit Werkstoffnummern (vgl. hierzu Abschn. 1.1.4.1, Normung) versehen. Fehlen diese Zeichen, dann kann das Aussehen der Oberfläche zum Erkennen der Werkstoffart dienen. An ihrem Aussehen können folgende Werkstoffe deutlich erkannt werden:

1. **Gewalzter Baustahl** hat eine verzünderte Oberfläche, seine Form und die Maße sind ungenau.
2. **Gewalzter Werkzeugstahl** hat scharfe Kanten, seine Oberfläche ist schwarzgrau glänzend und wenig verzündert.
3. **Gezogener Werkzeugstahl** hat genaue Formen und Maße, seine Oberfläche ist blank und silberweiß glänzend.
4. **Grauguß** hat eine schwarzgraue bis graublaue, rauhe und körnige Oberfläche.

#### 1.7.2. Prüfen der Zusammensetzung

Die **Funkenprobe** läßt aus der Form und der Farbe der Schleiffunken einen begrenzten Schluß auf die Zusammensetzung eines Stahls zu (vgl. hierzu Abb. 1.45). Die **Funkenbilder** werden mit einer Tabelle verglichen, die über Art und Legierungsbestandteile Aufschluß gibt. Es empfiehlt sich, bei Fehlen der Tabelle zum Vergleich das Stück eines schon bekannten Stahls anzuschleifen. Die Funkenprobe beschränkt sich auf die Beurteilung von Eisen und Stahl.

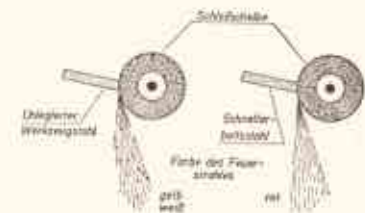
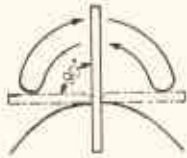


Abb. 1.45 — Funkenprobe

#### 1.7.3. Prüfen der Materialeigenschaften

Bei der **Bruchprobe** gibt die frische Bruchfläche wertvolle Hinweise über Art, Zusammensetzung und Vorbehandlung eines Werkstoffs. **Grauguß** hat einen grauen, grobkörnigen Bruch. **Stahl** hat im Anlieferungszustand geringe Festigkeit und Härte, wenn seine Bruchfläche



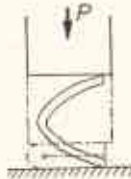
**Abb. 1.46 — Hin- und Herbiegeprobe**

grobes Korn zeigt, feines Korn weist auf hohe Festigkeit und Härte hin, stark vergrößertes Korn läßt auf eine Überhitzung des Stahls schließen.

Bei der Hin- und Herbiegeprobe werden Bleche, Rund- und Flachprofile auf ihre Zähigkeit untersucht (vgl. hierzu Abb. 1.46). Die Anzahl der Biegungen bis zum Bruch läßt auf Festigkeit, Zähigkeit und Formveränderungsvermögen des Werkstoffs schließen.



**Abb. 1.47 Biegeprobe**



**Abb. 1.48 Faltprobe**

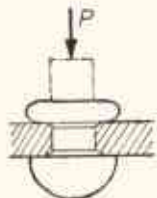
Die Biege und Faltprobe prüft Flach-, Rund- und Vierkantstäbe sowie Blechstreifen auf ihre Verformbarkeit. Walz- und Rost müssen vor der Prüfung entfernt werden. Der bis zum Einreißen erreichte Biege- und Falzwinkel gibt Aufschluß über die Zähigkeit des

Probekörpers. Manchmal wird auch ein vollständiges Falten verlangt (vgl. hierzu Abb. 1.47 und 1.48).



**Abb. 1.49 Streck- und Ausbreitprobe**

Bei der Streck- und Ausbreitprobe (vgl. hierzu Abb. 1.49) wird Flachstahl mit der Hammerflanke auf seine zwei- bis dreifache Breite ausgehämmt. Werkstoffe mit guter Verformbarkeit dürfen dabei nicht einreißen.



**Abb. 1.50 Stauchprobe**

Die Stauchprobe gibt darüber Aufschluß, wie sich ein Nietstahl beim Aufstauen des Kopfes verhält. Bei der Stauchung des zylindrischen Probekörpers auf ein Drittel seiner ursprünglichen Höhe dürfen keine Risse auftreten (vgl. hierzu Abb. 1.50).



**Abb. 1.51 Bördelprobe**

Bei der Bördelprobe wird der Rand eines Rohrstücks mit dem Hammer um 60° oder 90° ausgebördelt (vgl. hierzu Abb. 1.51). Der Versuch kann auch an einem Blech durchgeführt werden; dieses wird dann mit einem großen Loch versehen, und der Lochrand wird gebördelt. Der Werkstoff muß sich so weit verformen lassen, wie es am fertigen Werkstück gefordert wird.



**Abb. 1.52 Loch- oder Aufdornprobe**

Die Loch- oder Aufdornprobe ist in Abb. 1.52 dargestellt. Ein Stück Flachstahl wird gelocht und mit einem kegelförmigen Dorn (Steigung 1:10) auf den doppelten Durchmesser aufgeweitet. Die Dicke des Probekörpers muß bei diesem Versuch ein Fünftel seiner Breite betragen; der Lochdurchmesser muß vor dem Aufdornen gleich 2mal Probekörperdicke sein.

Um die Schmiedbarkeit eines Werkstoffs festzustellen, werden die Probekörper bei Warmproben auf Schmiedetemperatur erhitzt und anschließend den gleichen Versuchen wie bei den Kaltproben (Strecken, Stauchen, Biegen usw.) unterworfen.

Härte- und Schweißproben sind zwar in der Werkstatt grundsätzlich möglich, führen aber mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nur zu ungenauen Resultaten und sollten deshalb besser im Laboratorium durchgeführt werden.

Mit einer guten, aber nicht zu neuen Schlichtfeile wird in der Feilprobe der ungefähre Härtegrad eines Werkstücks festgestellt. Die Feile greift um so weniger an, je härter der Stahl ist.

Durch die Klangprobe läßt sich die Qualität eines Stahls feststellen. Das freischwebende Probekörper wird mit einem Hammer geschlagen. Bei hochwertigem Stahl ertönt ein reiner, lang anhaltender Ton, unlegierter Kohlenstoffstahl gibt einen unreinen, kurzen Ton.

## 2. Werkstoffbearbeitung

### 2.1. Messen und Anreißen

#### 2.1.1. Messen

**Messen heißt Vergleichen mit einer bestimmten, gesetzlich festgelegten Maßeinheit.** Entweder wird der zu messende Gegenstand mit dem bekannten Maß unmittelbar verglichen (unmittelbares Messen) oder indirekt, z. B. mit Hilfe eines Innentasters beim Messen des Innendurchmessers eines Hohlzylinders (mittelbares Messen). Nach DIN 1319 ist Messen ein experimenteller Vorgang, durch den ein spezieller Wert einer physikalischen Größe (Meßgröße) — der Meßwert — als Vielfaches einer Einheit oder eines Bezugswerts ermittelt wird.

##### 2.1.1.1. Meßfehler

Bei jeder Messung können Geräte- oder Bedienungsfehler auftreten. Deshalb sollten folgende Arbeitsregeln beim Messen beachtet werden:

1. Meßwerkzeuge nur zum Messen benutzen!
2. Sorgfältig und mit Gefühl messen!
3. Meßwerkzeuge vor Beschädigungen und Verschmutzung schützen!
4. Nur saubere, entgratete Werkstücke messen!
5. Nie am bewegten Werkstück oder bei laufender Maschine (Unfallgefahr) messen!
6. Nie erhitzte Werkstücke (Bezugstemperatur beachten) messen!
7. Meßwerkzeuge abseits von den anderen Werkzeugen auf einer weichen Unterlage ablegen!
8. Meßwerkzeuge regelmäßig pflegen und prüfen!

##### 2.1.1.2. Metrisches Maßsystem

Dem metrischen Maßsystem liegt das **Urmeter** als Ausgangsmaß zugrunde.

Es wird in Paris aufbewahrt und ist der 40 000 000. Teil des Erdumfangs. Die der Meterkonvention angeschlossenen Staaten erhielten je eine Kopie des Urmeters. Das Urmeter besteht aus einer Platin-Iridium-Legierung, die eine sehr geringe Wärmeausdehnungszahl hat. Der Querschnitt des Urmeters ist x-förmig, er schützt weitgehend vor Formveränderung.

Für genaueste Längenmessungen werden in der modernen Meßtechnik **Lichtwellen** als Maßgrundlage verwendet. Hierbei werden Ungenauigkeiten, die bei

der Übertragung vom Urmeter auf die Nachbildung unvermeidbar sind, ausgeschaltet. Nach der 11. Generalkonferenz für Maße und Gewichte (1960) ist das Meter das 1 650 763,73fache der Wellenlänge der Strahlung, die von Atomen des Gases Krypton ausgeht (dabei muß sich Krypton in einem bestimmten Energiezustand befinden). Die genaue Beschreibung soll die Reproduzierbarkeit des Maßstabs in jedem entsprechenden Laboratorium ermöglichen.

In einigen Ländern ist nicht das Meter, sondern das **Zoll** (") die Maßeinheit, 1" = 25,4 mm. Teile des Zolls werden in echten Brüchen angegeben ( $\frac{1}{8}$ ",  $\frac{1}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ " usw.).

Vom Meter sind die anderen Maßeinheiten abgeleitet, wie Quadratmeter ( $m^2$ ) und Kubikmeter ( $m^3$ ). Wo das Grundmaß für die Benennung zu groß ist, wird es durch **Vorsätze** verkleinert: 1 m = 10 dm = 100 cm = 1000 mm (Maße auf Zeichnungen sind in mm angegeben) oder wo es zu klein ist, vergrößert: 1 km = 1000 m. Die kleinste Maßeinheit des Meters ist 0,001 mm = 1 Mikron ( $1 \mu$ ).

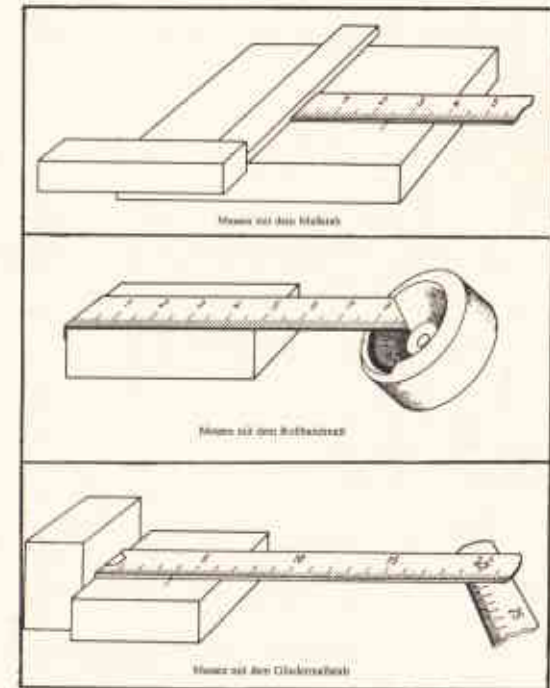
#### 2.1.1.3. Längenmeßzeuge

##### 2.1.1.3.1. Stabmaße

**Längenmeßzeuge** gibt es in Form der **Stabmaße**, **Rollmaße**, **Gliedermaßstäbe** (vgl. hierzu Abb. 2.1), **Stahlbandmaße** usw. Diese Meßgeräte werden für gröbere Messungen benutzt, wobei noch Fehler bis 1 mm auf 1 m Länge zulässig sind.

##### 2.1.1.3.2. Meßschieber

Von den Längenmeßzeugen, wie z. B. Meßschieber, **Schraublehre** (vgl. hierzu Abb. 2.4), **Tiefenschraublehre**, **Meßuhren**, **Grenzlehren**, **Endmaße** usw., sollen hier nur der **Meßschieber (Schieblehre)** und die **Schraublehre** für Außenmessungen erläutert werden.



**Abb. 2.1 — Messen mit Längenmeßzeugen**

Der Meßschieber besteht aus zwei Meßschenkeln, von denen der eine mit dem Maßstab verbunden und der andere als Schieber beweglich ist. Es gibt verschiedene Ausführungen von Meßschiebern. Am bekanntesten und zweckmäßigsten ist der **Universalmeßschieber** (vgl. hierzu Abb. 2.2), der für verschiedene Messungen, wie Innen-, Außen- und Tiefenmessung, geeignet ist.

Der Meßschieber ist ein Präzisionsinstrument. Er muß daher pfleglich behandelt werden und ist nicht zum Anreißen, Klopfen und dergleichen zu verwenden. Er soll möglichst gesondert abgelegt werden.

Mit dem Meßschieber wird folgendermaßen gemessen: Man löst die Feststellschraube des Schiebers, öffnet die Schenkel, führt den Meßschieber über den zu messenden Gegenstand und schiebt dann den beweglichen Schenkel mit sanftem Druck bis zum Anschlag. Beim Ablesen muß darauf geachtet werden, daß der Meßschieber richtig gehalten wird, z. B. beim Messen eines Außendurchmessers senkrecht zur Achse. Ist beim Ablesen der Blick behindert, Meßschieber vorsichtig abziehen und erst dann das Meßergebnis feststellen. Die Meßgenauigkeit beträgt bei normalen Schiebern  $\frac{1}{10}$  mm oder auch  $\frac{1}{20}$  mm, bei Sonderanfertigungen sogar  $\frac{1}{50}$  mm. Zur Ablesung der Millimeterbruchteile befindet sich auf der Maßeinteilung des Meßschiebers ein **Nonius**.

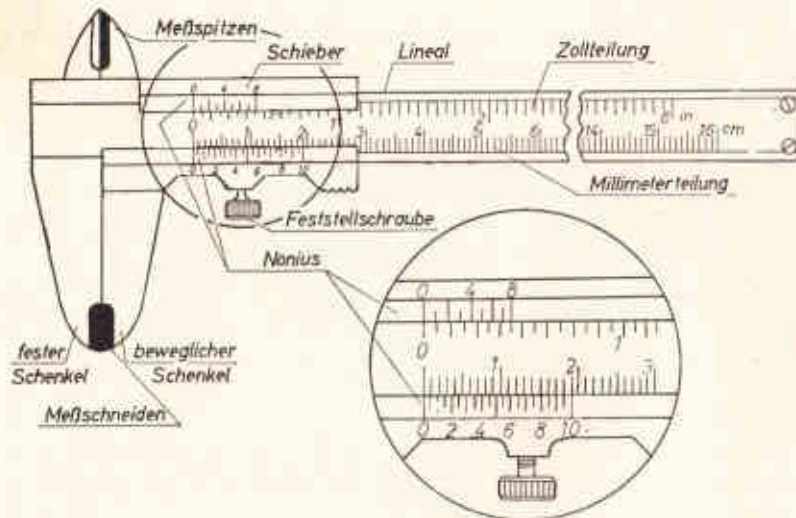
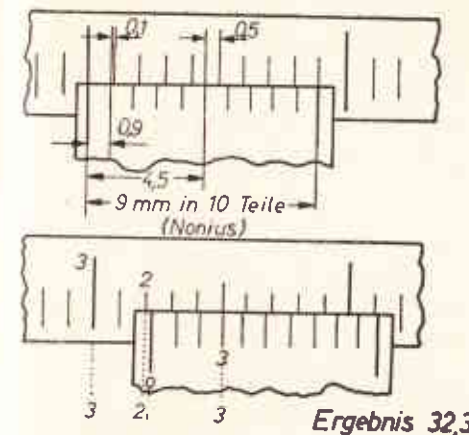


Abb. 2.2 — Universalmeßschieber

Der **Nonius** ist ein Hilfsmaßstab; mit seiner Hilfe lassen sich kleinere Meßgrößen, die nicht mehr von der Teilung des Hauptmaßstabs direkt abgelesen werden können, ermitteln. Es sind Zehner-, Zwan-



Der Nullstrich des Nonius entspricht dem Komma in der abzulesenden Zahl

Abb. 2.3 — Zehner-Nonius

ziger- und Zoll-Nonien im Gebrauch. Der gebräuchlichste Nonius, der **Zehner-Nonius**, soll anhand der Abb. 2.3 näher beschrieben werden:

9 mm sind in 10 Teile geteilt, ein Noniusteil ist also  $9 \text{ mm} : 10 = 0,9 \text{ mm}$  lang. Da die Teilung auf dem Hauptmaßstab 1 mm beträgt, kann durch den Unterschied der beiden Teilungen auf  $\frac{1}{10}$  mm genau abgelesen werden. Der Nullstrich des Nonius wird als Komma betrachtet. Man liest also erst links vom Nullstrich des Nonius auf dem Hauptmaßstab die vollen Millimeter ab und sucht dann rechts vom Nullstrich den Teilstrich des Nonius, der sich mit einem Teilstrich des Hauptmaßstabs deckt. Dieser gibt dann die Zehntel-Millimeter an. Der Nullstrich des Nonius darf dabei natürlich nicht mitgezählt werden.

#### 2.1.1.3.3. Schraublehre

Die Schraublehre, auch Meßschraube oder Mikrometerschraube genannt, erlaubt Messungen mit einer Genauigkeit von 0,01 mm. Dies wird durch eine Meßspindel mit Feingewinde ermöglicht. Eine mit der Meßspindel verbundene Metallhülse trägt eine Gravierung mit 50 Teilstrichen. 2 Umdrehungen ergeben einen Verschiebung von 1 mm, so daß ein Teilstrich der Hülse 0,01 mm anzeigt (vgl. hierzu Abb. 2.4 und 2.5).

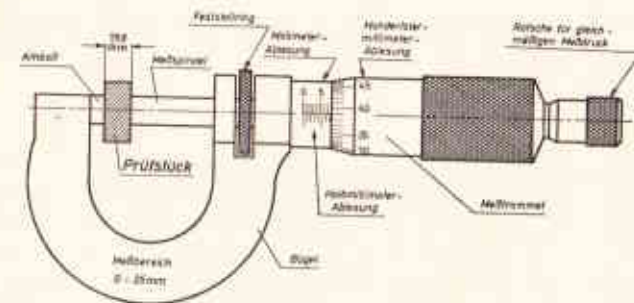


Abb. 2.4 — Schraublehre

### 2.1.1.4. Winkelmessen

Zum Messen gehört auch das Winkelmessen. Die Maßeinheit des Winkels ist der **Grad (1°)**. Ein Grad ist der 360. Teil des Kreisumfangs und wird unterteilt in 60 Minuten zu je 60 Sekunden. Die in der Werkstatt verwendeten **Prüfwinkel (feste Winkel)** haben 35°, 45°, 60°, 90° und 120°, der 90°-Winkel wird am meisten benutzt. Das Werkstück wird auf einer Tuschierplatte durch Anlegen an einen genauen Vergleichswinkel geprüft. Einstellbare Winkelprüfgeräte sind die **Schmiege** und die **Doppelschmiege** sowie der **Winkelmesser**, der eine Messung von Winkelgraden ermöglicht (vgl. hierzu Abb. 2.6).

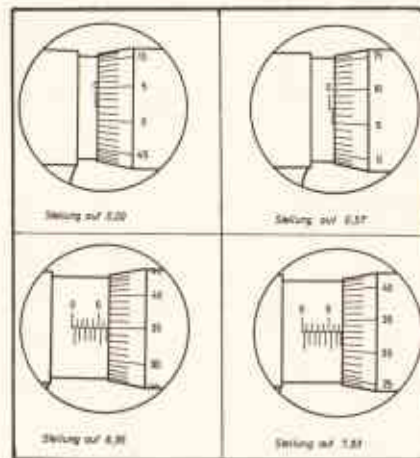


Abb. 2.5 — Einstellung der Schraublehre

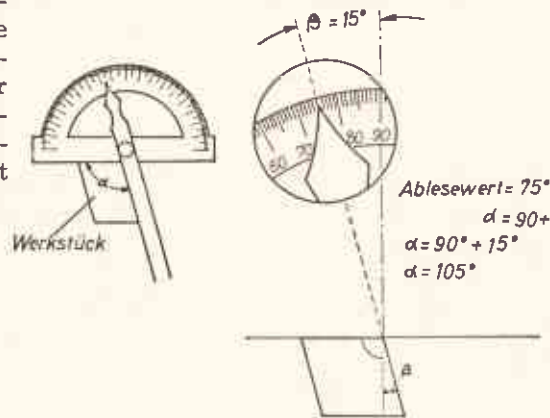


Abb. 2.6 — Ablesen des Winkelmessers

### 2.1.1.5. Flächenprüfung

Zur Flächenprüfung werden verschiedene Geräte benutzt, in der Werkstatt z. B. **Tuschierplatten** und **Lineale** mit besonders sorgfältig gearbeiteten Meßflächen. Ein **Werkstattlineal** oder bei größerer Genauigkeit ein **Haarlineal** wird mit seiner feinen, genau gerichteten Kante in verschiedenen Richtungen über die zu prüfende Fläche geführt. Unebenheiten der Fläche zeigt der zwischen Fläche und Lineal auftretende Lichtspalt an.

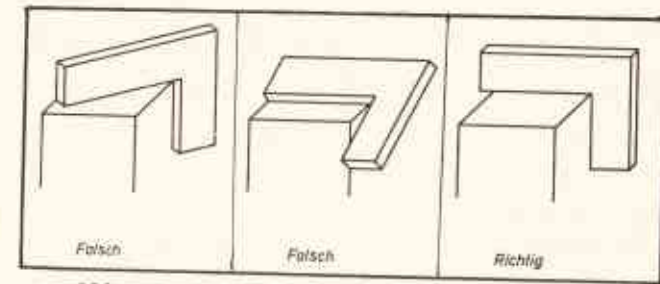


Abb. 2.7 — Flächenprüfung mit dem Haarklineal

*Anschlagwinkel* *Anschlagwinkel*

Mit Hilfe eines **Haarwinkels** werden nach dem gleichen Verfahren Werkstücke geprüft, deren Flächen nicht nur genau eben, sondern außerdem noch winklig sein sollen (vgl. hierzu Abb. 2.7). Mit der **Wasserwaage** wird geprüft, ob eine Fläche waagrecht oder senkrecht steht. Mit Hilfe von **Dosenlibellen** können Flächen nach allen Richtungen waagrecht ausgerichtet werden.

### 2.1.2. Anreißen

Der Zweck des **Anreißen** ist die Übertragung von Maßen und Formen von der Zeichnung auf das Werkstück (vgl. hierzu Abb. 2.8). Meßbare Werkstücke werden nicht angerissen. **Anreißwerkzeuge** sind die **Stahlreißnadel**, die **Messingnadel**, der **Zirkel**, der **Körner**, der **Reißstock** u. a. m.

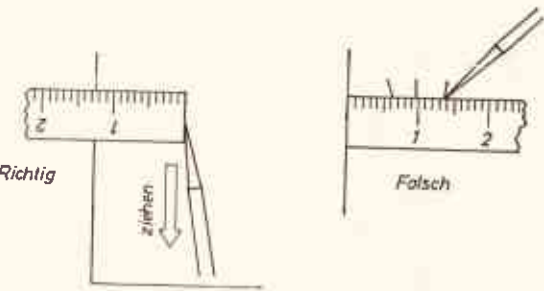


Abb. 2.8 — Antragen von Maßen

#### 2.1.2.1. Anwendung der Reißnadel

Abb. 2.9 zeigt das Anreißen mit der Reißnadel. Soll verhindert werden, daß durch die Bearbeitung des Werkstücks die Reißlinie wieder ausgelöscht wird, so wird eine **Stahlreißnadel** benutzt, soll keine Kerbwirkung entstehen, eine **Messingnadel**. Leichtmetallbleche und dünnwandige Leichtmetallwerkstücke werden mit dem **Bleistift** angerissen. Die Spitzen der Anreißnadeln sollen die Form eines schlanken Kegels haben, denn dann entstehen gute Anreißlinien.



Abb. 2.9 — Anreißn mit der Reißnadel

### 2.1.2.2. Anwendung des Zirkels

Zum Anreißn großer Werkstücke verwendet man Stahllineale, bei kleinen Werkstücken Anschlagwinkel. Während der **Stangen-zirkel** für das Übertragen größerer Maße benutzt wird, dient der **Spitzzirkel** (vgl. hierzu Abb. 2.10) zum Übertragen kleinerer Maße auf das Werkstück, zum Anreißn von Kreisen und Abtragen gleicher Teilstrecken. Die Zirkel sind aus Stahl gefertigt, ihre Spitzen sind gehärtet. Der Druck soll auf den Schenkel des Zirkels ausgeübt werden, der im Mittelpunkt steht.

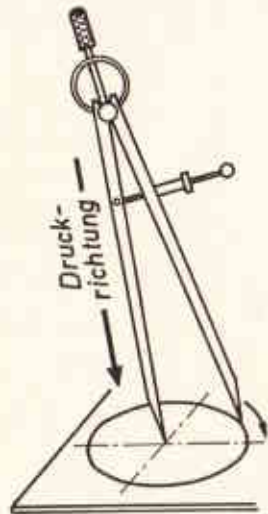


Abb. 2.10 — Anwendung des Zirkels

### 2.1.2.3. Anwendung des Körners

Der Körner wird zum Ankörnen von **Lochmittcn** und von **Reißlinien** benutzt (vgl. hierzu Abb. 2.11). Die Bohrlochmittelpunkte werden kräftig, die Reißlinien leicht angekörnt. Beim Ankörnen

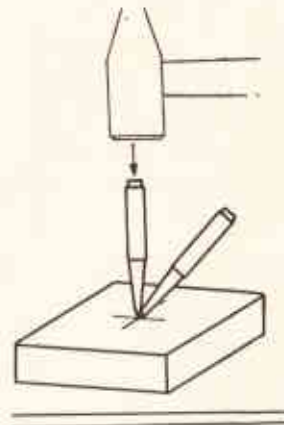


Abb. 2.11 — Anwendung des Körners

den Körner senkrecht halten, sonst verschiebt sich der Körnerpunkt! Zum Erkennen der Einsatzstelle den Körner neigen!

### 2.1.2.4. Anwendung des Reißstocks

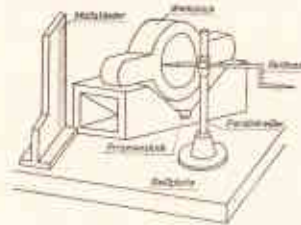


Abb. 2.12 — Anreißn mit Maßständer und Reißstock

Mit dem Reißstock kann jedes beliebige Maß von einem **Maßständer** abgenommen und auf das Werkstück übertragen werden (vgl. hierzu Abb. 2.12).

Als Unterlage dient eine Tuschierplatte. Runde Körper werden in Prismenstücken gelagert. Weitere Hilfsmittel für die Lagerung von Werkstücken sind die Parallelstücke und kleine Unterlegscheiben, die ein Verrutschen verhindern. Die anzureißenden Flächen werden mit **Kupfervitriol** (**Vorsicht Gift!**) oder mit **Anreißlack** behandelt, um die Anreißlinien gut sichtbar zu machen.

## 2.2. Spannwerkzeuge

Zum Festhalten der Werkstücke während des Bearbeitungsvorgangs dienen Spannwerkzeuge. Nachfolgend sollen die wichtigsten Spannwerkzeuge, mit Ausnahme der Spezialvorrichtungen an den Werkzeugmaschinen, kurz beschrieben werden.

### 2.2.1. Schraubstöcke

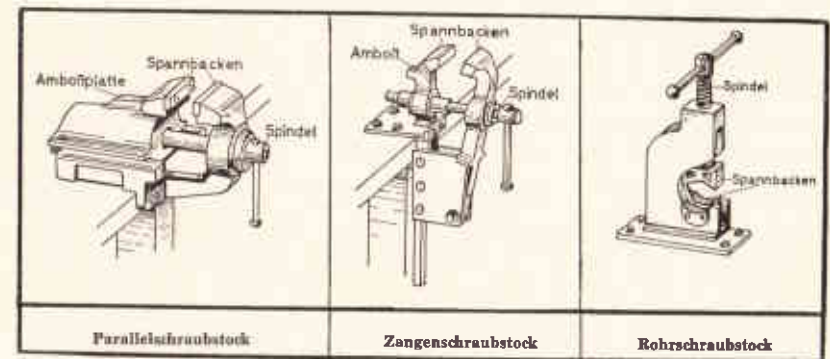


Abb. 2.13 — Schraubstockformen

Schraubstöcke gibt es mit Parallelführung oder mit Radialführung der **Spannbacken**. Der **Parallelschraubstock** (vgl. hierzu Abb. 2.13) wird hauptsächlich für Schlosser- und Mechanikerarbeiten verwendet. Die Backenbreite beträgt 50 bis 200 mm.

Der **Zangenschraubstock** (vgl. hierzu Abb. 2.13) ist sehr stabil und kann hohen Belastungen standhalten. Er findet vorwiegend bei **Schmiede- und Biegearbeiten** Verwendung. Die Backenbreite kann 100, 125, 150 und 200 mm betragen.

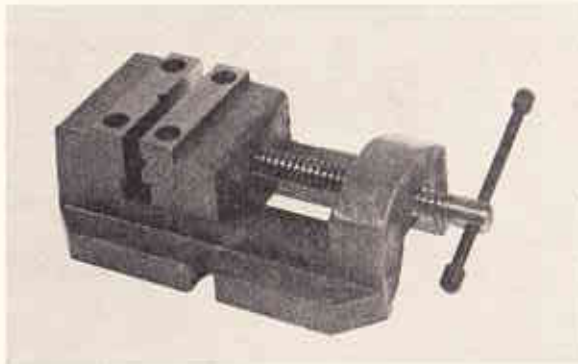


Abb. 2.14 — Maschinenschraubstock

ist ein Parallelschraubstock, mit dessen Hilfe Werkstücke schnell, sicher und fest eingespannt werden können, damit sie während der Bearbeitung an Werkzeugmaschinen nicht durch den Schnittdruck in ihrer Lage verschoben werden.

## 2.2.2. Hilfszeuge

Hilfszeuge für das Einspannen in den Schraubstock werden zum **Schutz der Werkstücke**, zum **Schutz des Schraubstocks** oder zur **besseren Bearbeitungsmöglichkeit** des Werkstücks verwendet. Die wichtigsten Hilfszeuge zeigt Abb. 2.15.



Abb. 2.15 a-e — Hilfszeuge

## 2.2.3. Hilfsspannzeuge

Hilfsspannzeuge dienen sowohl zum Spannen der Werkstücke als auch zum Spannen der Werkzeuge. Abb. 2.16 zeigt einige Hilfsspannzeuge.

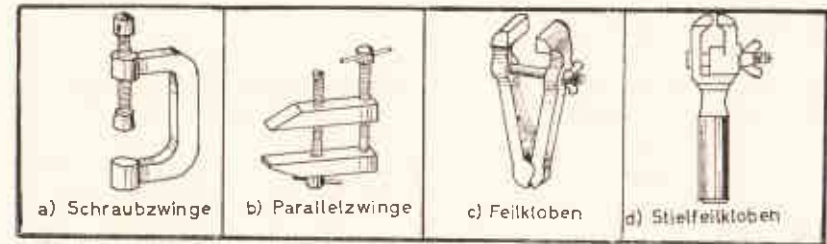


Abb. 2.16 a-d — Hilfsspannzeuge

**Schraubzwingen** und **Parallelzwingen** ermöglichen das Festklemmen von Werkstücken an beliebiger Stelle, z. B. auf Baustellen, an Gerüsten, Montagegestellen usw. Mit Hilfe der **Feilkloben** und **Stielfeilkloben** werden Werkstücke festgehalten, die freihändig bearbeitet werden.

## 2.3. Spanabhebende Verformung

### 2.3.1. Allgemeines

Begriffe und Einteilung der Fertigungsverfahren sind in DIN 8580 festgelegt (vgl. nachstehende Übersicht):

| Fertigungsverfahren            | Beispiele                             |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Urformen                    | Gießen, Sintern                       |
| 2. Umformen                    | Walzen, Ziehen, Tiefziehen            |
| 3. Trennen                     | Zerteilen, Spanen, Abtragen, Zerlegen |
| 4. Fügen                       | Passen                                |
| 5. Beschichten                 | Aufwalzen, Galvanisieren, Spritzen    |
| 6. Stoffeigenschaftsänderungen | Legieren, Härten, Anlassen            |

Feilen, Sägen, Schaben, Meißeln, Bohren, Drehen, Fräsen usw. zählen zum Spanen. Alle Werkzeuge, mit denen eine spanabhebende Verformung des Werkstücks ausgeführt wird, trennen mit ihrer Schneide Späne vom Werkstoff ab. Für den Vorgang der Spanabtrennung sind die Winkel an der Schneide von Bedeutung.

### 2.3.1.1. Keilwinkel

Der **Keilwinkel  $\beta$**  ist der Winkel des Werkzeugkeiles, der in das Werkstück eindringt (vgl. hierzu Abb. 2.17).

Je kleiner der Keilwinkel ist, um so leichter dringen die Werkzeuge in einen Werkstoff ein. Bei hohem Schnittdruck und zu kleinem Keilwinkel bricht jedoch die Schneide aus. Der Keilwinkel kann also um so kleiner gehalten werden, je weicher der Werkstoff des Werkstücks ist.

### 2.3.1.2. Freiwinkel

Der Freiwinkel  $\alpha$  ist der Winkel zwischen dem Schneidrücken des Werkzeugs und der Oberfläche des Werkstücks (vgl. hierzu Abb. 2.17).

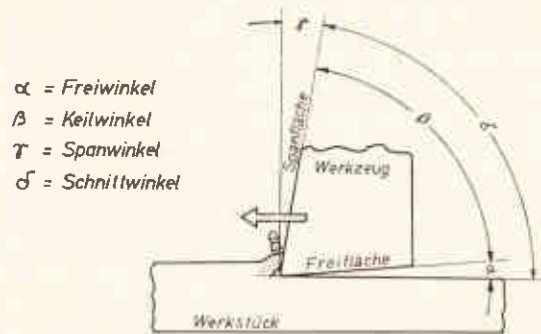


Abb. 2.17 — Grundform und Winkel der Werkzeugschneide

winkel soll nur so groß sein, daß das Werkzeug genügend frei schneidet, ohne sehr zu reiben und sich zu erwärmen.

### 2.3.1.3. Spanwinkel

Der Winkel zwischen der Spanfläche und einer gedachten Linie senkrecht zur Bearbeitungsrichtung heißt **Spanwinkel**  $\gamma$  (vgl. hierzu Abb. 2.17).

Der Span gleitet an der Span- oder Brustfläche entlang. Bei **kleinem Spanwinkel** federt die Werkzeugschneide immer etwas hin und her, was zur Folge hat, daß die Bearbeitungsfläche nicht glatt wird, sondern Stufen zeigt. Bei **sehr kleinem Spanwinkel** wird die zu bearbeitende Oberfläche besonders uneben und u. U. nicht mehr maßhaltig, weil die Spanteilchen in diesem Falle regelrecht aus dem Werkstoff herausgerissen werden (**Reißspan**). Der **große Spanwinkel** gewährleistet zwar eine glatte Oberfläche, weil sein Span zum Teil auf große Längen zusammenhängend bleibt (**Fließspan**) und nie aus dem Werkstoff herausgerissen werden kann; es gibt aber Fälle, in denen gerade der wenig abreißende Span hinderlich ist, weil die Werkzeugschneide zu schwingen beginnt. In den meisten Fällen wird deshalb ein **mittlerer Spanwinkel** gewählt. Der dann entstehende Span bröckelt in kurzen Stücken ab und heißt **Scherspan**.

### 2.3.1.4. Schnittwinkel

Der Schnittwinkel  $\delta$  setzt sich zusammen aus dem Freiwinkel und Keilwinkel (vgl. hierzu Abb. 2.17). Bei festliegendem Keilwinkel kann man den Schnittwinkel vergrößern und verkleinern. Große

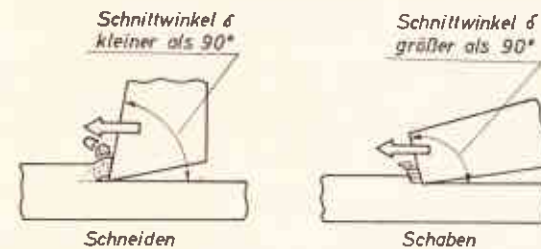


Abb. 2.18 — Schnittwinkel beim Schneiden und Schaben

Schnittwinkel ergeben großen Schnittdruck, weil der Werkstoff stark gestaucht wird. Ist der Schnittwinkel **kleiner als 90°**, schneidet das Werkzeug, ist er **größer als 90°**, schabt es (vgl. hierzu Abb. 2.18).

### 2.3.2. Feilen

Die Feile besteht aus dem **Feilenkörper** oder **Feilenblatt** mit den eingehauenen oder gefrästen **Zähnen** und der **Angel**, die zur Befestigung des **Feilengriffes** oder **-heftes** dient (vgl. hierzu Abb. 2.19).

#### 2.3.2.1. Zahnform und Hiebarten

Die gehauene **Zahnform** hat eine um 5 bis 15° nach hinten liegende Schneide (vgl. hierzu Abb. 2.19). Der gehauene Zahn hat einen negativen Spanwinkel. Der über 90° liegende **Schnittwinkel** ergibt eine schabende Wirkung. Der gefräste Zahn hat einen positiven Spanwinkel von etwa 5° (vgl. hierzu Abb. 2.19). Dadurch entsteht eine **schneidende Wirkung**.

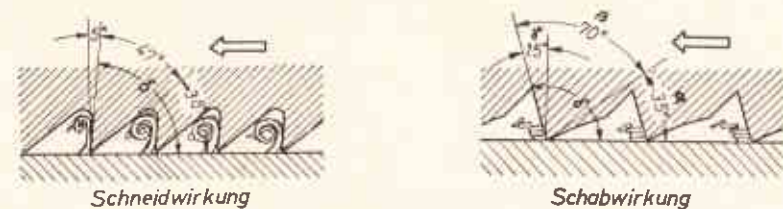


Abb. 2.19 — Gefräster und gehauener Feilenzahn

Abb. 2.20 zeigt die Entwicklung der Feile hinsichtlich der Hiebanordnung. Eine Hiebanordnung unter 90° zur Feilenachse würde zur Stauung der Späne führen. Damit die Späne abfließen können, wurde der Feilenhieb schräg zur Achse gelegt. Bogenförmig gefräste Zähne führen die Späne nach beiden Seiten ab, sie

erfordern aber eine verhältnismäßig hohe Kraftaufwendung beim Feilen. Deshalb sind die Schneiden mit Unterbrechungen versehen, die die Späne nicht zu groß werden lassen und sie gut abführen.

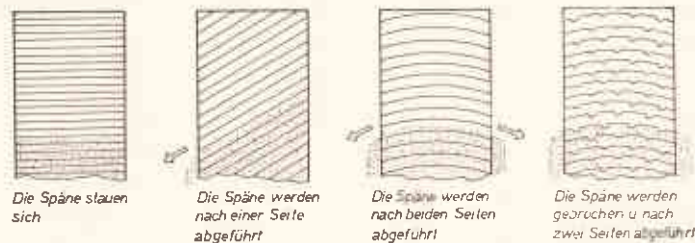


Abb. 2.20 — Hiebanordnung

Die Feilen mit einer Hiebanordnung nach Abb. 2.20 heißen **einbiebige Feilen**, sie werden vorwiegend als Säge- und Schürffeilen und zur Bearbeitung weicher Werkstoffe (Zinn, Zink, Blei, Aluminium usw.) benutzt.

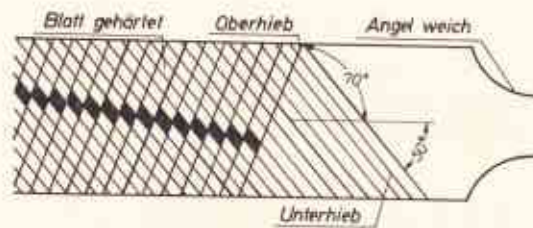


Abb. 2.21 — Kreuzhieb

Der **Doppel- oder Kreuzhieb** (vgl. hierzu Abb. 2.21) wird angewendet bei den sogenannten **Universalfilen**, mit denen härtere Werk- und Kunststoffe bearbeitet werden. Auf ein Feilenblatt sind **Unterhiebe** im Winkel von 50° zur Feilenachse und **Oberhiebe** im Winkel von 70° zur Feilenachse angebracht. Dadurch liegen die Zähne versetzt im Eingriff, es wird eine starke Riefenbildung am Werkstück vermieden.

Nach der **Hiebteilung** werden unterschieden:

| Feilenart            | Hiebe auf 1 cm |
|----------------------|----------------|
| Schruppfeilen        | 8 bis 15       |
| Halbschlichtfeilen   | 15 bis 25      |
| Schlichtfeilen       | 30 bis 80      |
| Doppelschlichtfeilen | 80 bis 120     |

### 2.3.2.2. Feilenarten

Ihrer **Größe** nach werden die Feilen eingeteilt in **Armfeilen**, **Handfeilen**, **Schlüsselfeilen** und **Nadelfeilen**. Abb. 2.22 zeigt die gebräuchlichsten Feilenarten.



Abb. 2.22 — Die gebräuchlichsten Feilenarten (Querschnitte)

Formfeilen werden vorwiegend zum Nach- und Ausarbeiten von Durchbrüchen, Kerben, Schlitzten und Passungen benötigt, die durch Bohren, Sägen oder Fräsen grob vorgearbeitet wurden.

### 2.3.2.3. Benutzen der Feile

Beim Feilen wird das Werkstück in einen Parallelschraubstock (vgl. hierzu Abb. 2.13) eingespannt. Der Schraubstock hat die richtige Höhe, wenn seine Ober-

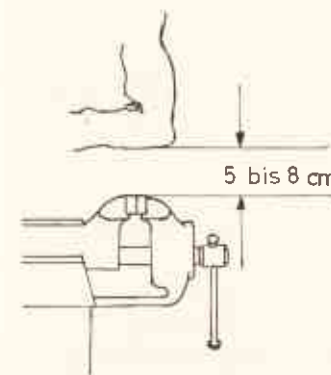


Abb. 2.23 — Halten der Feile

kante etwa  $\frac{1}{4}$  der Oberarmlänge (das sind 5 bis 8 cm) unter der Ellenbogenhöhe liegt (vgl. hierzu Abb. 2.23). Unter Umständen ist ein Höhenausgleich erforderlich. Diesen Ausgleich erhalten große Personen durch Unterlegen von Hartholzplatten unter den Schraubstock, kleine Personen durch einen Holzrost.

Beim Feilen am Schraubstock ist auf richtige **Körperhaltung** zu achten. Der linke Fuß soll unter einem Winkel von 30°, der rechte Fuß unter einem Winkel von 75° zur Feilenachse stehen. Der Körper wird dann ganz von selbst bei der Feilbewegung ausgleichend mitschwingen. Das Halten der Feile richtet sich nach der Feilengröße. Im allgemeinen umfaßt die rechte Hand das Feilenheft, wobei der Daumen oben liegt. Die rechte Hand führt die Feilbewegung aus, die linke hält die Feile in der Waage und führt sie. Beim Feilen ist auf die richtige Druckverteilung und auf die Bewegungsrich-

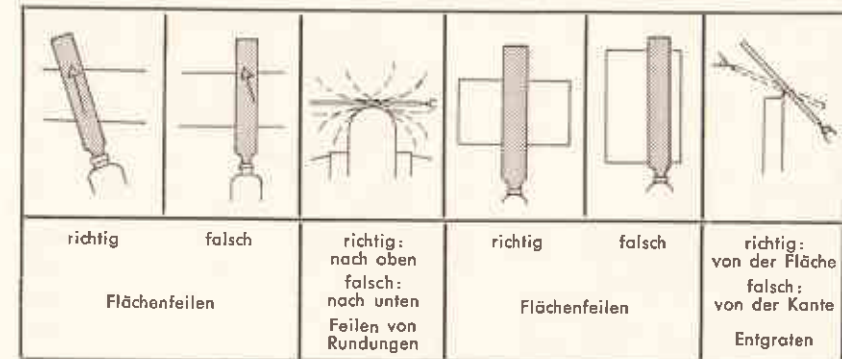


Abb. 2.24 — Führen der Feile

tung zu achten. Der Druck darf nur beim Vorstoßen der Feile ausgeübt werden! Die Bewegung erfolgt in Richtung Feilenachse, wobei man die Feile um die halbe Feilenbreite nach rechts oder links verschiebt.

### 2.3.2.4. Oberflächengüte beim Feilen

| Oberflächengüte                         | Kennzeichnung in der Zeichnung | Feilarbeit     | Werkstoffabnahme | Feilenart            |
|-----------------------------------------|--------------------------------|----------------|------------------|----------------------|
| Riefen dürfen fühlbar und sichtbar sein |                                | Schruppen      | > 0,5 mm         | Schruppfeilen        |
| Riefen dürfen nur noch sichtbar sein    |                                | Schlichten     | < 0,5 mm         | Halbschlichtfeilen   |
| Riefen dürfen nicht mehr sichtbar sein  |                                | Feinschlichten | < 0,2 mm         | Schlichtfeilen       |
| Alle Unebenheiten müssen beseitigt sein |                                | Überfeilen     | Unebenheiten     | Doppelschlichtfeilen |

### 2.3.3. Sägen

Sägen werden zum Trennen von Werkstoffen und zum Einschneiden von Nuten und Schlitzen verwendet.

**Kaltsägen** sind alle spanabhebenden Sägen, gleichgültig, ob sie von Hand oder von Maschinen bewegt werden. **Warmsägen** (Trennscheiben) sind zahnlose, schnellumlaufende Scheiben aus Elektrokorund mit Kunstharzbindung. Diese **Reib-** oder **Schnelltrennsägen** brauchen nie geschärft zu werden.

#### 2.3.3.1. Sägeblatt

Es gibt Sägeblätter mit gestanzten und gefrästen Zähnen. Das Sägeblatt ist gehärtet; damit es nicht springt, ist es angelassen. Es hat viele hintereinanderliegende Zähne mit meißelartigen Schneiden (vgl. hierzu Abb. 2.25). Beim Sägen greifen die Zähne nacheinander ein

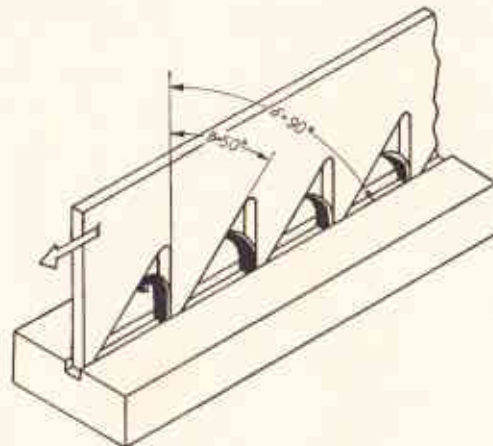


Abb. 2.25 — Wirkungsweise der Säge

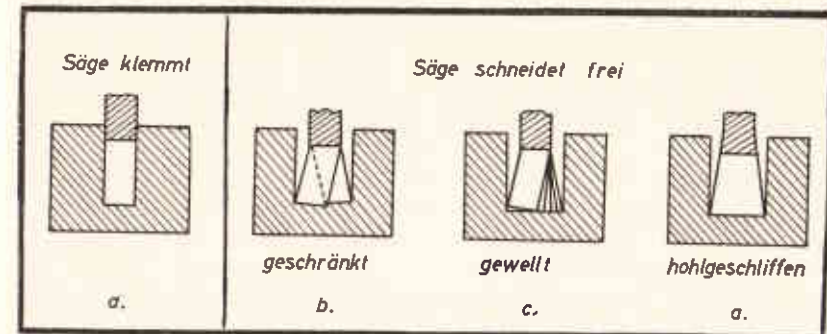


Abb. 2.26 — Klemmendes und freischneidendes Sägeblatt

und nehmen dabei kleine Späne ab. Die Form und Größe der Zähne sind von großem Einfluß auf die **Schnittleistung**. Der Keilwinkel beträgt etwa 50° bei Sägeblättern für harte Werkstoffe und der Schnittwinkel etwa 90°.

#### 2.3.3.2. Hand- und Maschinensägen

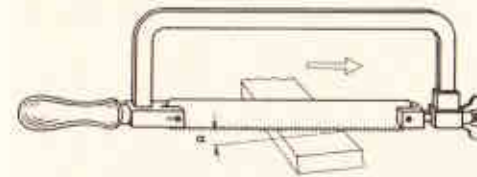


Abb. 2.27 — Benutzen der Handsäge

werden oder ausbrechen (vgl. hierzu Abb. 2.27). Beim Sägen von Hand darf **kein Öl** verwendet werden, weil verschmierte Sägeblätter schlecht schneiden; außerdem besteht **Unfallgefahr!**

**Maschinensägen** arbeiten entweder auf Zug oder auf Stoß. Es werden besondere Sägeblätter verwendet. Der nach unten wirkende Schnittdruck wird durch ein verschiebbar angeordnetes Gewicht oder auch hydraulisch geregelt. Das Werkstück wird in einen Schraubstock eingespannt. Neben Maschinensägen, die die Handbewegung nachahmen, gibt es umlaufende **Kreis-** und **Bandsägen**.

#### 2.3.4. Schaben

Bei Werkstücken, die eine **glatte, riefenfreie Oberfläche** haben müssen (z. B. Führungs-, Gleit- und Dichtungsflächen), wird die verlangte Oberflächengüte durch **Schaben** erreicht.

Das Schaben wird heute nur noch dort angewendet, wo es auf höchste Genauigkeit ankommt. In allen anderen Fällen der Oberflächenbehandlung wird das Schaben durch Schleifen ersetzt. **Schabewerkzeuge** sind: **Flachschaber** zum

Schaben ebener Flächen, **Dreikantschaber** und **Löffelschaber** für runde und gewölbte Flächen. Mit Hilfe von **Tuschierplatte** und **Tuschierlineal** wird im Lichtspaltverfahren die Güte der geschabten Fläche von Zeit zu Zeit geprüft.

### 2.3.5. Meißeln

Der **Meißel** dient zum Trennen und zur Spanabnahme. Er besteht aus **Schneide**, **Schaft** und **Kopf** (vgl. hierzu Abb. 2.28). Eine einwandfreie, richtig geschliffene Meißelschneide ist die Voraussetzung für eine saubere Arbeit.

Bei flacher Haltung des Meißels entsteht ein kleinerer Freiwinkel; der Spanwinkel wird dabei größer und der Meißel hat das Bestreben, aus dem Werkstoff auszutreten. Durch Anheben des Meißels verkleinert sich der Spanwinkel bei gleichzeitiger Vergrößerung des Freiwinkels (vgl. hierzu Abb. 2.28). Bei zu steiler Meißelhaltung überschreitet der Freiwinkel den Mittelwert, der Meißel dringt zu tief in den Werkstoff ein.

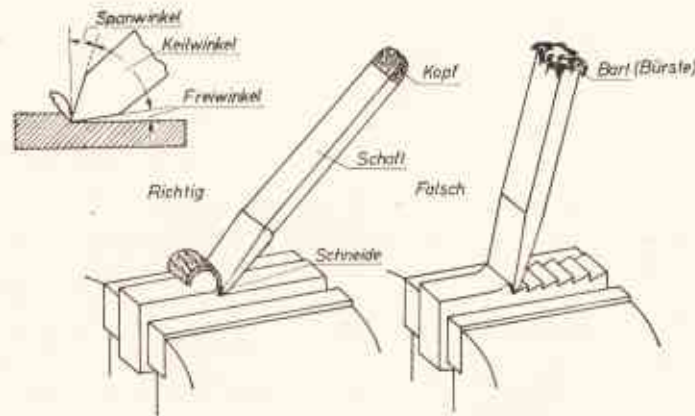


Abb. 2.28 — Meißelhaltung

Zur Vermeidung von Unfällen muß der **Bart**, der sich durch die Hammerschläge am Meißelkopf bildet, rechtzeitig abgeschliffen werden! Auf festen Sitz des Hammerstiels ist unbedingt zu achten! Die Hammerschläge auf die Mitte des Meißelkopfes setzen!

Mit dem Meißel wird das Werkstück spanlos getrennt. Das Trennen erfolgt auf einer schweren Unterlage (Amboß). Zum Schutz der durchtretenden Meißelschneide wird zwischen Werkstück und Unterlage ein Stück Blech gelegt. Die Meißelform richtet sich nach dem Verwendungszweck: Der Flachmeißel mit seiner breiten, geraden Schneide dient zum Trennen und zur Spanabnahme. Der Aushaumeißel hat eine breite, bogenförmige Schneide und wird zum Aushauen von Blechen verwendet. Zum Ausmeißeln von schmalen Nuten benutzt man den Kreuzmeißel; er hat eine kurze, quer zum Schaft stehende Schneide. Neben den bereits genannten gibt es dann noch die Nuten-, Hohl-, Rohr-, Warmschrot- und Kaltschrotmeißel.

### 2.3.6. Gewindeschneiden

Es kommt häufig vor, daß Gewinde von Hand mit Gewindebohrern und Schneideisen herzustellen sind. Es gibt **Innengewinde** (Muttergewinde) und **Außengewinde** (Bolzensgewinde). Die Gewindeschneidwerkzeuge werden aus Werkzeug- oder Schnellstählen hergestellt, weil sie sehr hohe Belastungen aushalten müssen.

#### 2.3.6.1. Schneiden von Innengewinden

Zum Schneiden von Innengewinden wird der **Gewindebohrer** (vgl. hierzu Abb. 2.29) verwendet.

Auf einen Zapfen ist das entsprechende Gewinde aufgeschnitten. Die Gewindegänge des Bohrers sind durch drei oder vier Längsnuten unterbrochen. Dadurch werden ein günstiger Keilwinkel, guter Spanabfluß und der Zutritt von Schmiermitteln erreicht. Die vorderen Gewindegänge sind leicht angeschrägt, sie fassen so besser an. Am Schaftende hat der Gewindebohrer einen Vierkant, auf den das **Windeisen** gesetzt wird (vgl. hierzu Abb. 2.30).



Abb. 2.29  
Gewindebohrer

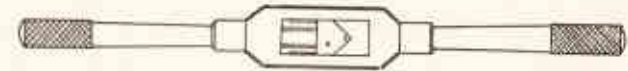
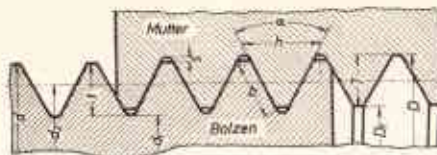


Abb. 2.30 — Verstellbares Windeisen

Ein dreiteiliger Handgewindebohrersatz besteht aus dem **Vor-**, **Mittel-** und **Fertigschneider**, die alle dem in Abb. 2.29 gezeigten Bohrer gleichen. Der Vorschneider ist am Schaft mit einem Ring, der Mittelschneider mit zwei Ringen gekennzeichnet, während der Fertigschneider lediglich die Bezeichnung des Gewindes (z. B. M 5) trägt. Während Vor- und Mittelschneider die Vorarbeit zu leisten haben, erzeugt der Fertigschneider ein voll ausgeschnittenes Gewinde.

Die **Bohrung** für ein Gewinde muß immer etwas größer sein als der Durchmesser des Gewindekernes, beim Schneiden drückt nämlich der Gewindebohrer das Gewinde auf. Bohrerdurchmesser zum Bohren von Gewindekernlöchern sind aus Tabellen zu ersehen. Die Faustformel zur Ermittlung der Kernlochdurchmesser lautet:

$$\text{Kernlochdurchmesser} = \text{Gewindelochdurchmesser} \text{ mal } 0,8.$$



Gewindedurchmesser  $d$  bzw.  $D$   
Kerndurchmesser  $d_1$  bzw.  $D_1$   
Flankendurchmesser  $d_2$   
Steigung  $h$   
Gewindetiefe  $t$  bzw.  $T$   
Spitzenspiel  $s$   
Iragliefen  $b$   
Flankenwinkel  $\alpha$

Abb. 2.31 — Bezeichnung beim Gewinde

### 2.3.6.2. Schneiden von Außengewinden

Das Schneiden von Außengewinden geschieht mit dem **Schneideisen**. Das Schneideisen ist eine runde Stahlscheibe, deren Bohrung mit einem Innengewinde versehen ist. Dieses Gewinde ist durch vier Löcher unterbrochen, die die gleiche Aufgabe wie die Längsnuten beim Gewindebohrer haben. Die meistens verwendeten **geschlossenen** Schneideisen (vgl. hierzu Abb. 2.32) ergeben ein einwandfreies maßhaltiges Gewinde. Der Steg des Schneideisens kann auch durchgeschliffen werden und ergibt dann ein **geschlitztes** Schneideisen, das in geringen Grenzen nachgestellt werden kann.

Beim Schneiden eines Außengewindes auf einen Bolzen soll der Durchmesser des Bolzens dem äußeren Durchmesser des Gewindes entsprechen. Es ist jedoch vorteilhafter, den Bolzen etwas kleiner zu halten (bei Stahl etwa  $\frac{2}{10}$  der Gewindetiefe), weil auch hier der Werkstoff beim Schneiden etwas aufgeworfen wird.

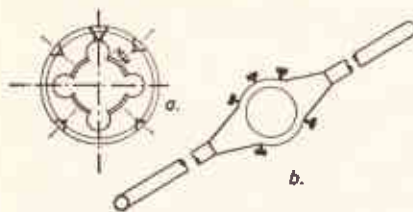


Abb. 2.32 — a) Schneideisen  
b) Schneideisenhalter

Das Schneideisen wird im **Schneideisenhalter** gehalten. Beim Schneiden ist das Schneideisen so auf den Bolzen zu setzen, daß die Gewindebezeichnung der anschneidenden Seite gegenüberliegt. **Gewindeschneidkluppen** (vgl. hierzu Abb. 2.33) haben verstellbare Schneidbacken, die nach dem Gewinde bezeichnet sind. Die Backen müssen so in den Halter eingesetzt werden, daß beim Schneiden die Beschriftung immer oben liegt.

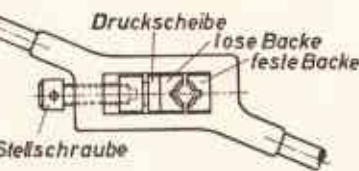


Abb. 2.33 — Schneidkluppe

**Schmiermittel** (sogenannte Schneidöle) werden beim Gewinde-schneiden verwendet, um glatte und saubere Gewindeflanken zu bekommen. Die Schneidöle vermindern die Reibung zwischen Werkstück und Werkzeug und erleichtern den Schneidvorgang. **Maschinenöle dürfen nicht als Schmiermittel verwendet werden!**

### 2.3.7. Maschinelle Werkstoffbearbeitung

Maschinen zur spanabhebenden Bearbeitung oder spanlosen Verformung von Werkstücken werden **Werkzeugmaschinen** genannt. Die Maschinen sind nach dem Bearbeitungsverfahren benannt, für das sie konstruiert wurden: **Drehbank, Fräsmaschine, Hobelmaschine, Schleifmaschine, Bohrmaschine, Pressen, Stanzen, Gesenkschmieden**. Innerhalb dieser groben Unterteilung gibt es wiederum Maschinen für Spezialaufgaben, z. B. Karusselldrehbänke zur Bearbeitung großer Werkstücke. Die Werkzeugmaschinen wurden zu Automaten weiterentwickelt, die nach der Einrichtung (Einstellung der Werkzeuge, des Materials, der Geschwindigkeiten usw.) selbsttätig ein bestimmtes Werkstück fortlaufend fertigen oder einen bestimmten Arbeitsgang an einem Halbzeug wiederholen, z. B. Schraubendrehautomaten. Nachfolgend werden nur einfache Werkzeugmaschinen behandelt, die zur Grundausstattung einer Schlosserwerkstatt gehören.

Unter Arbeitsgängen sind die verschiedenen Arbeitsverfahren zusammengefaßt, wie Bohren, Senken, Reiben, Schleifen, Drehen, Fräsen usw., die nacheinander an einem Werkstück vorgenommen werden.

#### 2.3.7.1. Bewegungsvorgänge

Bei einer Werkzeugmaschine werden drei verschiedene Bewegungen unterschieden:

- Haupt- oder Schnittbewegung,
- Vorschubbewegung und
- Zustellbewegung.

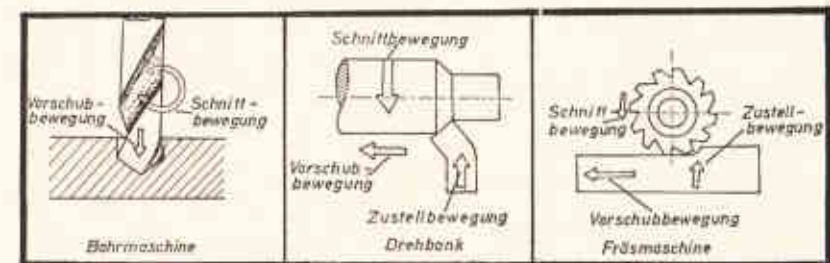


Abb. 2.34 — Bewegungsvorgänge

## Zusammenstellung der Bewegungsvorgänge

|                                  | <b>Schnittbewegung</b><br>(Hauptbewegung)       | <b>Vorschubbewegung</b>                        | <b>Zustellbewegung</b>                   |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Aufgabe</b>                   | Erzeugung der Schnittgeschwindigkeit            | Erzeugung des Schnittdrucks                    | Einstellung der Spantiefe                |
| <b>ausgeführt vom</b>            | Werkzeug oder Werkstück                         | Werkzeug oder Werkstück                        | Werkzeug oder Werkstück                  |
| <b>abhängig vom</b>              | Werkstoff                                       | Oberflächengüte                                | Zustand des Werkzeugs und dem Drehmoment |
| <b>Formelzeichen und Einheit</b> | v [m/min] Drehen<br>Fräsen<br>v [m/s] Schleifen | s [mm/min] Fräsen<br>Bohren<br>s [mm/U] Drehen | a [mm/U]                                 |

Getriebe haben die Aufgabe, die Drehzahl und damit die Hauptbewegung der Maschine so zu regeln, daß die getriebene Welle oder Spindel die geforderte Umdrehungszahl erhält. Getriebe können auch die Richtung der Drehbewegung ändern. Bei Werkzeugmaschinen müssen die Drehzahlen der Arbeits- und Vorschubspindeln möglichst feinstufig oder sogar stufenlos regelbar sein.

### 2.3.7.2. Bohren

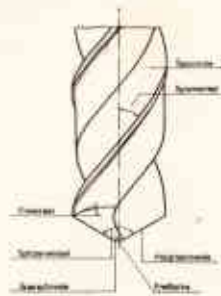
Das Bohren ist eine **spanabhebende Verformung** eines Werkstücks; es dient zur Herstellung von **runden Löchern** durch **schnellende Werkzeuge**. In der Regel dreht sich beim Bohren das Werkzeug, es wird in Richtung seiner Achse gegen das **stillstehende Werkstück** vorgeschoben. Das Bohrwerkzeug führt die **Schnittbewegung** und die **Vorschubbewegung** aus.

#### 2.3.7.2.1. Bohrwerkzeuge

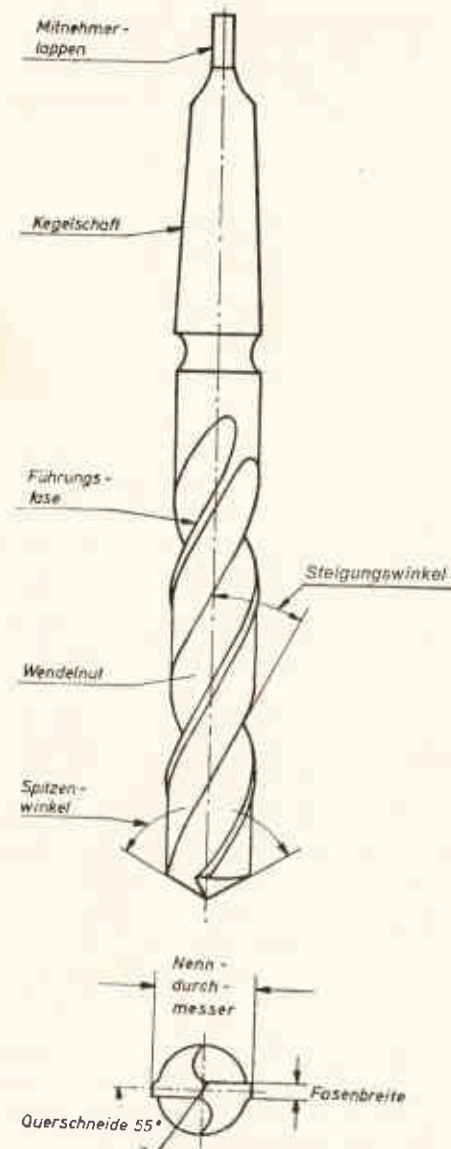
**Bei allen Bohrwerkzeugen ist die Grundform der Schneiden der Keil. Die wichtigsten Bohrwerkzeuge sind: Spitzbohrer, Spiralbohrer, Kanonenbohrer, Tieflochbohrer, Zentrierbohrer, Steinbohrer und Bohrstangen.**

Das meistverwendete Bohrwerkzeug ist der **Spiralbohrer** (vgl. hierzu Abb. 2.36); seine besonderen Vorteile sind:

1. günstige Winkel an den Schneiden,
2. gleichbleibender Durchmesser beim Nachschleifen,
3. gute Führung im Werkstück,



**Abb. 2.35 — Winkel am  
Spiralbohrer**



**Abb. 2.36 — Spiralbohrer**

4. gute Einspannmöglichkeit und
5. selbsttätige Spanabfuhr aus der Bohrung.

Das Kennzeichen für einen Spiralbohrer sind zwei gegenüberliegende schraubenförmige Nuten. Der Winkel, den die Schraubenlinien der Nuten mit der Bohrerachse bilden (Drall), ist maßgebend für die Größe des Steigungs- und Spitzenwinkels (vgl. hierzu Abb. 2.35).

**Spiralbohrer** müssen sehr sorgfältig angeschliffen werden. Beim Schleifen von Hand treten oft Fehler auf, die zu große Lochdurchmesser und geringe Standzeit des Bohrers zur Folge haben. Solche Fehler sind: ungleich lange Schneidkanten und ungleiche Schneidwinkel.

**Bohrerbrüche** können entstehen bei:

1. zu großem Vorschub,
2. zu hoher Schnittgeschwindigkeit (vgl. hierzu Übersicht auf Seite 88),
3. zu stumpfem Bohrer,
4. falschem Anschliff des Bohrers,
5. abgenutzter Führungsfase (Bohrer klemmt),
6. ungenügender Spanabfuhr (bei tiefen Löchern),
7. ungenau eingespanntem Werkstück und
8. bei schlecht festgehaltenem Werkstück usw.

Der Spitzenwinkel und die Drallsteigung müssen der zu bearbeitenden Werkstoffart angepaßt sein. Abb. 2.37 zeigt Bohrer für Alumi-

nium, Messing und Preßstoffe. Große Drallsteigung ergibt kleinen, kleine Drallsteigung großen Spitzenwinkel. Ein Spiralbohrer für Gußeisen- und Stahlbearbeitung hat einen Spitzenwinkel von  $116$  bis  $118^\circ$ . Der **Kanonbohrer** wird zum Herstellen genauer Bohrungen verwendet.

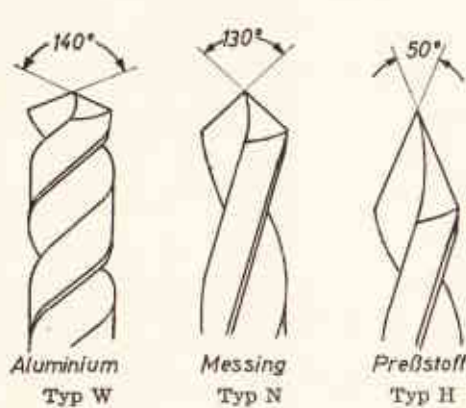


Abb. 2.37 — Sonderbohrer

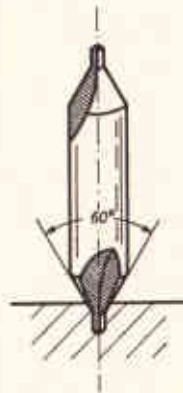


Abb. 2.38 — Zentrierbohrer

Zum Zentrieren von Werkstücken, die zwischen Spitzen zu bearbeiten sind, dient der **Zentrierbohrer** (vgl. hierzu Abb. 2.38). **Steinbohrer** werden als **Dreikantbohrer**, **Kronenbohrer** oder **Spiralbohrer** mit **Hartmetallschneiden** gefertigt. Bohrer werden aus Werkzeugstahl hergestellt. Werkzeugstahl ist Sonderstahl, also legierter Kohlenstoffstahl, dessen Legierungsbestandteile vom Verwendungszweck bestimmt werden (vgl. hierzu Abschn. 1.1.2). Hochbeanspruchbare Werkzeuge müssen anders legiert sein als Werkzeuge zur Bearbeitung von Baustahl. Hartmetallbohrer werden wegen der hohen Schleifwirkung von Stein als Steinbohrer bevorzugt.

#### 2.3.7.2.2. Bohrmaschinen

**Brustleier** (Bohrwinde) und **Drillbohrer** sind die einfachsten Bohrmaschinen. Die **Bohrknarre** wird zum Anbohren großer Teile und für Löcher an schlecht zugänglichen Stellen verwendet. Heute werden vorwiegend **elektrisch angetriebene Handbohrmaschinen** (vgl. hierzu Abb. 2.39) verwandt; sie sind auch im Fernmeldebaudienst ein Universalgerät. Weil die Bohrmaschinen meistens beim Einrichten von Fernsprechan schlüssen zum Herstellen von Mauerdurchbrüchen gebraucht werden, sind die Fernmeldebautrups und Sprechstelleneinrichterguppen vorwiegend mit **Schlagbohrmaschinen** ausgerüstet.



Abb. 2.39 — Handbohrmaschine  
(Werkfoto Fein)

Die im fernmeldetechnischen Dienst der DBP verwendeten Handbohrmaschinen sind schutzisoliert.

Ein Versagen der Schutzisolierung führt nicht zu einer Betriebsstörung. Zum Schutz gegen zu hohe Berührungsspannungen ist es daher unerlässlich, daß schutzisolierte Handbohrmaschinen in regelmäßigen Abständen überprüft werden.

**Tischbohrmaschinen** werden in der Werkstatt meist auf Werkbänken angebracht. Mit ihnen werden Bohrungen bis zu 10 mm Durchmesser ausgeführt. Zum Bohren größerer Löcher werden **Säulen** oder **Ständerbohrmaschinen** (vgl. hierzu Abb. 2.40) verwendet. Der Tisch dieser Maschinen ist vertikal verstellbar und meistens auch noch schwenkbar.



Abb. 2.40 — Ständerbohrmaschine  
(Werkfoto Cordes u. Sluiter)

Bei der Säulenbohrmaschine wird die Bohrspindel durch eine Zahnstange axial bewegt. Bei tiefen Bohrungen tritt die Spindel weit aus ihrer Lagerung heraus; der Bohrer kann verlaufen. Bei der Ständerbohrmaschine bewirkt ein am Ständer geführter Schlitten den Vorschub. Dadurch wird auch bei tiefen Löchern die Spindel immer gut geführt. Neben den hier genannten gibt es noch eine Reihe von anderen Spezialbohrmaschinen.

## Schnittgeschwindigkeit

| Werkstoff                        | Bohrer aus Werkzeugstahl |          | Bohrer aus Schnellstahl |           | Kühlung    |
|----------------------------------|--------------------------|----------|-------------------------|-----------|------------|
|                                  | v [m/min]                | s [mm/U] | v [m/min]               | s [mm/U]  |            |
| Stahl<br>500 N/mm <sup>2</sup> ) | 12—16                    | 0,03—0,3 | 20—35                   | 0,05—0,45 | Bohrwasser |
| Aluminium                        | 40—100                   | 0,1 —0,4 | 50—200                  | 0,15—0,6  | —          |
| Kupfer                           | 25—50                    | 0,1 —0,4 | 35—70                   | 0,15—0,5  | —          |
| Kunststoff                       | 8—20                     | 0,02—0,2 | 20—30                   | 0,03—0,3  | —          |

## 2.3.7.2.3. Spannen der Werkstücke

Bei Bohrarbeiten ist stets darauf zu achten, daß die Werkstücke vom Bohrwerkzeug nicht mitgerissen werden können! Bleche sind beim Bohren mit dem Feilkloben zu halten, kleinere Teile sind am besten in den Maschinenschraubstock einzuspannen. Große und sperrige Teile werden mit Spannpratzen und Spannschrauben auf dem Bohrtisch befestigt. Beim Bohren von Durchgangslöchern sind Unterlagen zu verwenden, damit nicht der Bohrtisch angebohrt wird. Wenn die anzubohrende Werkstückfläche schräg zur Bohrachse steht, muß durch Ankreuzen mit dem Meißel oder andere geeignete Maßnahmen eine winkelrechte Anbohrfläche geschaffen werden. Bei Verwendung von Spezialbohrmaschinen und bei Auflage großer Stückzahlen werden besondere Bohrvorrichtungen benutzt.

## 2.3.7.3. Senken

Werkstücke werden zum Entgraten von Bohrungen und zum Herstellen von Ausenkungen für Schraubenköpfe, Niete usw. angesenkt. Für die verschiedenen Arbeitsgänge gibt es besondere Senker, u. a. den Spitzsenker, Zapfensenker und Spiralsenker. Der Spitzsenker oder Krauskopf (vgl. hierzu Abb. 2.41) dient zum Entgraten und zum Versenken von Nietköpfen. Die Senker zum Versenken von Schraubenköpfen sollen denselben Durch-

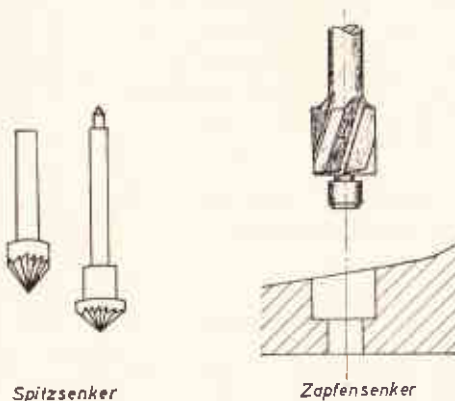


Abb. 2.41 — Senker

messer haben wie die zu versenkenden Köpfe. Die Spitzenwinkel der Spitzsenker sind genormt: 60° zum Entgraten, 75° für Nietköpfe und 90 oder 120° für Senk- und Linsenkopfschrauben sowie Blechniete.

**Zapfensenker** (vgl. hierzu Abb. 2.41) finden Verwendung zum Einsenken von Schraubenköpfen und zur Herstellung von ebenen Auflageflächen für Schraubenköpfe und Muttern bei Gußstücken. Der Zapfen dient zur Führung im vorgebohrten Loch. Außerdem gibt es noch **Spiralsenker**; sie werden zum Fertigbohren von vorgebohrten oder vorgegossenen Löchern benutzt, wenn besonders saubere Lochwandungen verlangt werden.

## 2.3.7.4. Schleifen

Das Schleifen von Maschinenteilen ist ein wichtiges Metallbearbeitungsverfahren durch Spanabnahme. Es gibt **Rund-** und **Flächenschleifmaschinen**. Abb. 2.42 zeigt den in den meisten Werkstätten zum Anschleifen von Werkzeugen aufgestellten **Schleifbock**.

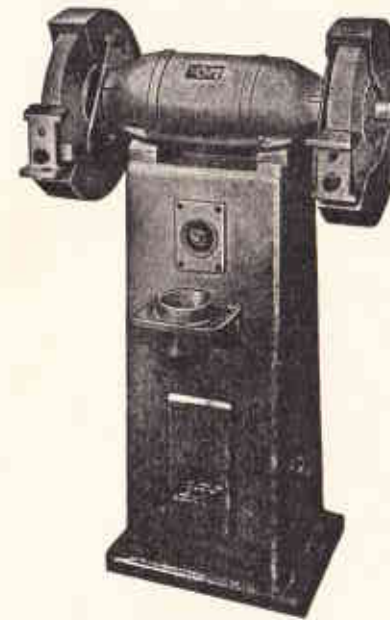


Abb. 2.42 — Schleifbock

(Werkfoto Greif)

Die **Schleifscheiben** bestehen aus vielen kleinen Schleifkörnern (Schleifmittel), die durch ein Bindemittel zusammengehalten werden. Als Schleifmittel dienen Karborund (Silizium-Karbid) zum Schleifen von spröden und weichen Werkstoffen oder Korund (Aluminium-Oxid) zum Schleifen von zähen Werkstoffen. Die Bindemittel werden nach pflanzlichen (geklebt durch Schellack, Leinöl, Gummi-Kunstharz-Gemisch), mineralischen (gekittet mit Wasserglas) und keramischen (gebrannt mit Ton) unterschieden. Je nach dem verwendeten Bindemittel ist die Schleifscheibe weich oder hart.

Die Güte der geschliffenen Oberfläche ist von der Korngröße des Schleifmittels und von der Härte der Schleifscheibe abhängig; es gilt hierbei folgende Faustregel: **weicher Werkstoff grobes Korn — harte Scheibe; harter Werkstoff feines Korn — weiche Scheibe.**

Zur Vermeidung von Unfällen ist beim Schleifen zu beachten:

1. Augenverletzungen durch Tragen der Schutzbrille vermeiden.
2. Werkstückauflage dicht an die Schleifscheibe rücken, dadurch wird ein Einklemmen des Werkstücks zwischen Auflage und Scheibe vermieden.
3. Feuerstrahl muß immer nach unten weisen.
4. Schleifscheibe muß immer mit Schutzhaube versehen sein, dadurch werden Unfälle durch splitternde oder berstende Scheiben vermieden.
5. Schleifscheibe muß immer gut rundlaufen. Unrund gewordene Scheiben und solche mit Riefen müssen mit dem Sicherheitsabrichter abgerichtet werden.
6. Werkzeuge nicht zu stark an die Schleifscheibe pressen; es besteht die Gefahr des Ausglühens.

### 2.3.7.5. Drehen

Beim Drehen werden die Werkzeuge an der sich drehenden, zu bearbeitenden Fläche entlanggeführt, wobei Späne abgehoben werden. **Langdrehen** heißt der Arbeitsgang, wenn die Vorschubbewegung parallel zur Drehachse erfolgt, **Plandrehen**, wenn sie senkrecht zur Achse geschieht.

Neben den hier beschriebenen Dreharbeiten ermöglicht die Drehbank durch Zusatzeinrichtungen auch noch **Formdrehen** und **Gewindeschneiden**. Beide Arbeitsvorgänge sind in Werkstätten bis zu mittlerer Größe nicht gebräuchlich und werden hier deshalb nicht beschrieben.

#### 2.3.7.5.1. Drehmaschine

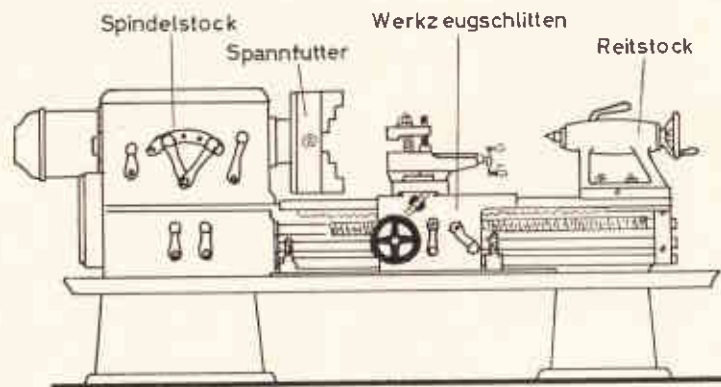


Abb. 2.43 — Drehmaschine

Die Hauptteile einer **Drehbank** sind:

- a) Gestell,
- b) Drehbankbett,
- c) Spindelstock,
- d) Werkzeugschlitten und
- e) Reitstock.

Das **Gestell** dient zur Auflage des **Drehbankbettes**; es wird mit Füßen oder in Kastenform ausgeführt. Außerdem sind auf dem Gestell der Antrieb und das Getriebe für die Übersetzung der Kraft zur Antriebswelle des Futters und des Supports untergebracht.

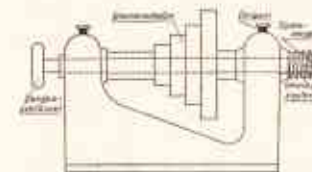


Abb. 2.44 — Spindelstock

Der **Spindelstock** (vgl. hierzu Abb. 2.44) befindet sich links auf dem Drehbankbett und ist mit diesem fest verbunden. Er besteht aus dem Ständer, der Achse mit Gewindezapfen und dem Getriebe. Er hat an beiden Seiten Lager, die zur Aufnahme der Arbeitsspindel dienen.

Die **Arbeitsspindel** ist der Länge nach durchbohrt, damit Stangenmaterial hindurchgeführt werden kann. Außerdem werden auf diese Weise das **Zangenfutter** (Zangenschlüssel) und der **Zangenhalter** aufgenommen. Am Ende der Arbeitsspindel befindet sich ein kräftiges Rechtsgewinde zur Aufnahme der Futter und ein **Innenkegel** zur Aufnahme der **Körnerspitze**.

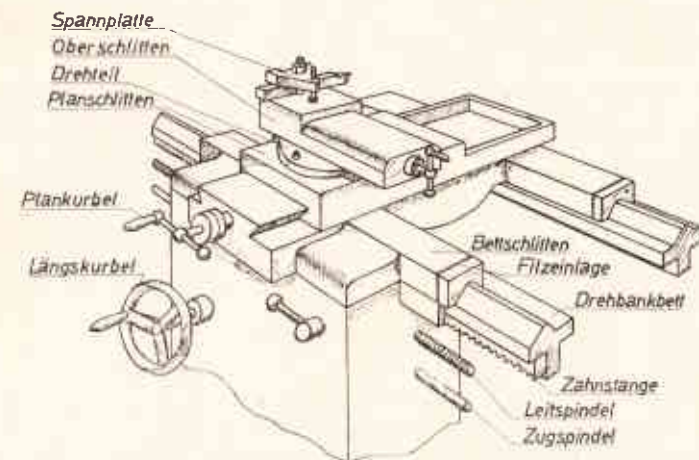


Abb. 2.45 — Werkzeugschlitten (Support)

Der **Werkzeugschlitten**, auch **Support** genannt, besteht aus dem **Bett-schlitten**, dem **Planschlitten** und dem **Oberschlitten** mit der **Spannplatte** (vgl. hierzu Abb. 2.45).

Bett- und Planschlitten werden entweder von Hand oder selbsttätig durch die **Zugspindel** bzw. **Leitspindel** in einer Prismenführung bewegt. Der mit einer Gradeinteilung versehene, drehbare Oberschlitten nimmt die **Drehwerkzeuge** auf; er kann nur von Hand bewegt werden. Für den allgemeinen Längszug dient ausschließlich die Zugspindel. Die Leitspindel darf nur zum Gewindeschneiden benutzt werden.

Der **Reitstock** (vgl. hierzu Abb. 2.43) dient zur Aufnahme von Drehwerkzeugen und als Gegenlager beim Drehen zwischen Spitzen.

Er kann auf dem Drehbankbett in einer Prismenführung in Längsrichtung verschoben werden. Der Reitstock kann durch einen **Spannhebel** an jeder beliebigen Stelle des Drehbankbettes festgestellt werden. Im Oberteil des Reitstocks befindet sich die **Pinole** zur Aufnahme der Körnerspitze oder Werkzeuge. Sie ist durch eine Spindel mit Handrad verschiebbar.

#### 2.3.7.5.2. Spannen der Werkstücke

Zum Einspannen der Werkstücke finden vorzugsweise **Spannzangen** und **Spannfutter** Verwendung.

Spannzangen bestehen aus einem zylindrischen Körper, der an einem Ende ein Gewinde hat, auf das der Zangenschlüssel geschraubt wird. Beim Anziehen des Zangenschlüssels wird die geschlitzte und mit einem Außenkegel versehene Spannzange in die Arbeitsspindel hineingezogen. Dadurch können zylindrische Werkstücke genau laufend eingespannt werden.

Im **Dreibackenfutter** werden runde oder regelmäßig geformte Werkstücke (3-, 6- oder 12eckig) gespannt.

Das Futter wird von Hand auf den in Ruhe befindlichen Gewindezapfen (vgl. hierzu Abb. 2.44) geschraubt. Beim Drehen zieht es sich selbsttätig fester. Mit einem Vierkantschlüssel werden die drei Backen des Futters gleichmäßig zum Mittelpunkt hin angezogen, bis das einzuspannende Werkstück von allen drei Backen fest gefaßt ist. Darauf ist besonders zu achten, weil sonst das Werkstück schlagen und u. U. aus dem Futter fallen würde. Die zu spannenden Stücke dürfen nicht zu groß sein; die Spannbacken würden zu weit aus dem Futterkörper herausragen, sie könnten beschädigt werden und bilden außerdem noch eine **Unfallquelle**.

#### 2.3.7.5.3. Drehstähle (Drehmeißel)

Drehstähle werden aus Schnellschnittstahl und Werkzeugstahl gefertigt. Schnellschnittstähle sind durch entsprechende Legierung mit Molybdän und Kobalt für Dauerbelastungen besser geeignet als Werkzeugstähle. Aus SS-Stahl werden auch Drehlinge gefertigt,

die in Stahlhalter aus billigem Baustahl eingespannt werden. Als Drehstähle verwendet man oft **bestückte Stähle**, bei denen Hartmetallplättchen auf einen billigeren Schaftwerkstoff hart aufgelötet sind. Diese Drehstähle werden besonders zum Bearbeiten von harten Werkstoffen und von Kunststoffen benutzt.

Nach Form und Verwendung werden die Drehstähle nach **Schrupp-, Schlicht-, Seiten-, Ein- und Abstechstählen** sowie **Gewinde- und Formstählen** unterschieden. Nach der Lage des Schneidkopfes zum Schaft werden gerade, gebogene, abgesetzte und gekröpfte Stähle unterschieden, nach der Lage der Hauptschneide zum Werkstück rechte und linke Stähle. Die letztgenannte Bezeichnung gilt, wenn der Schneidkopf auf den Beschauer gerichtet ist und die Schneide oben liegt. Zeigt die Hauptschneide nach rechts, so ist es ein rechter Stahl, zeigt sie nach links, so ist es ein linker Stahl. Ein rechter Stahl arbeitet von rechts nach links, ein linker von links nach rechts.

Die Drehstähle werden in zwei Hauptgruppen eingeteilt: in **Außendrehstähle** (vgl. hierzu Abb. 2.46) und **Innendrehstähle**.

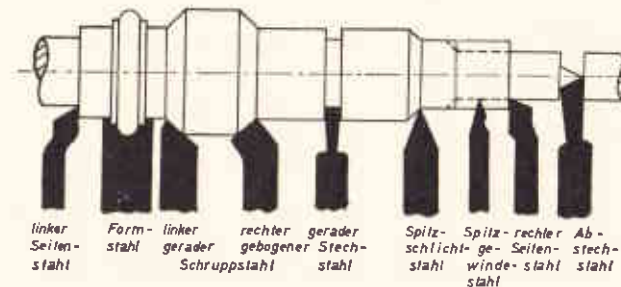


Abb. 2.46 — Außendrehstähle

#### 2.3.7.5.4. Einspannen der Drehstähle

Bei der Spanabnahme wirkt auf den eingespannten Drehstahl ein sehr hoher Schnittdruck, der den Stahl stark auf Biegung beansprucht. Deshalb wird der Drehstahl fest und so kurz wie möglich eingespannt.

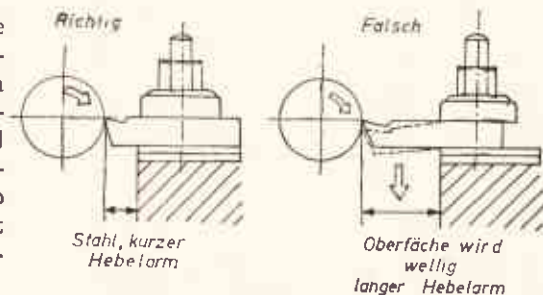
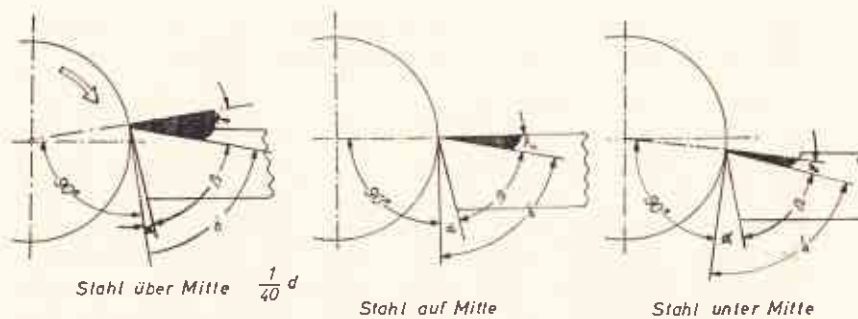


Abb. 2.47 — Einspannen des Drehstahls

Bei langem Hebelarm biegt sich der Stahl durch und federt wieder zurück. Dabei dringt die Schneide ungleichförmig in das Werkstück ein und erzeugt eine wellige Oberfläche, sogenannte Rattermarken (vgl. hierzu Abb. 2.47).

Die gewünschte **Höhenlage des Drehstahls auf Mitte Werkstück** läßt sich durch Unterlegen einiger ebener Bleche einstellen (vgl. hierzu Abb. 2.48).

In dieser Lage haben Frei-, Span- und Schnittwinkel normale Größe. Bei Einstellung des Stahls über Mitte wird der Freiwinkel kleiner, der Spanwinkel jedoch größer. Der Span kann leichter abfließen. Für die meisten Schrumparbeiten wird deshalb der Stahl um 2% des Werkstückdurchmessers höher gestellt. Bei Einstellung unter Mitte vergrößert sich der Freiwinkel, die Reibung wird geringer. Der Spanwinkel wird kleiner, die Späne fließen schlecht ab. Es besteht außerdem die Gefahr, daß der Stahl in das Werkstück hineingezogen wird.



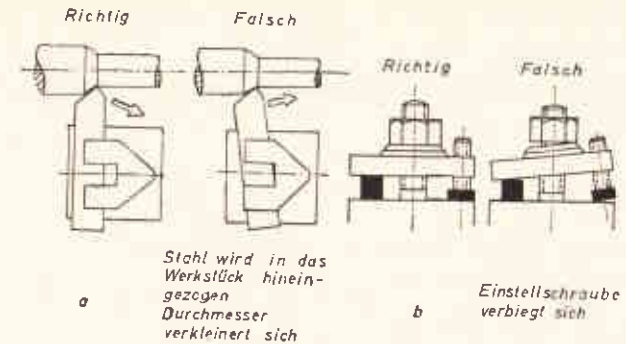
**Abb. 2.48 — Einstellen des Stahls auf Höhenlage**

Zum Einspannen werden verschiedene Spannvorrichtungen verwendet: **Spannplatte, Stichelhaus, Vielstahlhalter** u. a. m.

Die gebräuchlichste Spannvorrichtung in den Werkstätten ist die **Spannplatte** (vgl. hierzu Abb. 2.49). Sie muß waagrecht und ganz auf dem Stahl aufliegen. Der Stahl soll so kurz wie möglich eingespannt werden. Er darf bei einer ungewollten seitlichen Verschiebung während des Schneidvorgangs nicht tiefer in das Werkstück eindringen, was sich durch Einspannung des Stahls senkrecht zur Drehachse vermeiden läßt. Der **Vielstahlhalter** kann gleichzeitig vier Stähle aufnehmen. Der Halter wird ein- bis viermal um 90° geschwenkt, je nachdem welcher Stahl zum Eingriff kommen soll.

#### 2.3.7.5.5. Dreharbeiten

Die Werkstücke werden je nach der verlangten Oberflächengüte durch Schrumpen, Schlichten oder Feinstdrehen bearbeitet.



**Abb. 2.49 — Sicherung des Drehstahls gegen Verschieben**

Das **Schrumpen** genügt, wenn kein genaues Maß und keine besondere Oberflächengüte verlangt werden oder wenn sie noch weiter spanabhebend bearbeitet werden. Dabei wird mit großer Schnitttiefe und mit höchstzulässigem Vorschub, aber mit geringer Schnittgeschwindigkeit gearbeitet.

Beim **Schlichten** ist die Spantiefe geringer und der Vorschub kleiner, dabei aber die Schnittgeschwindigkeit größer. Dadurch wird das Werkstück auf ein genaues Maß gebracht und außerdem noch eine glatte und saubere Oberfläche erzielt. Das beim Schrumpen stehengebliebene Aufmaß (etwa 0,5 mm) soll möglichst mit einem Schlichtspan abgedreht werden.

**Feinstdrehen** wird hauptsächlich bei Messing, Rotguß, Bronze und Leichtmetall angewandt und ergibt äußerst kleine Toleranzen. Nacharbeit, wie Reiben, Schaben usw., entfällt. Die Werkzeugschneiden bestehen aus Hartmetall, wenn nicht sogar wegen der auftretenden großen Reibungswärme Diamanten verwendet werden.

Beim **Langdrehen** wird der Stahl parallel zur Achse des Werkstücks geführt, bei kurzen Stücken von Hand mit dem Oberschlitten (vgl. hierzu Abb. 2.45), bei langen Stücken durch den Längszug. Das Bearbeiten der Stirnflächen eines Werkstücks heißt **Plandrehen**; dabei wird der Stahl von Hand oder selbsttätig (Planzug) senkrecht zur Achse des Stücks bewegt. Der Bettschlitten (vgl. hierzu Abb. 2.45) muß festgestellt werden. Die Werkzeugschneide ist genau auf die Mitte einzurichten, damit in der Werkstücksmitte kein Ansatz stehenbleibt!

## 2.4. Spanlose Verformung

Bei der spanlosen Verformung der Werkstoffe werden keine Späne abgehoben; sie werden vielmehr in kaltem oder warmem Zustand gestreckt, gestaucht, verformt oder getrennt.

### 2.4.1. Richten

Beim Richten werden Stangen und Halbzeuge, die durch den Transport, durch falsche Lagerung und Bearbeitung verbogen oder verworfen sind, geradegerichtet. Bei größeren Querschnitten geschieht dies durch Maschinen, bei kleineren von Hand.

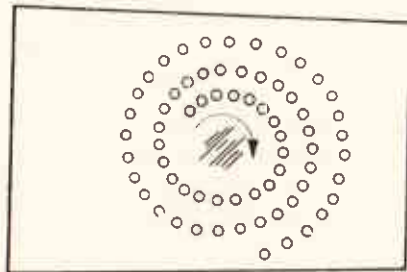


Abb. 2.50 — Spannen von Blech

Die zu richtenden Teile werden im allgemeinen mit der hohlen Seite zur Richtplatte gelegt und mit einem entsprechend schweren Hammer in kleinen Abschnitten geradegerichtet. Bei weichen Werkstoffen (Messing, Leichtmetallen usw.) werden Holz- oder Gummihämmer verwendet. Das Richten erfolgt entweder nach dem Augenmaß oder durch Prüfung mit dem Lineal oder Winkel.

Verformungen von Blechen lassen sich durch **Spannen** des Blechs wieder beseitigen. Beulen verschwinden durch **Strecken** des Blechs am Rande der Beule. Dabei werden Hammerschläge spiralförmig von innen nach außen um die Beule geführt (vgl. hierzu Abb. 2.50). Hat ein Blech mehrere Beulen, so vereinigt man diese durch Strecken des Werkstoffs zu einer Beule und richtet dann aus. Gewellte Blechränder werden durch Strecken vom Rande zur Mitte hin wieder gerichtet oder auch durch das **Flammrichten** wieder in eine ebene Form gebracht. Bei Erwärmung auf Rotglut erfolgt in der erwärmten Zone durch Wärmeausdehnung ein Stauchen; beim Abkühlen schrumpft der Werkstoff dann an der Stelle und richtet das Blech gerade (vgl. hierzu Abb. 2.51).

### 2.4.2. Biegen

Beim Biegen wird das Werkstück durch Richtungsänderung im Werkstoff hergestellt. Dabei wird die äußere Faser gestreckt, die innere dagegen gestaucht (vgl. hierzu Abb. 2.52). Zwischen äußerer

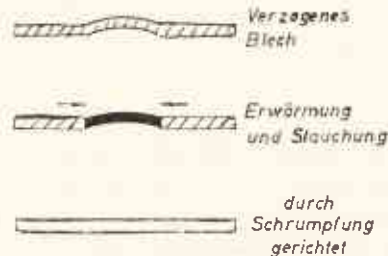


Abb. 2.51 — Flammrichten durch Schrumpfung

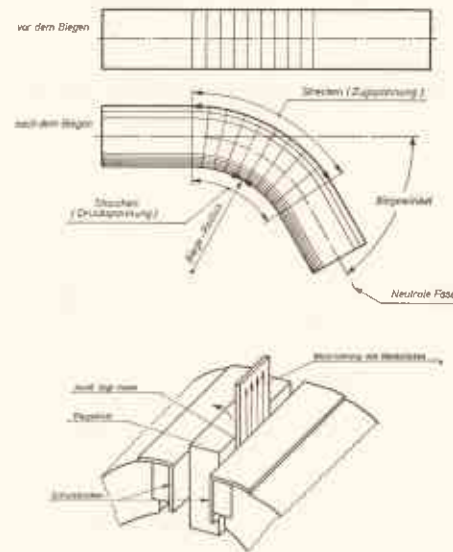


Abb. 2.52 — Faserverlauf und Biegerichtung beim Biegen

und innerer Faser befindet sich die neutrale Faser, deren Länge beim Biegen unverändert bleibt. Beim Biegen ist auf die Walzrichtung des Werkstoffs zu achten; die **Biegekante soll möglichst quer zur Walzrichtung liegen** (vgl. hierzu Abb. 2.52). Nach dem Biegen tritt je nach Werkstoff, Biegeradius und Walzrichtung eine Rückfederung ein. Das Werkstück muß deshalb überbogen werden, damit nach der Auffederung der gewünschte Biege Winkel bleibt.

Schmale Werkstücke werden im Schraubstock, über die Kante des Ambosses oder über ein Rundisen gebogen. Beim Biegen von Rohren in kaltem Zustand werden diese mit trockenem Sand, Blei, Kolophonium oder Treibkitt ausgefüllt. Für große Bleche dient die Blechkuppe als Hilfswerkzeug zum Biegen. Diese wird mit dem einen Ende in einen Schraubstock gespannt, am anderen Ende klemmt eine Schraube oder ein Feilkloben das Werkstück zwi-

| Richtwerte für den Biegeradius |                 |                                                                                                                             |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Werkstoff                      | Umrechnungszahl |                                                                                                                             |
| Kupfer                         | 0,25            | Man erhält den kleinsten zulässigen Biegeradius $r$ , wenn man die Werkstoffdicke $s$ mit der Umrechnungszahl vervielfacht. |
| Messing (hart)                 | 0,40            |                                                                                                                             |
| Messing (weich)                | 0,30            |                                                                                                                             |
| Stahl (weich)                  |                 |                                                                                                                             |
| Tiefziehblech                  | 0,50            |                                                                                                                             |
| Stahl (mittelhart)             | 0,55            |                                                                                                                             |
| Al - Cu - Mg - Legierung       | 2,5             |                                                                                                                             |
| Magnesium                      |                 |                                                                                                                             |
| Legierung (warm)               | 2,0             |                                                                                                                             |

schen den Backen der Kluppe fest. Der eigentliche Biegevorgang wird nun je nach Werkstoffart und -härte mit der Hand, dem Holz-, Gummi- oder Eisenhammer ausgeführt. Werkstücke, die nicht mehr von Hand gebogen werden können, werden in der **Biege-, Abkant- oder Wulstmaschine** gebogen. In jedem Fall ist der zulässige Biegeradius zu beachten (vgl. hierzu die vorstehenden Richtwerte).

### 2.4.3. Schneiden und Scheren

Beim Schneiden setzt der Werkstoff den eindringenden Schermessern einen Widerstand, Scherfestigkeit genannt, entgegen. Im Gegensatz zum Meißeln dringen hier zwei Messer gegeneinander in den Werkstoff ein. Die Schermesser durchschneiden im allgemeinen  $\frac{6}{10}$  bis  $\frac{7}{10}$  der Werkstoffdicke, dann erfolgt der **Bruch**.

Die mittlere **Scherfläche** ist daher rau und zerrissen; der äußere Anschnitt ist glatt und sauber. Die Schneiden der Schermesser erhalten, um das Eindringen in den Werkstoff zu erleichtern, einen Spanwinkel von etwa  $5^\circ$ . Ein Freiwinkel von  $1,5$  bis  $3^\circ$  verringert die Reibung beim Durchschneiden. Der günstigste Keilwinkel liegt also zwischen  $82$  und  $83,5^\circ$  (vgl. hierzu Abb. 2.53).

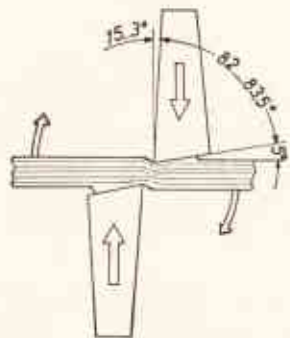


Abb. 2.53 — Kellwinkel an Scheren

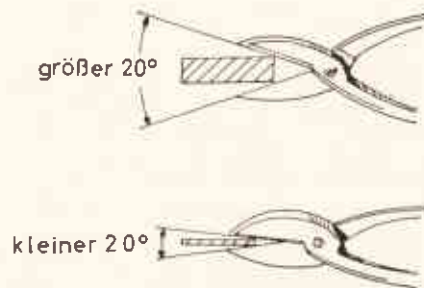


Abb. 2.54 — Scherwinkel an Scheren

**Handscheren** schneiden nach dem Hebelprinzip. Je länger der Handgriff der Schere ist und je näher das Werkstück am Drehpunkt liegt, um so geringer ist die aufzuwendende Kraft. Dabei darf natürlich der Scherwinkel nicht zu groß werden, sonst gleiten die Schermesser an den Werkstückkanten ab. Der Scherwinkel soll kleiner als  $20^\circ$  sein (vgl. hierzu Abb. 2.54). Die Schneiden von **Hebel- und Maschinenscheren** müssen sich aneinander vorbeibewegen, damit ein gegenseitiges Aufsetzen der Schermesser vermieden wird und keine Reibung der Schermesser aneinander entsteht. Der Abstand, mit dem sich die Schermesser aneinander vorbeibewegen, heißt Schneidenspiel. Die Hebelschere schneidet Bleche bis zu  $6$  mm Dicke. Das Verkanten des Blechs wird durch einen verstellbaren Niederhalter verhindert.

### 2.4.4. Lochen

Beim Lochen spielt sich ein dem Scheren ähnlicher Vorgang ab. Der Werkstoff wird zunächst angeschnitten, dann gestaucht und schließlich durchgeschnitten.

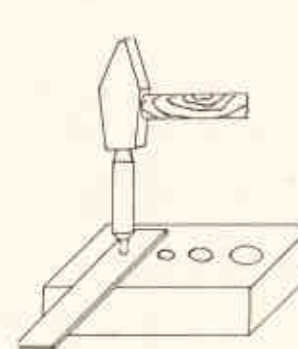


Abb. 2.55 — Lochen mit Lochplatte

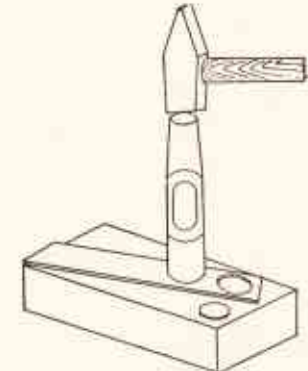


Abb. 2.56 — Lochen mit Lochseisen

Dazu dienen u. a. Lochstempel und Lochplatte (vgl. hierzu Abb. 2.55). Der **Lochstempel** muß etwas kleiner sein als der **Durchbruch** der Lochplatte. Ein ebenfalls von Hand zu bedienendes Werkzeug ist das **Lochseisen** (vgl. hierzu Abb. 2.56), das nur für untergeordnete Zwecke und zum Ausschneiden von Scheiben aus Leder oder Pappe benutzt wird. Zum Lochen dickerer Werkstücke werden **Handhebelpressen** oder **Maschinenpressen** eingesetzt.

### 2.4.5. Stanzen

In der Stanzereitechnik gibt es Werkzeuge, die den Werkstoff trennen oder schneiden, sogenannte **Schnitte**. Werkzeuge, die den Werkstoff nur verformen, werden als **Stanzen** bezeichnet. Zum Ziehen dienen die **Ziehwerkzeuge**. Diese Werkzeuge sind in **Pressen** eingebaut.

Der **Freischnitt** (vgl. hierzu Abb. 2.57) besteht aus Schnittstempel und Schnittplatte; er wird zum Ausschneiden großer Scheiben verwendet. Die **Blegestanze** (vgl. hierzu Abb. 2.57) wird zum Umformen von Teilen verwendet, bei denen der Werkstoff in seiner Dicke nicht verändert wird. Sie besteht aus Stempelkopf, Oberstempel, Aufnahme, Unterstempel und Grundplatte. Das **Ziehwerkzeug** (vgl. hierzu Abb. 2.57), mit dem Hohlkörper hergestellt werden, besteht im wesentlichen aus Ziehstempel, Niederhalter, Ziehring und Aufnahme. Bei tiefen Hohlkörpern sind mehrere Ziehstufen und ebensovielen Ziehwerkzeuge erforderlich.

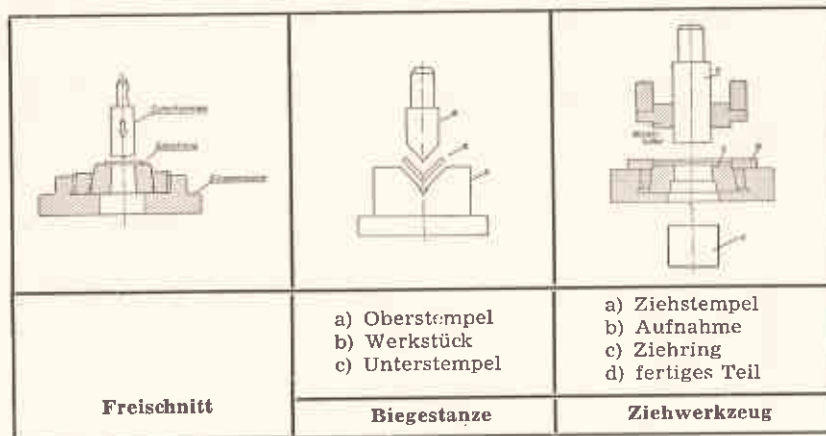


Abb. 2.57 — Stanzen und Ziehen

## 2.4.6. Schmieden

Das **Schmieden** ist eine **Warmbehandlung von Metall**. Die Form schmiedbarer Werkstoffe wird dabei unter Anwendung von Schlag und Druck **spanlos verändert**. Die wichtigsten schmiedbaren Metalle sind: Stahl, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Kupfer, Messing und Bronze. Die **nachfolgenden Ausführungen** beziehen sich auf den Stahl als den am meisten geschmiedeten Werkstoff.



Abb. 2.58 — Amboß

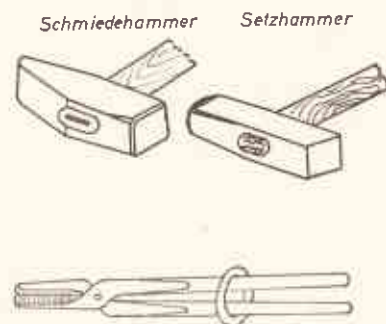


Abb. 2.59 — Schmiedewerkzeuge

Die **Schmiedetemperatur** ist von der Stahlart abhängig (Baustahl 1300 bis 750 °C). Die hohe Temperatur ist die **Anfangsschmiedetemperatur**, bei ihr soll erst die Verformung beginnen. Die niedrige ist die **Endschmiedetemperatur**; unterhalb dieser Temperatur soll keine Verformungsarbeit mehr stattfinden.

### 2.4.6.1. Schmiedewerkzeuge

Die Werkstücke werden in **Schmiedeherden** oder **-öfen** (Esse, Feldschmiede) auf die richtige Temperatur gebracht. Werkzeuge zum Schmieden sind der **Amboß** (vgl. hierzu Abb. 2.58) sowie verschiedene **Zangen** und **Hämmer** (vgl. hierzu Abb. 2.59).

Es wird zwischen **Freiformschmieden** und **Gesenkschmieden** unterschieden.

- Beim **Freiformschmieden** wird die Form des Werkstücks durch Hammerschläge und mit Hilfe einfacher Werkzeuge frei gestaltet.
- Beim **Gesenkschmieden** wird der erhitzte Werkstoff zwischen Ober- und Untergesenk geschlagen. Gesenke sind Stahlkörper mit Hohlräumen, die der Form des fertigen Werkstücks entsprechen.

### 2.4.6.2. Arbeitsvorgänge

Abb. 2.60 zeigt einige der wichtigsten Arbeitsvorgänge beim Schmieden:

- Das **Strecken** verlängert das Werkstück unter gleichzeitiger Verminderung des Querschnitts.
- Durch **Absetzen** wird ein scharfkantiger Absatz beim Übergang vom kleineren zum größeren Querschnitt erreicht.

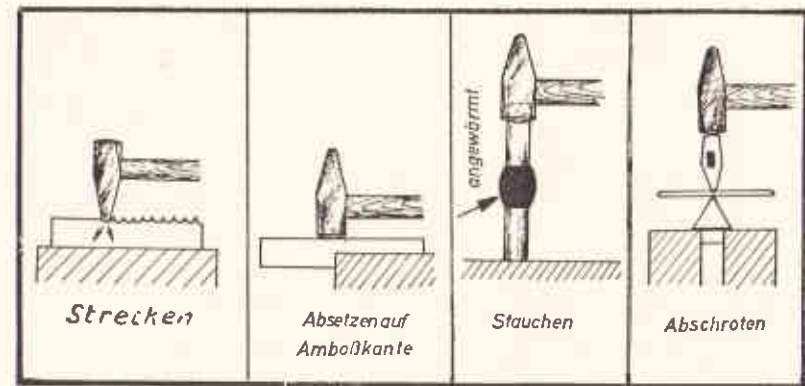


Abb. 2.60 — Arbeitsvorgänge beim Schmieden

3. Das **Stauen** verursacht an der angewärmten Stelle des Werkstücks eine Querschnittsvergrößerung unter gleichzeitiger Verkürzung der Länge.
4. Durch **Abschroten** wird das angewärmte Stück getrennt.

## 2.5. Verbindungen

Bei **Verbindungen** wird zwischen **lösba-**ren und **unlösba-**ren unterschieden. Unlösba-re Verbindungen können nur unter Zerstörung des Werkstücks getrennt werden.

### 2.5.1. Schraubenverbindungen

**Schraubenverbindungen** sind lösba-re Verbindungen. Die Schraube ist das am häufigsten verwendete Maschinenelement.

Sie stellt eine Anwendung der „Schiefen Ebene“ dar. Nach der „Goldenen Regel der Mechanik“ muß die Kraftersparnis mit einer Verlängerung des Weges erkauft werden. Eine verhältnismäßig geringe Kraft reicht zum Anziehen der Schraube oder Mutter aus, dafür verbraucht der Vorgang Zeit.

#### 2.5.1.1. Schraubenarten

Abb. 2.61 bis 2.63 zeigen die gebräuchlichsten Schrauben. Neben den dargestellten Arten gibt es u. a. noch **Paß-**, **Stift-**, **Blech-** und **Holz-**schrauben.

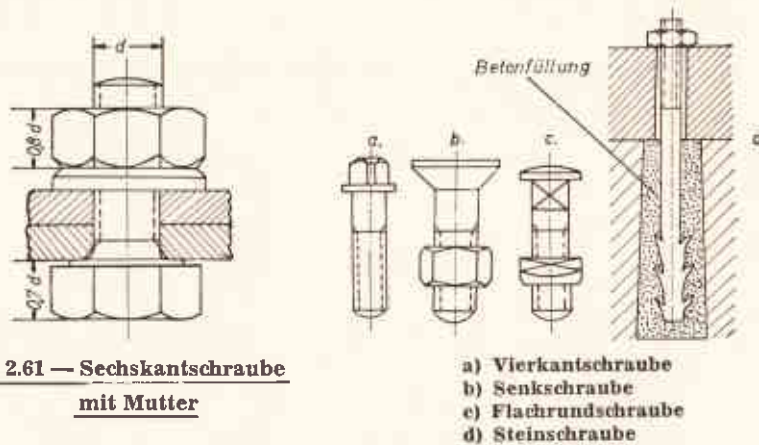


Abb. 2.61 — Sechskantschraube  
mit Mutter

Abb. 2.62 — Schraubenarten

Nach DIN 13 werden Schrauben mit metrischem Gewinde bis 20 mm mit folgenden Nenndurchmessern geliefert:

|     |     |     |     |    |
|-----|-----|-----|-----|----|
| 1   | 1,2 | 1,4 | 1,7 | 2  |
| 2,3 | 2,6 | 3   | 3,5 | 4  |
| 5   | 6   | 8   | 10  | 12 |
| 14  | 16  | 18  | 20  | mm |

Schrauben verlangt man nach folgenden Angaben: z. B. Halbrundkopf 6 x 20; d. h. Halbrundkopfschraube; Gewinde M 6; 20 mm Gewindelänge.

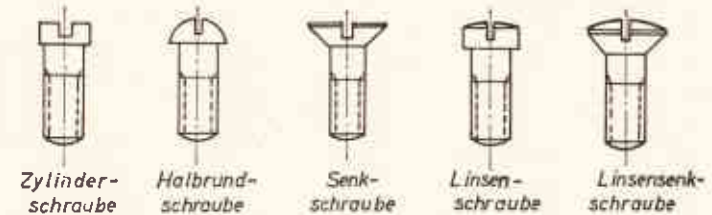


Abb. 2.63 — Schlitzschrauben

Abb. 2.64 zeigt die am häufigsten verwendeten **Muttern**. Außerdem gibt es noch **Hut-**, **Rändel-**, **Überwurf-**, **Nut-**, **Kreuzloch-** und **Anniutmutter**.

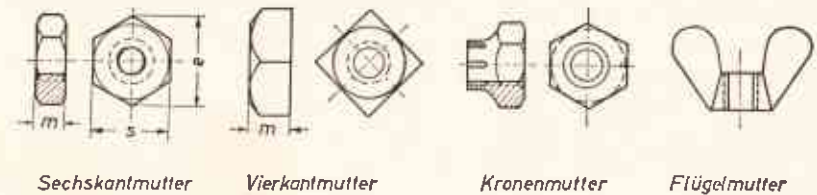


Abb. 2.64 — Muttern

Das Lockern der Muttern wird durch **Schraubensicherungen** verhindert wie: **Federringe**, federnde **Zahnscheiben**, **Doppel-** oder **Gegenmuttern**, **Kronen-**muttern mit **Splint**, **Sicherungsbleche** u. a. m.

#### 2.5.1.2. Befestigungswerkzeuge

Zum Anziehen der Schlitzschrauben dient der **Schraubenzieher**, auch Schraubendreher genannt. Zur Schonung der Schraubenschlitze muß der Schraubenzieher die richtige Dicke und Breite haben, flach und nicht keilförmig angeschliffen sein.

Zum Anziehen der Muttern und Schrauben mit Sechskantkopf dürfen nur gut passende **Schraubenschlüssel** verwendet werden. Bei Benutzung zu großer Schlüssel werden die Muttern und Schraubenköpfe beschädigt; außerdem können durch Abgleiten des Schraubenschlüssels Unfälle verursacht werden. Die gebräuchlichsten

Schraubenschlüssel sind: **Sechskant-, Steck-, Gabelsteck-, Haken- und Ringschlüssel.**

### 2.5.2. Stiftverbindungen

**Stiftverbindungen gehören zu den lösbaren Verbindungen.** Stifte haben die Aufgabe, Einzelteile in ihrer Lage genau festzulegen. Sie dienen entweder als alleinige Befestigungsmittel oder als Sicherung (anstelle des Splintes). Stifte verhindern an empfindlichen Maschinen eine Überbeanspruchung der Schraubverbindungen. Je nach Aufgabe werden unterschieden: **Paßstifte** (vgl. hierzu Abb. 2.65), **Befestigungsstifte**, **Sicherungsstifte** und **Abscherstifte**. Stiftarten sind **Zylinder-, Kegel-, Kerb- und Spannstifte.**

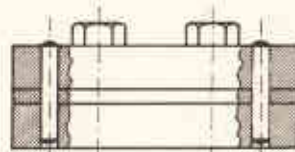


Abb. 2.65 — Paßstifte

### 2.5.3. Keil- und Federnverbindungen

Keile und Federn dienen zur Verbindung von Welle und Nabe. Sie haben auch die Aufgabe, ein Verdrehen der Nabe auf der Welle zu verhindern (vgl. hierzu Abb. 2.66). Der Keil sichert gleichzeitig die Nabe gegen ein Verdrehen in der Längsachse; er stellt die einfachste mechanische Anwendung der schiefen Ebene dar.

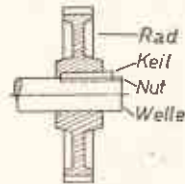


Abb. 2.66

Keilverbindung

### 2.5.4. Nietverbindungen

#### 2.5.4.1. Niete

Die Nietverbindung ist eine  **feste Verbindung, die ohne Zerstörung des Nietes nicht zu lösen ist.** Der Niet ist ein einfaches und billiges Verbindungselement. Er besteht aus **Setzkopf, Schaft und Schließkopf.** Der Schließkopf wird aus dem vorstehenden Ende des Schaftes in kaltem oder glühendem Zustand gebildet (vgl. hierzu Abb. 2.67).

Die Formen und Abmessungen der Niete sind genormt.

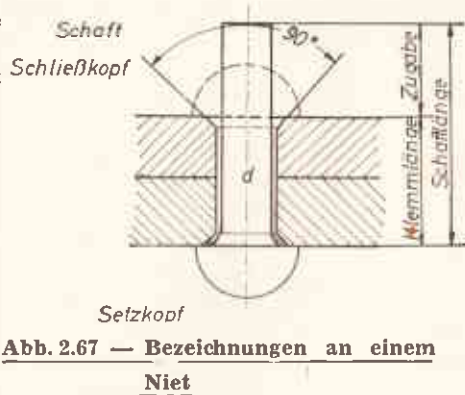
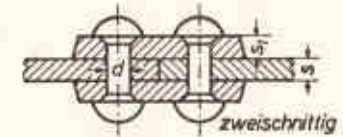


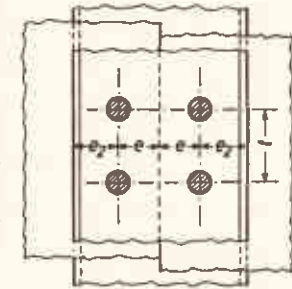
Abb. 2.67 — Bezeichnungen an einem Niet

**Blechniete** haben einen Schaftdurchmesser **unter 10 mm**; Niete mit einem Schaftdurchmesser von **10 bis 43 mm** heißen **Kessel- und Stahlbauniete**. Der Schaft der Kessel- und Stahlbauniete ist kegelig, damit er besser in das Nietloch eingeführt werden kann. Zur Verbindung von Werkstoffen, wie Kupfer, Aluminium, Kunststoff, Leder usw., gibt es **Sonderniete**, wie **Hohl-niete, Sprengniete, Pilzniete, Riemenniete** und andere.



#### 2.5.4.2. Verbindungsarten

Die einfachste und gebräuchlichste Verbindung ist die **Überlappungsnietung**; hierbei werden Bleche mit ihren Rändern übereinandergelegt und vernietet. Bei der **Laschennietung** vernietet man die gegeneinanderstoßenden Bleche mit einer über den „Stoß“ gelegten Lasche (einreihige, einfache Laschennietung). Liegt unter und über den zu verbindenden Blechen je eine Lasche, so wird die Nietung als **einreihige Doppellaschen-nietung** bezeichnet (vgl. hierzu Abb. 2.68).



$$\begin{aligned} e &= 1,5 d \\ t &= 2,6 d + 10 \text{ mm} \\ s_1 &= \frac{1}{2} s \\ e_2 &= 1,35 d \end{aligned}$$

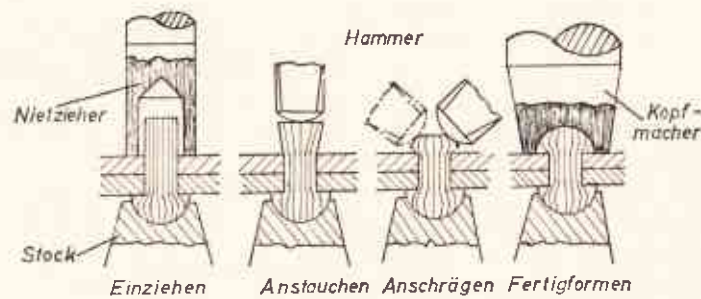
Abb. 2.68 — Einreihige Doppellaschen-nietung

#### 2.5.4.3. Kopfformen

Die Kopfform bestimmt der Verwendungszweck; z. B. kann der Setzkopf ein Halbrundkopf sein und der Schließkopf als Senkkopf geschlagen werden. Der **Halbrundniet** übt einen größeren Anpressungsdruck auf die zu verbindenden Teile aus als ein Senkniet. Ein **Senkniet** wird gesetzt, wenn eine glatte Nietstelle gefordert wird.

Abb. 2.69 zeigt die Arbeitsvorgänge bei der Nietung. Die zu nietenden Werkstücke werden ausgerichtet und mit Feilkolben oder Schraubzwingen zusammengepresst. Die Löcher dürfen nur so groß sein, daß die Niete leicht eingeführt werden können. Die Lochränder sind anzusenken, damit die Nietköpfe gleichmäßig anliegen. Der Niet wird in das Nietloch eingeführt und der **Setzkopf** auf einen **Setzstock** aufgelegt. Mit Hilfe eines **Nietziehers** werden die Teile zusammengedrückt. Dann wird mit der Bahn des **Niethammers** der **Niet-schaft** durch senkrechte Schläge vorgestaucht und der **Schließkopf** durch schräge Hammerschläge vorgeformt. Mit einem **Kopfmacher** wird der Schließkopf fertig geformt. Nieten unter 8 mm Durchmesser werden kalt genietet.

Stahlniete über 8 mm Durchmesser und Niete für Verbindungen, die fest und dicht sein sollen, werden warm genietet. Das **Lösen einer Nietverbindung** geschieht entweder durch Abmeißeln, Abbrennen oder Anbohren des Kopfes und Austreiben des Schaftes mit dem Durchschlag.

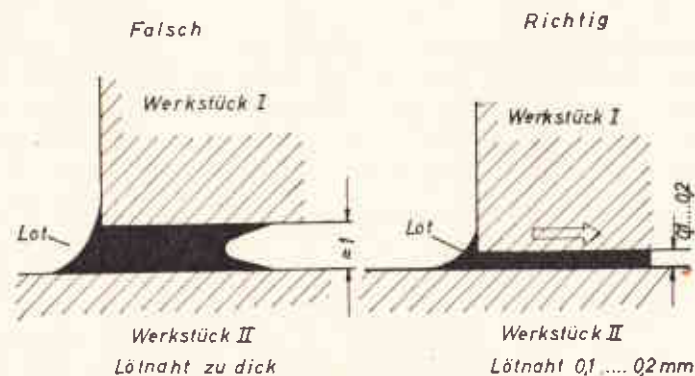


**Abb. 2.69 — Arbeitsvorgänge einer Nietung**

### 2.5.5. Lötverbindungen

**Löten ist das Verbinden mehrerer Metallteile durch ein anderes flüssiggemachtes Metall oder ein Metallgemisch mit einem niedrigeren Schmelzpunkt.**

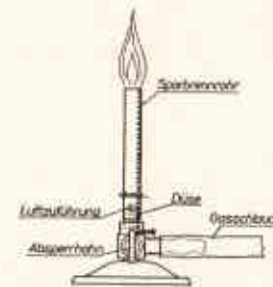
Das geschmolzene Verbindungsmetall, **Lot** genannt, fließt zwischen die erwärmten, aber festen Metalle. Bei richtiger Löttemperatur legiert sich das Lot mit der Oberfläche der Werkstücke (Oberflächenlegierung). Lötverbindungen von Hartlötungen sind nicht lösbar.



**Abb. 2.70 — Lötnaht**

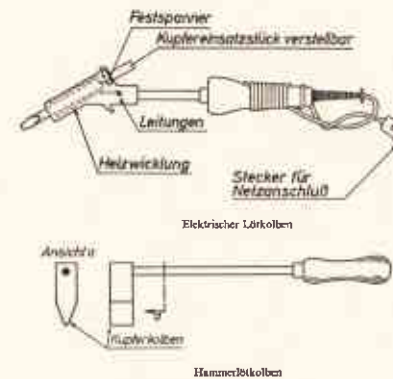
Sollen zwei Bleche miteinander verlötet werden, so sind zunächst die zu verlötenden Blechkanten mit Schaber, Feile oder Schmirgelpapier metallisch zu säubern und gut zusammenzupressen. Nach dem Auftragen des Flußmittels wird der Kolben ruhig und gleichmäßig über die ganze Breite der Naht geführt. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß eine geringe Lötnahtdicke (0,1 bis 0,2 mm) durch die Saugwirkung der nahe beieinanderliegenden Lötflächen ein besseres Eindringen und Durchfließen des Lotes begünstigt (vgl. hierzu Abb. 2.70). Der Schmelzpunkt des Lotes muß immer niedriger sein als der der zu lötenden Metalle (vgl. hierzu Abschn. 1.2.2).

**Flußmittel** haben die Aufgabe, die Oxidhäute vom Metall zu lösen und die blanke Metallfläche während des Lötvorgangs vor erneuter Oxydation zu schützen. Als Flußmittel werden verwendet: Lötwasser, Lötfett, Kolophonium, Stearin und Talg zum Weichlöten; gebrannter Borax sowie Streuborax zum Hartlöten, bei Löttemperaturen über 950 °C Glaspulver.



**Abb. 2.71 — Bunsenbrenner**

Zum Weichlöten werden **Hammer- oder Spitzlötkolben** benutzt, die aus Kupfer bestehen. Das Erwärmen des Kolbens erfolgt im Koksfeuer, auf elektrischem Wege oder durch die Gasbrenner (vgl. hierzu Abb. 2.71). Wichtig ist die richtige Kolbentemperatur (max. 330 °C); bei zu kaltem Kolben fließt das Lot nicht; bei überhitztem Kolben verbrennt es, die Lötnaht wird rau und körnig.



**Abb. 2.72 — Lötgeräte**

Werden an die Lötnaht hohe Ansprüche gestellt, so wird die **Hartlötung** angewendet. In der Werkstatt dienen Lötpistole, Lötlampe oder Schweißbrenner als Wärmequelle, in größeren Betrieben Gas-, Muffel- oder Elektroöfen. Die Lötflächen werden mit dem Flußmittel (z. B. Borax) bestrichen und so lange erwärmt, bis das Kupferlot schmilzt und in die Lötfläche einläuft. Die Werkstücke drückt man dabei fest aneinander, damit die Lötfläche möglichst dünn wird.

## 2.6. Bearbeitungsverfahren von Kunststoffen

### 2.6.1. Zerspanen

Bei Kunststoffen sind alle spanabhebenden Verformungen, wie Feilen, Sägen, Hobeln, Bohren, Drehen, Fräsen und Schleifen möglich. Die Form und Härte der Bearbeitungswerkzeuge muß der Härte, Sprödigkeit und Zähigkeit des zu bearbeitenden Kunststoffs angepaßt sein. Bei den **Phenolplasten** und **Schichtpreßstoffen** gilt der Grundsatz: kleiner Zahn — steile Schneide — hohe Schnittgeschwindigkeit. Bei der Bearbeitung von **Thermoplasten** sind die Verhältnisse wie bei der **Leichtmetall-** oder **Holzbearbeitung** zugrunde zu legen.

**Alle Kunststoffe sind schlechte Wärmeleiter.** Deshalb muß die durch hohe Schnittgeschwindigkeit und schnellen Vorschub entstehende Wärme durch Kühlmittel niedrig gehalten werden, sonst werden die Bearbeitungswerkzeuge unbrauchbar. Außerdem können thermoplastische Kunststoffe schmierig werden oder sogar ihre Zersetzungstemperaturen erreichen.

### 2.6.2. Kleben

**Lösliche Kunststoffe** werden am besten mit einem Kleber geklebt, der ihr eigenes Lösungsmittel enthält. Die mit dem Kleber bestrichene Oberfläche wird deutlich schmierig und meistens fadenziehend. Werden zwei solche gelöste Kunststoff-Flächen aufeinandergedrückt, so entsteht nach dem Verdunsten des Lösungsmittels eine homogene Klebestelle. Haben die Kunststoffe eine **schwer lösliche Oberfläche**, werden sie mit Haft- oder Härtungsklebern geklebt. Glatte Oberflächen müssen vorher gut aufgeraut werden.

Für das Kleben von PVC-Rohren werden bei der DBP vorwiegend THF-Klebstoffe (Tetrahydrofuran) verwendet. Vor dem Kleben müssen die Flächen gründlich von Fett usw. gereinigt werden. Dazu dient als Reinigungsmittel Methylenchlorid (MCl). Danach werden die Klebeflächen mit dem Kleber bestrichen und die Rohre in den Stecküberschiebemuffen zusammengeschoben. Der überschüssige Klebstoff muß entfernt werden, um ein Aufweichen der Rohre außerhalb der Klebestelle zu verhindern.

Zum Verkleben flächiger Klebestellen kann man verschiedene Verbindungsarten anwenden (vgl. hierzu Abb. 2.73).

Die Dämpfe der Lösungsmittel, Kleber und Härter können zu gesundheitlichen Schädigungen führen. Deshalb ist in Werkstätten

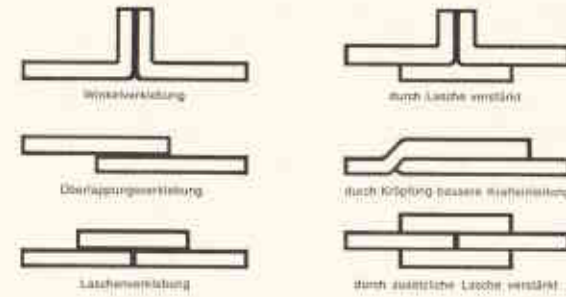


Abb. 2.73 — Verbindungsarten von Kunststoffen

das Arbeiten unter Dunstabzugshauben vorgeschrieben. Auf jeden Fall sind die beigefügten Verarbeitungshinweise der Hersteller zu beachten. Polyäthylen ist unpolar; es läßt sich daher nicht ohne entsprechende Vorbehandlung verkleben. Deshalb wird die Oberfläche anoxidiert und damit benetzbar; unter Anwendung von bekannten Verfahren kann es nun mit Metallen verklebt werden. Derartige Verbindungen sind z. B. für den Übergang von polyäthylen-isolierten Kabeln auf Metallgarnituren üblich.

Um optimale Hafteigenschaften zu erreichen, werden die metallenen Werkstücke zunächst in herkömmlicher Weise vorbereitet, d. h. gründlich entfettet und angeätzt. Sodann wird das Polyäthylen chemisch mit einer starken anorganischen Säure anoxidiert, so daß sich eine gut benetzbare Oberfläche bildet. Danach lassen sich die beiden Teile unter Verwendung eines flexibel gemachten Zweikomponentenklebers auf Epoxidharz-Basis unter Druck zusammenfügen, und der Kleber kann bei einer Temperatur unterhalb des Erweichungsbereiches des Polyäthylens aushärten. So hergestellte Garnituren bilden wesentliche Montageelemente.

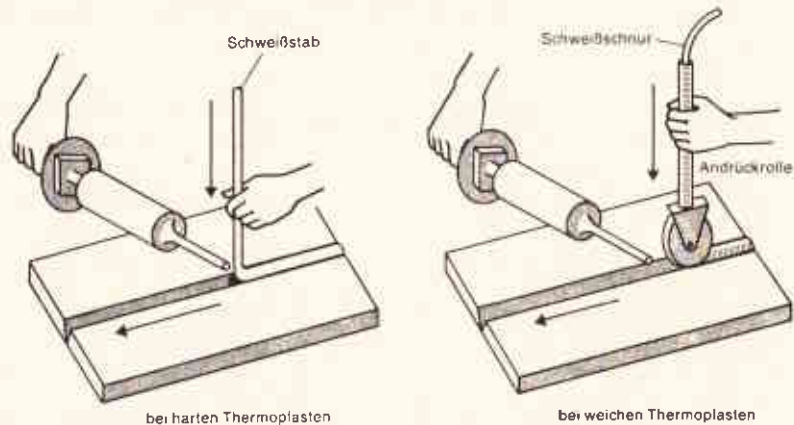
### 2.6.3. Nähen

Alle **weichen Kunststoff-Folien** können genäht werden. Dabei ist zu bedenken, daß die Nähte immer weniger zerreiẞfest sind als die Folie (Perforation durch die Nähnadel). Deshalb dürfen die Nähte dünner Folien nicht zu stark belastet werden.

### 2.6.4. Schweißen

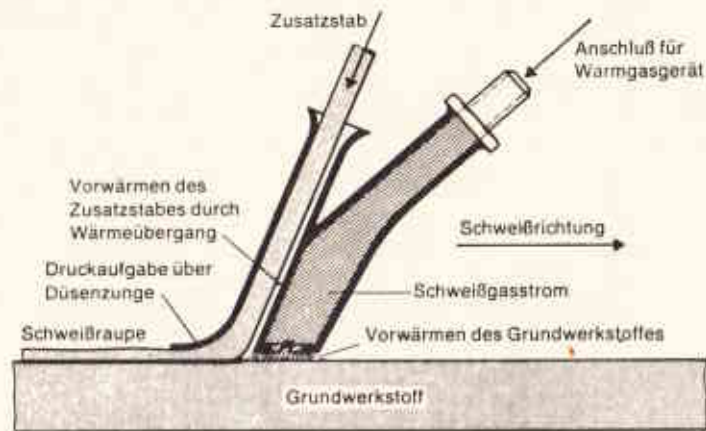
Beim Schweißen wird die Wärmebildsamkeit der **thermoplastischen Kunststoffe** ausgenutzt, indem sie in plastisch fließendem (schweißfähigem) Zustand unter leichtem Druck miteinander verbunden werden. Die verschiedenen Schweißverfahren unterscheiden sich in der Art der Erwärmung der Schweißstelle. **Nur gleiche Kunststoffe können miteinander verschweißt werden.**

Bei der **Heißgasschweißung** wird die Schweißstelle mit Hilfe erhitzter Gase, meistens Luft, erwärmt. Der erforderliche Druck wird, besonders bei offenen Schweißnähten, durch einen von Hand geführten Schweißstab aus thermoplastischem Kunststoff erreicht. Wie der Schweißdraht beim Metallschweißen sich als Zusatzmaterial verbraucht, so erzeugt auch hier der Kunststoffstab eine Schweißraupe, die die zu verschweißenden Teile verbindet.



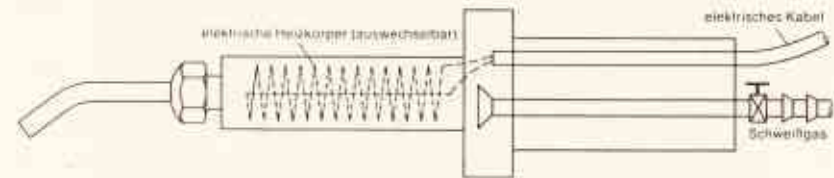
**Abb. 2.74 — Heißfächelgasschweißen**

Die Schweißflächen der Stoßstellen müssen vor dem Schweißen gründlich gereinigt und entfettet werden. Danach werden entweder die Flächen der zu verschweißenden Teile an der Nahtstelle verschweißt oder die Schweißnaht mit einem Schweißzusatzwerkstoff ausgefüllt (vgl. hierzu Abb. 2.74).



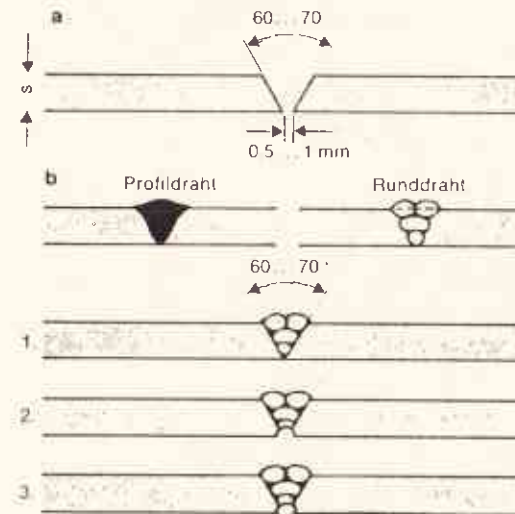
**Abb. 2.75 — Schnellziehschweißen**

Man unterscheidet bei Handschweißen zwischen dem **Fächelschweißen** und dem **Schnellschweißen** (vgl. hierzu Abb. 2.74 und 2.75).



**Abb. 2.76 — Elektrisch beheiztes Warmgasschweißgerät**

Die Schweißtemperaturen liegen zwischen  $250 - 300^\circ\text{C}$  und die Werkstofftemperaturen zwischen  $150 - 200^\circ\text{C}$ . Es kommt auf die Einhaltung der angegebenen Schweiß- und Umgebungstemperatur an, wenn eine gute Schweißnaht erzielt werden soll. Bei zu niedrigen Temperaturen kommt es zu einer mangelhaften Erwärmung und Erweichung, bei zu hohen Temperaturen zur Verbrennung der Schweißnaht und des Schweißgutes.



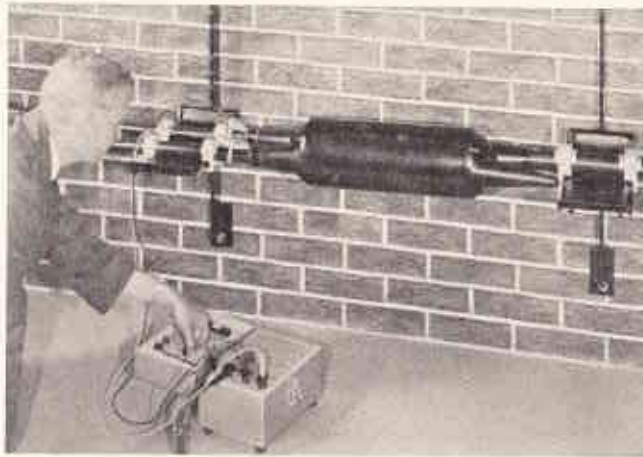
**Abb. 2.77 — V-Naht**

Die erzielte V-Naht kann bearbeitet werden oder unbearbeitet bleiben (vgl. hierzu Abb. 2.77).

Die Verschweißung geschieht nur bei ausreichendem Druck des Zusatzwerkstoffs auf die Nahtstelle, etwa  $10 \text{ N/mm}^2$ .

Mit der Einführung der Kunststoffmantelkabel wird das Kunststoffschweißen jetzt auch im Fernmeldebaudienst angewandt.

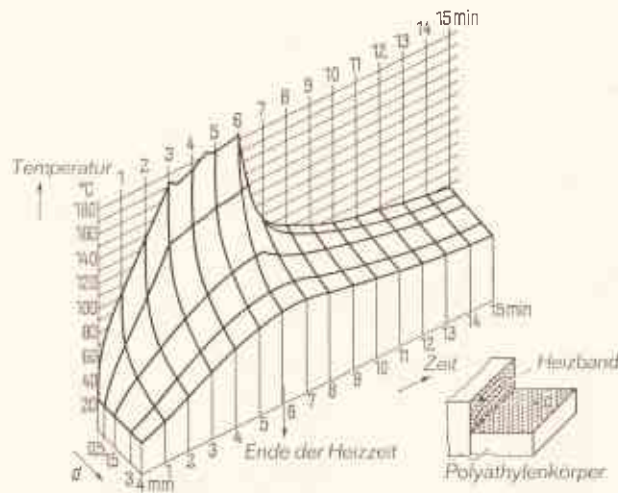
Die Spleißstellen werden durch Kunststoffmuffen geschützt, deren Nähte verschweißt werden. Zum Erwärmen dient statt einer Flamme eine elektrische Beheizung. In die Muffen eingelegte Heizwendel werden mit Hilfe eines regelbaren Steuergeräts aus einer Batterie aufgeheizt (vgl. hierzu Abb. 2.78).



**Abb. 2.78 — Schweißen von Kunststoffmuffen**

(Werkfoto Siemens AG)

Die Abhängigkeit des Schweißvorgangs von Temperatur, Werkstoffdicke und Heizzeit ist in Abb. 2.79 dargestellt.



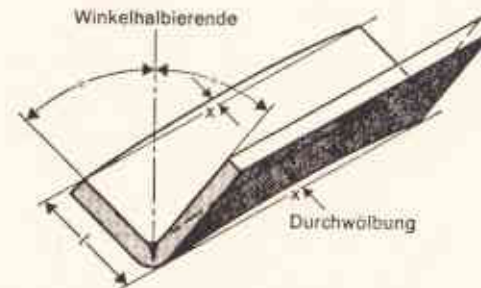
**Abb. 2.79 — Heizdiagramm**

### 2.6.5. Warmverformen

Das Warmverformen wird nur bei thermoplastischen Kunststoffen angewendet. Es ähnelt zum Teil den Methoden der spanlosen Metall-

verformung. Die in einem Wärmeofen gummielastisch gemachten Halbzeuge (Platten, Rohre, Stäbe usw.) lassen sich durch Abkanten, Biegen, Blasen, Drücken und Tiefziehen verformen.

Wenn fertige Werkstücke in der Werkstatt durch Wärmebehandlung verformt werden sollen, ist darauf zu achten, daß die Erwärmung  $80^{\circ}\text{C}$  nicht übersteigt. Zum Erwärmen ist möglichst eine rußfreie Flamme (Bunsenbrenner) zu verwenden. Das Werkstück wird durch Überstreichen mit mäßiger Flamme unter ständigem Ändern der Richtung erwärmt. Dieses Verfahren wird auch zum Richten verbogener Stücke angewandt. Es ist jedoch besser, zum Erwärmen Heißgasschweißgeräte zu verwenden, deren Temperatur eingestellt werden kann.



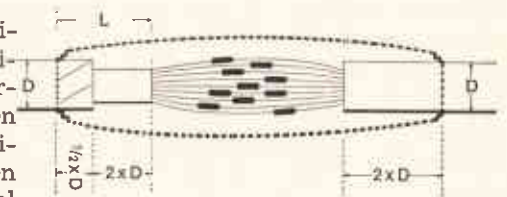
**Abb. 2.80 — Durchwölbung**

Beim Abkanten ist auf sachgerechtes Einspannen und ausreichende Schenkellänge zu achten, weil es sonst zur **Durchwölbung** in der Werkstückmitte kommt (vgl. hierzu Abb. 2.80).

### 2.6.6. Vergießen

Kabelmuffen lassen sich gegen Feuchtigkeit bequem durch Gießharz schützen. Die Spleißstelle wird zunächst durch eine zweiteilige Kunststoffmuffe abgedeckt. In einen Einfüllstutzen füllt man anschließend das Gießharz. Das Vorbereiten der Kabelenden zeigt Abb. 2.81.

Das Gießharz wird mit einem Härter getrennt in einem Kunststoffbeutel verpackt. Vor dem Vergießen muß die Schweißnaht zwischen den beiden Lösungen zerrissen und das Material verknetet werden (vgl. hierzu Abb. 2.82).



für Kunststoffkabel

Mindestabsetzmaße (Basis: Kabelaußendurchmesser)

**Abb. 2.81 — Vorbereiten der Kabelenden**



Abb. 2.82 — Mischen von Gießharz und Härter

Beim Umgang mit Gießharz ist Vorsicht geboten! Je nach Art der Harze (Polyester, Epoxid, Phenol usw.) und der Lösungsmittel und Härter besteht Gefahr von Hautreizungen durch Spritzer und auch Feuergefahr! Die Schutzhinweise der Hersteller sind unbedingt zu beachten!

## 2.7. Wärmebehandlung

Je nach ihrem Verwendungszweck müssen Werkzeuge und Maschinenteile eine bestimmte Härte und Festigkeit haben. Das wird durch die richtige Wahl des Werkstoffs und durch seine richtige Wärmebehandlung erreicht. Bei der Wärmebehandlung der Stähle unterscheidet man das Glühen, das Härten und das Anlassen.

### 2.7.1. Behandlung der Stähle

#### 2.7.1.1. Glühen

Stahl wird gegläht durch langsames Erwärmen auf eine bestimmte Temperatur und anschließend langsames Abkühlen. Durch **Weichglühen** bei 680 bis 740 °C, das mehrere Stunden dauert, wird gehärteter oder kaltverfestigter Stahl zur besseren Bearbeitung wieder weich gemacht. Das **Normalglühen** ist ein kurzes Erhitzen auf 750 bis 950 °C. Hierdurch wird das beim Walzen, Schmieden oder Gießen ungleichmäßig oder grobkörnig gewordene Gefüge fein und gleichmäßig. Spannungen, die durch Gießen, Walzen, Schmieden oder Schweißen entstanden sind, werden durch **Spannungsfreiglühen** beseitigt. Dabei werden die Werkstücke bei 550 bis 600 °C 1 bis 2 Stunden gegläht und dann sehr langsam abgekühlt. Oft ist dazu eine **Schutzgasatmosphäre** erforderlich (12% Wasserstoff, 6% Kohlenoxid, 6,5% Kohlensäure, Rest Stickstoff), um Gefügeänderungen an der Oberfläche von Blechen vorzubeugen. Ohne Schutzgas würde der Luftsauerstoff den Kohlenstoffgehalt reduzieren und dadurch eine raue Oberfläche herbeiführen.

#### 2.7.1.2. Härten

Werkstücke mit hoher Oberflächenbeanspruchung, besonders Werkzeugschneiden, müssen nach der Formgebung gehärtet werden.

Das Härten wird eingeteilt in 3 Stufen: **Erwärmen**, **Abschrecken** und **Anlassen**. Stahl wird erst langsam und dann schnell auf Härtetemperatur gebracht (vgl. hierzu nachfolgende Übersicht der Glühfarben). Um ein schnelles und ungleichmäßiges Erwärmen vorspringender oder dünner Werkstückteile zu verhindern (Härteverzug), werden Schutzabdeckungen wie Lehm oder Härtepasten verwendet.

| Glühfarben           |         |
|----------------------|---------|
| Dunkelbraun          | 550 °C  |
| Braunrot             | 630 °C  |
| Dunkelrot            | 680 °C  |
| Dunkel-<br>kirschrot | 740 °C  |
| Kirschrot            | 770 °C  |
| Hell-<br>kirschrot   | 800 °C  |
| Hellrot              | 850 °C  |
| Gut<br>Hellrot       | 900 °C  |
| Gelbrot              | 950 °C  |
| Gelb                 | 1000 °C |
| Hellgelb             | 1100 °C |
| Gelbweiß             | 1200 °C |
| Weiß                 | 1300 °C |

Durch das **Abschrecken** wird dem vorher erwärmten Werkstück sehr rasch Wärme entzogen und die Rückbildung des Gefüges verhindert. Die Härte ist nicht allein von der Zusammensetzung der Stähle, sondern auch von der Schnelligkeit der Abkühlung abhängig. Die Schnelligkeit, mit der abgeschreckt werden darf, hängt von der Zusammensetzung des Stahls ab, deshalb gibt es Abschreckmittel von schroffer oder milder Wirkung. Wasser bewirkt eine schnelle Abkühlung, Öl eine langsame. Durch das Abschrecken werden die Werkstücke spröde; es entstehen auch Spannungen. Um diese Nachteile wieder zu beseitigen, werden die gehärteten Werkstücke angelassen.

**Anlassen** ist ein Wiedererwärmen und Abschrecken bei einer gewünschten Gefügestruktur, die in der Anlaßfarbe (vgl. hierzu nach-

| Anlaßfarben       |        |
|-------------------|--------|
| Weiß              | 200 °C |
| Strohgelb         | 220 °C |
| Dunkelgelb        | 230 °C |
| Ocker             | 240 °C |
| Gelbrot           | 250 °C |
| Braun-<br>Violett | 276 °C |
| Purpur            | 270 °C |
| Violett           | 280 °C |
| Dunkelblau        | 290 °C |
| Blau              | 300 °C |
| Hellblau          | 310 °C |
| Graublau          | 320 °C |
| Grau-<br>grünlich | 330 °C |

stehende Tabelle) auf blankem Stahl erkennbar ist. Mit steigender Anlaßtemperatur wird die Zähigkeit des Stahls erhöht, gleichzeitig aber auch die Härte entsprechend verringert. Sobald die gewünschte Anlaßfarbe auftritt, wird nochmals abgeschreckt. Der Stahl hat dann die für seinen Verwendungszweck richtige Härte und Zähigkeit bekommen.

### 2.7.2. Behandlung der Leichtmetalle

Durch die Wärmebehandlung der Leichtmetalle werden, ähnlich wie beim Stahl, verschiedene Eigenschaften, besonders Festigkeit, Dehnung und Härte, verändert. Aluminium und seine Legierungen beanspruchen eine andere Behandlung als Magnesium und seine Legierungen.

**Aluminium und Alu-Legierungen** können weichgeglüht und auch ausgehärtet werden. Durch das Weichglühen vermindert sich die Härte und Festigkeit, es erhöht sich aber dafür die Dehnung und somit die Verformbarkeit. Nur einige Aluminiumlegierungen lassen sich aushärten, und zwar die, deren Bestandteile sich beim Erwärmen im Aluminiumkristall lösen, wie z. B. Kupfer, Magnesium, Silizium, Zink und deren Verbindungen. **Magnesium und seine Legierungen können nicht ausgehärtet, sondern nur weichgeglüht werden.** Der Zweck ist derselbe wie bei Aluminium. Für die Erwärmung von Leichtmetallen sind besondere Öfen erforderlich.

## 3. Technisches Zeichnen

### 3.1. Allgemeines über das Fachzeichnen

Aus einer Zeichnung müssen die Abmessungen, die Form, das Material und die Bearbeitung eines Werkstücks zweifelsfrei ersichtlich sein.

Die Zeichenregeln und Symbole für die Darstellung sind genormt: Linien nach DIN 15, Schriften nach DIN 16 und 17, Technische Zeichnungen nach DIN 199 (weitere Normen werden bei den Unterabschnitten genannt). Die Normung dient der Verständigung zwischen Konstrukteur und Ausführenden; sie ist eine festgelegte Zeichensprache, auf die sich die Beteiligten geeinigt haben.

Folgende 12 Grundregeln für das Anfertigen von Zeichnungen sollten beachtet werden (vgl. hierzu auch Abb. 3.1):

1. **Jede Zeichenarbeit beginnt mit der Raumaufteilung des Zeichenblatts.** Die anzufertigende Zeichnung soll in der Mitte des Zeichenblatts liegen.
2. **Jede Zeichnung ist mit einem Bleistift dünn vorzuzeichnen.**
3. Die zu zeichnenden Ansichten werden in der **richtigen Lage** auf dem Zeichenblatt durch **dünne Bleistiftstriche** markiert. Bei symmetrischen Werkstücken werden zuerst die **Mittellinien** mit Bleistift dünn vorgezeichnet, ebenso für Kreise und Rundungen.
4. Danach werden die sichtbaren Kanten, Kreisbogen und Rundungen, gerade Kanten, unsichtbare Kanten, Schnittflächen, Maßlinien und Maßhilfslinien usw. **mit einem Bleistift dünn vorgezeichnet.**
5. Wenn die Zeichnung mit einem Bleistift dünn vorgezeichnet ist, wird die **Beschriftung mit einem Bleistift dünn vorgeschrieben.** Bei der Beschriftung ist ebenfalls auf gute **Raumaufteilung** zu achten.
6. **Erst wenn die Zeichnung völlig fehlerfrei mit einem Bleistift dünn vorgezeichnet und vorgeschrieben worden ist, kann mit dem Nachziehen mit Tusche begonnen werden.**

7. Zuerst werden alle **Kreisbogen und Kurven mit Tusche nachgezogen**, weil es einfacher ist, eine Gerade an eine Kurve anzusetzen als umgekehrt.
8. Dann werden alle **waagrecht verlaufenden Linien** in der Reihenfolge von oben nach unten mit Tusche nachgezogen.
9. Danach sind alle **senkrecht verlaufenden Linien** in der Reihenfolge von links nach rechts mit Tusche nachzuziehen. Zum Ziehen dieser Linien wird bei der Arbeit am Reißbrett ein Winkel benutzt. Bei der Verwendung einer Zeichenplatte mit unterer Anlegekante kann die Platte gedreht werden, so daß hierbei kein Unterschied beim Ziehen von waagrecht und senkrecht verlaufenden Linien besteht.
10. Anschließend werden alle Linien mit Tusche nachgezogen, die **weder waagrecht noch senkrecht** verlaufen.
11. Zum Schluß werden die **Maßpfeile** mit Tusche nachgezeichnet, und die **Beschriftung** wird mit Tusche nachgeschrieben.
12. Nachdem die mit Tusche nachgezogene und nachgeschriebene Zeichnung gut ausgetrocknet ist, werden alle noch sichtbaren Bleistiftstriche von der Bleistiftvorzeichnung und der Beschriftung mit einem weichen Radiergummi **vorsichtig ausradiert**.

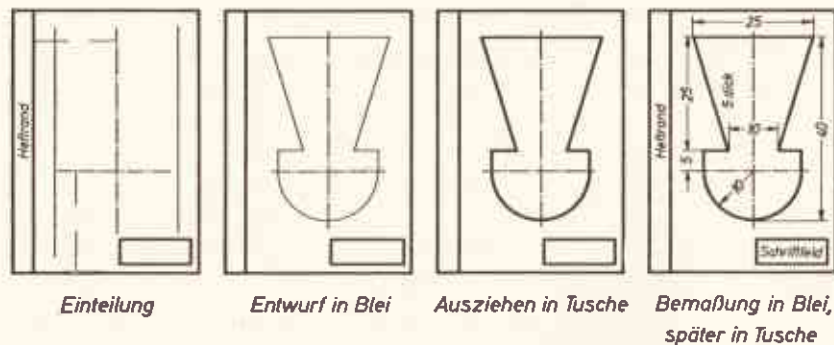


Abb. 3.1 — Entstehen einer Zeichnung

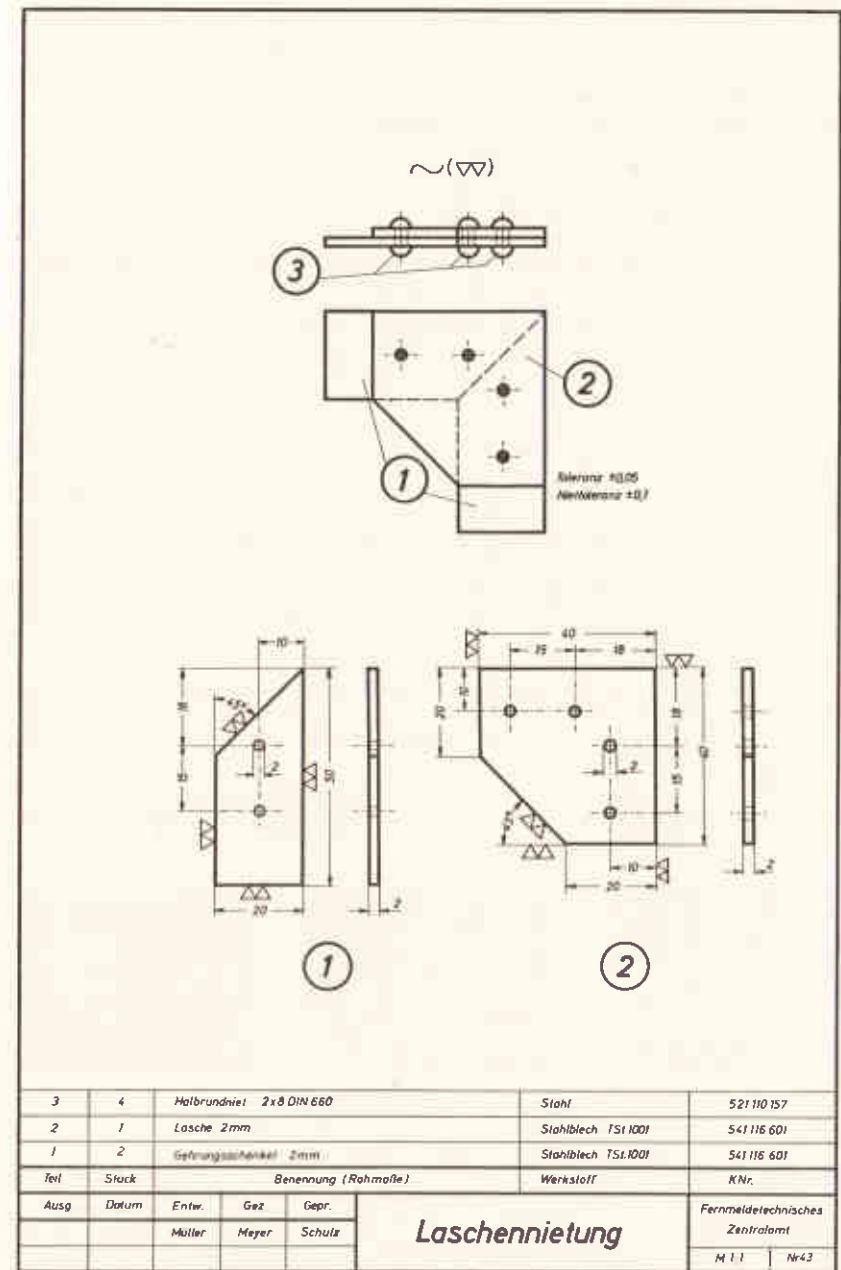


Abb. 3.2 — Eine fertige Zeichnung

### 3.1.1. Zeichenpapiere

#### 3.1.1.1. Papiersorten

Zeichenpapiere werden in drei Gruppen unterteilt:

1. **Das undurchsichtige Zeichenpapier**, auch Zeichenkarton genannt, wird nur für Zeichnungen verwendet, die nicht gepaust werden sollen. Es ist in Form von Bogen und Rollen in verschiedenen Stärken erhältlich. Es wird jedoch zur Unterscheidung nicht die Stärke, sondern das Gewicht angegeben. Ein Quadratmeter wiegt zwischen 100 und 300 Gramm.
2. **Das durchsichtige Zeichenpapier**, Transparentpapier genannt, wird dann benutzt, wenn von einer Originalzeichnung beliebig viele Pausen hergestellt werden sollen. Selbst von Bleistiftzeichnungen auf Transparentpapier lassen sich einwandfreie Lichtpausen herstellen.
3. **Grafische Zeichenpapiere** (vgl. hierzu Abb. 3.3) sind mit einem Liniennetz bedruckt, wie z. B. beim Millimeterpapier. Diese Papiere werden für Diagramme und Kurven verwendet, weil das Aufsuchen bestimmter Punkte auf einer Kurve durch das Liniennetz sehr erleichtert wird.

Grafische Papiere werden durchsichtig und undurchsichtig hergestellt. Wegen des aufgedruckten Liniennetzes sind radierte Stellen leicht zu erkennen.

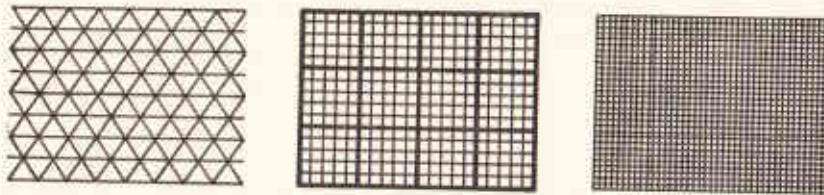


Abb. 3.3 — Grafische Zeichenpapiere

#### 3.1.1.2. Papierformate

Die Papierformate (vgl. hierzu Abb. 3.4.), die beim technischen Zeichnen verwendet werden, sind mit DIN 476 genormt. Sie werden mit „DIN A“ und einer Ziffer bezeichnet. An der Ziffer kann erkannt

werden, welche Größe der Zeichenbogen hat, z. B. haben Wochen-aufsatzblätter das Format DIN A4. Die 4 besagt, daß das Blatt 4mal geteilt wurde, d. h., jede Halbierung wurde wiederum halbiert. Nur in Ausnahmefällen wird davon abgewichen, wie z. B. in der Fern-meldetechnik, wenn der Verbindungsaufbau in einem Wählsystem auf einem Blatt gezeigt werden soll. Hier ergibt sich ein sehr schma-les und langes Format.

Bei der Normung ging man von einem Einheitsbogen aus, der die Fläche von 1 Quadratmeter hat. Breite und Höhe dieses Bogens verhalten sich nach dem **Goldenen Schnitt**. Als Goldener Schnitt wird das Verhältnis von  $1 : \sqrt{2}$  bezeichnet. Auf den Einheitsbogen angewandt ergab das eine Breite

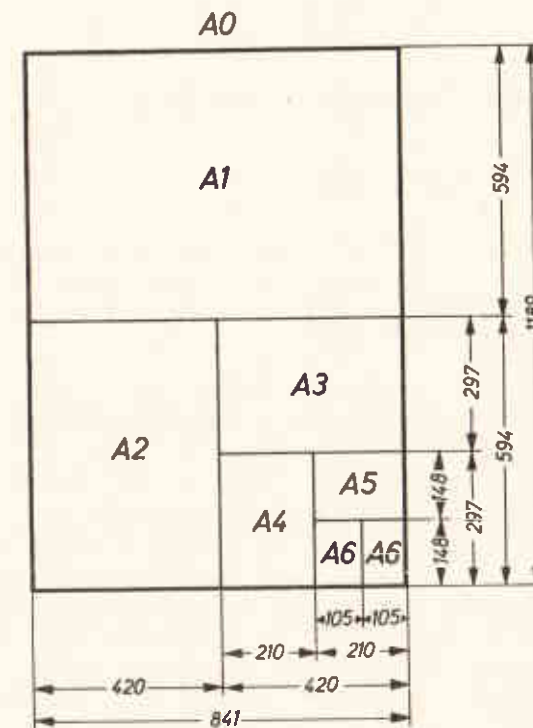


Abb. 3.4 — Entstehung der DIN-Formate

von 841 mm und eine Höhe von 1189 mm. Dieses Blatt erhielt die Bezeichnung DIN A0. Durch Halbieren dieses Formats ergab sich die Blattgröße DIN A1 mit 594 × 841 mm. Durch weiteres Halbieren kam man zu den Formaten DIN A2 usw.

### Wichtige Blattgrößen (Maße in Millimetern)

|               |               |          |
|---------------|---------------|----------|
| Vierfachbogen | <b>DIN A0</b> | 841×1189 |
| Doppelbogen   | <b>DIN A1</b> | 594×841  |
| Bogen         | <b>DIN A2</b> | 420×594  |
| Halbbogen     | <b>DIN A3</b> | 297×420  |
| Viertelbogen  | <b>DIN A4</b> | 210×297  |
| Achtelbogen   | <b>DIN A5</b> | 148×210  |

Die Formate der DIN-A-Reihe werden auch als die **unabhängigen** Formate bezeichnet. Sie werden für Zeichnungen, Briefbogen, Formblätter, Karteikarten usw. verwendet. Die Formate der DIN-B- oder DIN-C-Reihe sind dagegen **abhängige** Formate. Sie werden überall dort benutzt, wo Formate der DIN-A-Reihe eingehftet, eingesteckt werden müssen usw., also für Briefumschläge, Schnellhefter, Karteikästen.

### 3.1.2. Blatteinteilung, Maßstäbe und Schriftfeld

#### 3.1.2.1. Befestigen des Zeichenblatts

Die richtige Befestigung des Zeichenpapiers beim Zeichnen ist sehr wichtig. Größere Zeichnungen als DIN A4, bei denen nicht mehr die Zeichenplatte verwendet werden kann, sind auf dem Reißbrett mit **Reißbrettstiften** zu befestigen.

Soll das Blatt ohne Falten aufgezogen werden, muß zunächst nur eine Ecke befestigt werden. Danach wird das Blatt von der befestigten Stelle aus **diagonal** glattgestrichen und die zweite Reißzwecke eingedrückt. Anschließend wird das Blatt von der Mitte aus nach den noch unbefestigten Ecken glattgestrichen und befestigt. Als Reißbrettstifte sind die im Haushalt üblichen „Reißnägel“ nicht geeignet. Sie haben nicht die richtige Spitze und der Kopf ist nicht flach genug, so daß die Reißschiene nicht darüber hinweggleiten könnte.

Um zu vermeiden, daß die Zeichnungen an den Befestigungsstellen ausreißen, können die Blattecken vor der Befestigung umgeknickt oder kleine Kartonstücke zwischen Bogen und Kopf der Reißbrettstifte gelegt werden.

Bei der **Befestigung des Blattes durch Klebestreifen** wird das Reißbrett nicht beschädigt und die Reißschiene kann nicht hängenbleiben.

Ist die Oberfläche des Reißbretts durch starken Gebrauch sehr zerstoßen, so kann sie erneuert werden, indem auf das Brett eine dünne Kunststoffplatte (z. B. **Circolon**) aufgeleimt wird. Die Oberfläche dieser Kunststoffplatte ist noch fester und glatter als das Holz des Reißbretts. Solche Kunststoffplatten sind in den Größen der Reißbretter handelsüblich. Es ist empfehlenswert, schon das neue Reißbrett zur Schonung mit einer Kunststoffplatte zu belegen.

#### 3.1.2.2. Blatteinteilung

Abb. 3.5 zeigt u. a., wie ein DIN-A3-Blatt im Querformat eingeteilt wird. Das Maß des unbeschnittenen Blattes ist das **Rohformat**; das beschnittene Blatt ist das **DIN-Format** (nach DIN 823). An der linken Seite des Zeichenblatts muß ein Heftrand sein, der beim Format DIN A4 15 mm und bei größeren Formaten 20 mm beträgt. An der rechten Seite des Blattes wird oben und unten ebenfalls ein Rand gelassen. Beim DIN-A4-Format beträgt er 5 mm; bei den größeren Formaten 10 mm. Die Fläche, die innerhalb dieses Randes verbleibt, ist die **Zeichenfläche**.

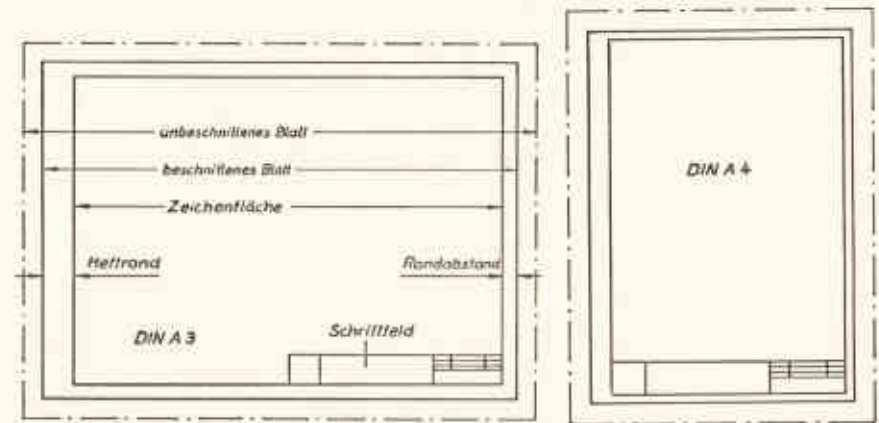


Abb. 3.5 — Einteilung von Zeichenblättern

#### 3.1.2.3. Maßstäbe

Wird ein Körper in seiner natürlichen Größe gezeichnet, so entspricht dies dem Maßstab 1:1. Bei großen Gegenständen ist das natürlich kaum möglich, und es wäre auch unzuweckmäßig und überflüssig, z. B. ein Kabelformstück in seiner natürlichen Größe zu zeichnen. Wir können es in einem **kleineren Maßstab** eindeutig wiedergeben. Für die **Verkleinerung** stehen mehrere **genormte Maßstäbe** zur Verfügung.

Wählen wir z. B. den Maßstab 1 : 5, so bedeutet das, daß das Werkstück in der Zeichnung nur ein Fünftel seiner natürlichen Größe hat, also  $1000 \text{ mm} : 5 = 200 \text{ mm}$  lang ist.

Ist dagegen ein Gegenstand so klein, daß die zeichnerische Wiedergabe zu schwierig und undeutlich wird, kann ein **Vergrößerungsmaßstab** gewählt werden. Maßstäbe sind genormt nach DIN 823 (vgl. hierzu Abb. 3.6).

|                        |         |         |          |
|------------------------|---------|---------|----------|
| <b>Vergrößerungen</b>  | 2 : 1   | 5 : 1   | 10 : 1   |
| <b>Verkleinerungen</b> | 1 : 2,5 | 1 : 5   | 1 : 10   |
|                        | 1 : 20  | 1 : 50  | 1 : 100  |
|                        | 1 : 200 | 1 : 500 | 1 : 1000 |

Abb. 3.6 — Maßstäbe

Beachten Sie: Es gibt keinen Verkleinerungsmaßstab 1 : 2!

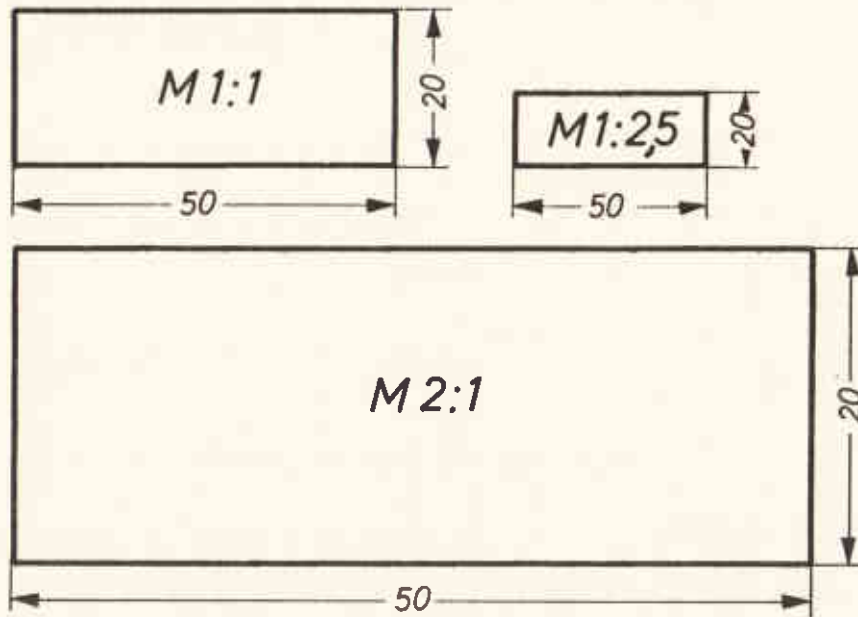


Abb. 3.7 — Rechteck in verschiedenen Maßstäben

Nach DIN 823 sind lediglich die Maßstäbe für technische Zeichnungen genormt (vgl. hierzu Abb. 3.7), nicht aber die Maßstäbe von Landkarten.

### 3.1.2.4. Schriftfeld

In der rechten unteren Ecke der Zeichenfläche befindet sich das Schriftfeld (nach DIN 6771). Bei kleineren Formaten, die im Hochformat benutzt werden, kann es über die ganze Breite der Zeichen-

fläche gehen (vgl. hierzu Abb. 3.5). Das Schriftfeld legt die Gebrauchslage der Zeichnung fest. Die eingetragenen Maßzahlen müssen in dieser Lage oder von rechts lesbar sein. Das Schriftfeld trägt alle Angaben über Benennung der Zeichnung, Namen des Zeichners und des Prüfers, Daten, Toleranzen und Änderungen (vgl. hierzu Abb. 3.8).

|       |       |                     |       |       |                           |  |           |
|-------|-------|---------------------|-------|-------|---------------------------|--|-----------|
|       |       |                     |       |       |                           |  | 5         |
| 3     | 1     | Kreuzkopf 16a 42 lg |       |       | Flußstahl                 |  |           |
| 2     | 1     | Säule 220 lg        |       |       | Flußstahl                 |  |           |
| 1     | 1     | Grundplatte         |       |       | Perlinax                  |  |           |
| Teil  | Stück | Benennung (Rohmaße) |       |       | Werkstoff                 |  | Bemerkung |
| Ausg. | Dat.  | Entw.               | Gez.  | Gepr. | <b>Höhenreißer</b>        |  |           |
|       |       | Krueger             | Meier |       |                           |  |           |
|       |       |                     |       |       | Fernmeldeamt 5<br>Hamburg |  |           |
|       |       |                     |       |       | M 1:1 U34                 |  |           |
|       |       |                     |       |       | 210                       |  |           |

Abb. 3.8 — Schriftfeld

Bei der Anfertigung von technischen Zeichnungen auf der Rückseite der Aufsatzblätter besteht immer wieder Unsicherheit über die Lage der Zeichnung, wenn im Querformat gearbeitet werden muß. Normalerweise bleibt die Rückseite einer Zeichnung frei, so daß es keine Normen über die Lage einer Zeichnung gibt, bei der der Heftrand rechts oder oben ist. Die Rückseite des Aufsatzblattes muß deshalb wie eine Vorderseite behandelt werden. Das bedeutet, daß das Schriftfeld im Querformat an der dem Heftrand gegenüberliegenden Seite liegt. Läge das Schriftfeld an der Seite des Heftrandes, müßte man beim Lesen der Maßzahlen das Aufsatzheft auf den Kopf stellen.

Wird ein Gerät, Apparat usw. nicht nur in der Gesamtdarstellung, sondern auch in seinen einzelnen Teilen gezeichnet, müssen die einzelnen Teile numeriert und in einer **Stückliste** aufgeführt werden. In der Gesamtdarstellung werden die laufenden Nummern aus der Stückliste an die betreffenden Einzelteile gesetzt.

## 3.2. Normschrift und Strichstärken

### 3.2.1. Schräge Normschrift

Technische Zeichnungen werden mit **schräger Normschrift nach DIN 16**, Reihe 1, Mikronorm (vgl. hierzu Abb. 3.9) beschriftet. Die Schrift hat eine Neigung von 75° und sie verzichtet auf jeden

Schnörkel. Die Normen gehen von der **Höhe der Großbuchstaben** aus und bezeichnen diese mit **Nennhöhe** =  $h$ . Genormte Nennhöhen:

1,8 2,5 3,5 5 7 10 14 20 mm

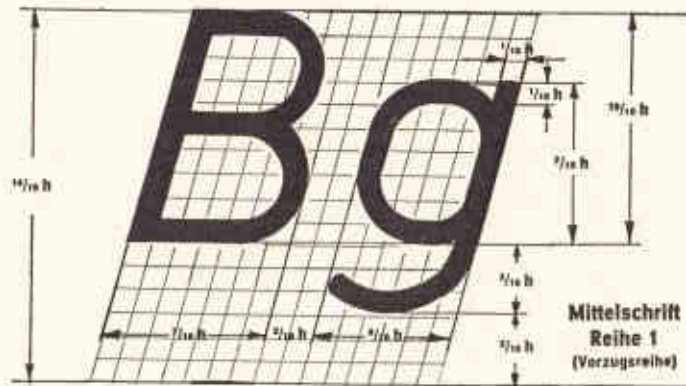


Abb. 3.9 — Normschrift



Abb. 3.10 — Mikronorm

Die **Mikronorm** ( $\bar{m}$ : Mikroverfilmung) wurde für die Reproduzierbarkeit fotografisch verkleinerter archivierter Zeichnungen neu eingeführt. Dabei wird mit dünneren Strichstärken gearbeitet als bei der bisher geltenden Norm (vgl. hierzu Abb. 3.11).

|                                     |  |                      |
|-------------------------------------|--|----------------------|
| Schräge Normschrift für Zeichnungen |  | DIN<br>16<br>Blatt 2 |
| Mittelschrift                       |  | gekürzt              |

In den Schriftschablonen sind bei einigen Buchstaben die unter 75° geneigten Linien nicht wie hier gerade, sondern entsprechend DIN 1451 etwas gewölbt ausgeführt (siehe Schriftmuster).

abc defghijklmno  
pqr stuvwxyz ßä  
öü [( & ? ! , ; ' " - = + ± × % ) ]  
ø 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 I V  
A B C D E F G H I J K L  
M N O P Q R S T U V W  
X Y Z Ä Ö Ü

Mit Hilfe des gleichen Hilfsnetzes kann auch die Breitschrift geschrieben werden. Schriftbreiten siehe DIN 1451.

Allgemeines und Schriftgrößen siehe DIN 16 Blatt 1 und DIN 1451  
Schräge Normschrift für Zeichnungen, Engschrift siehe DIN 16 Blatt 3  
Senkrechte Normschrift siehe DIN 17 Blatt 1 bis Blatt 3

Ausschuß Zeichnungen im Deutschen Normenausschuß (DNA)

Abb. 3.11 — Normschriftblatt DIN 16

### 3.2.1.1. Normschriftübungen

Gute Normschrift kann nur durch Üben erreicht werden. Eine gute Zeichnung wird verdorben, wenn die Beschriftung schlecht ausgeführt worden ist. Beginnen Sie Ihre Übungen mit der Nennhöhe von 8 mm und benutzen Sie dazu den entsprechenden Einsatz des Tuschefüllhalters. Für eine besonders saubere Ausführung können auch Schriftschablonen verwendet werden (vgl. hierzu Abb. 3.12).

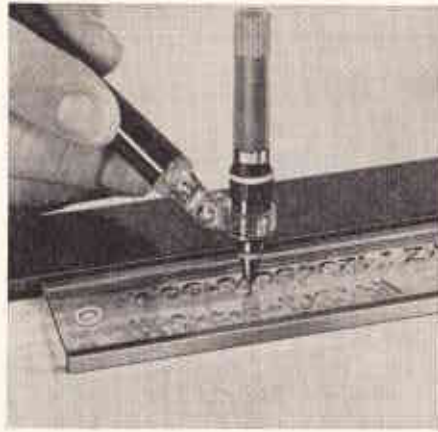


Abb. 3.12 — Arbeiten mit der Schriftschablone

Ein richtiger Arbeitsplatz und die richtige Haltung des Schreibenden sind ebenso wichtig wie das gute Handwerkszeug. Der Tisch soll eine Höhe von etwa 70 cm haben. Der Abstand zwischen dem Papier und den Augen soll ca. 30 cm betragen. **Das Licht soll von links kommen**, damit die Hand keine Schatten auf das Papier wirft.

### 3.2.1.2. Reihenfolge der Übungen

Beginnen Sie mit den Großbuchstaben, die nur aus steilen Geraden unter  $75^\circ$  und waagerechten Querstrichen bestehen:



Sie werden auf einem Blatt geübt, das mit einem Liniennetz versehen ist, dessen steile Geraden in einem Winkel von  $75^\circ$  nach rechts geneigt sind.

Auf diese Weise gewöhnt man sich schnell an die richtige Schräghaltung. Haben wir eine bestimmte Fertigkeit erreicht, können wir auf einem Blatt ohne Liniennetz die Übungen fortsetzen.

Dann werden die Großbuchstaben geübt, die auch nur aus Geraden bestehen, bei denen aber nicht mehr alle steilen Geraden unter  $75^\circ$  liegen:



Diese Buchstaben erfordern schon viel Übung, und man muß sie immer wieder kritisch mit der Vorlage vergleichen.

Üben Sie anschließend die Großbuchstaben, die sich aus Geraden und Bogen zusammensetzen:



Es ist streng darauf zu achten, daß bei den Buchstaben C, D, G, O und Q die steilen Striche nicht gekrümmt werden. Sie sind Geraden, die oben und unten durch einen Kreisbogen fortgesetzt werden. Bei B, P und R beginnen die Bogen zunächst mit einem waagerechten Strich.

Nach den Großbuchstaben werden nun die **kleinen Buchstaben** geübt. Auch hier wird wieder mit den Buchstaben begonnen, die nur aus Geraden bestehen:



Beachten Sie:

Die Querstriche bei f und t sitzen in Höhe der Kleinbuchstaben; die Punkte beim i und bei den Umlauten in Höhe der Großbuchstaben.

Es folgen die kleinen Buchstaben, die sich aus Geraden und Bogen zusammensetzen:



und dann die Buchstaben, die sich aus dem o ableiten lassen:



Die letzte Buchstabengruppe ist am schwierigsten zu schreiben, weil hierbei Gerade und Bogen ineinander übergehen.

Bevor Sie Wortübungen durchführen, sollten Sie noch die **Ziffern** und **Satzzeichen** üben, wie sie aus der Vorlage in Abb. 3.11 zu sehen sind. Beim Schreiben von römischen Zahlen bleibt es dem Zeichner überlassen, ob er diese Zahlen mit oder ohne „Kopf“ schreibt.

### 3.2.1.3. Wortübungen

Mehrere gut geschriebene Buchstaben ergeben aneinandergereiht nicht unbedingt ein gutes Wortbild. Es kommt auch auf die richtigen Abstände zwischen den einzelnen Buchstaben an, damit das ganze Wort einen geschlossenen Eindruck macht.

Zuerst werden kurze Wörter geübt, dann, wenn die Abstände sicher beherrscht werden, sollten Sie die längeren Wörter üben (vgl. hierzu Abb. 3.13). Wörter mit mehr als 15 Buchstaben sind zu vermeiden, weil sie schwer lesbar sind. Da es sich bei diesen langen Wörtern meistens um zusammengesetzte Hauptwörter handelt, können sie durch einen Bindestrich getrennt werden.

Ist fortlaufender Text in Normschrift zu schreiben, dann sind die Abstände zwischen den Wörtern so zu wählen, daß die Zeilen alle gleich lang werden. Der Text bildet dann einen geschlossenen Block.

**Ohm, Filz, Minus, Physik, Aluminium,  
Freizeichen,  
Nachrichten - Satellit,  
Richtfunk-Übertragung**

Abb. 3.13 — Wortübungen

Wenn die Normschrift in der Nennhöhe von 8 mm beherrscht wird, werden größere und kleinere Nennhöhen geübt. Da die Strichdicke etwa ein Zehntel der Nennhöhe betragen soll, müssen für diese Übungen andere Einsätze benutzt werden.

**Führen Sie die ersten Übungen sehr langsam durch!**

**Schnelligkeit kommt mit der Übung!**

**Vergleichen Sie Ihre Schrift immer wieder mit der Vorlage!**

### 3.2.2. Linienarten und Strichstärken

Während der Maler bei der körperlichen Darstellung eines Gegenstandes Farben und Schattierungen benutzt, ist der technische Zeichner auf den Gebrauch der einfarbigen Linien angewiesen. Um diesen Linien verschiedene Bedeutung zu geben, werden sie verschieden dick oder mit Unterbrechungen gezeichnet (vgl. hierzu Abb. 3.14). So werden z. B. die sichtbaren Kanten eines Körpers durch Volllinien, die unsichtbaren Kanten durch Strichlinien nach DIN 15 dargestellt.

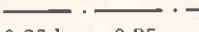
|                                                                                                                                 |                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Breite Vollinie</b><br>für sichtbare Kanten und Umrisse                                                                   | <br>0,5 bzw. 0,7 mm     |
| <b>2. Strichlinie</b><br>für unsichtbare Kanten und Umrisse                                                                     | <br>0,35 bzw. 0,5 mm    |
| <b>3. Schmale, lange Strichpunktlinie</b><br>für Mittellinien und zur Darstellung des Zusammenhangs bestimmter Apparateile usw. | <br>0,25 bzw. 0,35 mm  |
| <b>4. Schwache Vollinie</b><br>für Maß-, Maßhilfs- und Schraffurlinien                                                          | <br>0,25 bzw. 0,35 mm |
| <b>5. Breite, kurze Strichpunktlinie</b><br>für Schnittlinien                                                                   | <br>0,5 bzw. 0,7 mm   |
| <b>6. Freihandlinie</b><br>für Bruchkanten                                                                                      | <br>0,25 bzw. 0,35 mm |

Abb. 3.14 — Linienarten und Strichstärken (Reihe 1, für DIN A4 bzw. A3)

Die **Umriss des Körpers** müssen ganz klar hervortreten. Alle anderen Linien treten dahinter zurück. In der Elektrotechnik gilt für Schaltzeichnungen u. ä. eine Strichbreite von 0,5 mm.

Bei **Strichlinien** sollen Strich und Abstände ein Verhältnis von etwa 4 : 1 haben. Die Länge der Striche und Abstände soll in einer Strichlinie jeweils gleichmäßig sein. Die Länge der einzelnen Striche hängt von der Größe der Zeichnung und von der Länge der Strichlinie ab.

Für die **Strichpunktlinie** gilt das gleiche wie für die Strichlinie. Anstelle des Punktes wird bei längeren Linien vielfach ein kurzer Strich gezeichnet. Im Mittelpunkt eines Kreises müssen sich stets **zwei Striche der Strichpunktlinie kreuzen**, weil nur so der Mittelpunkt des Kreisbogens einwandfrei bestimmt ist (vgl. hierzu Abb. 3.15).



Abb. 3.15 — Mittellinie zur Bestimmung des Kreismittelpunktes

### 3.3. Zeichnen und Bemaßen

#### 3.3.1. Einfache Grundaufgaben

Das technische Zeichnen setzt voraus, daß einige **Grundaufgaben**, die in der praktischen Zeichenarbeit häufig vorkommen, sicher beherrscht werden. Die folgenden 14 Aufgaben sollten deshalb genau studiert und auch gezeichnet werden.

#### 1. Auf einer Geraden ist im Punkt A eine Senkrechte zu errichten:

Mit dem Zirkel werden von A aus nach beiden Seiten gleich große Strecken abgetragen: AB und AC. Von C und B aus sind mit größerer Zirkelöffnung 2 gleich große Kreisbögen zu schlagen, deren Schnittpunkt D genannt wird. Die Verbindung D—A ist die Senkrechte (vgl. hierzu Abb. 3.16).

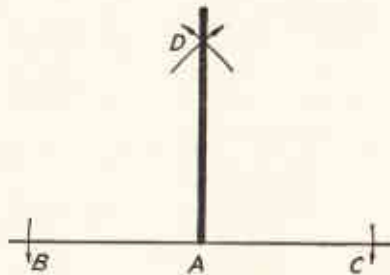


Abb. 3.16 — Senkrechte im Punkt A

#### 2. An einer Geraden g ist im Endpunkt A eine Senkrechte zu errichten:

Nacheinander werden mit gleich großer Zirkelöffnung die Kreisbögen um die Punkte A, B, C und D geschlagen. Die Verbindung E—A ist die Senkrechte (vgl. hierzu Abb. 3.17).

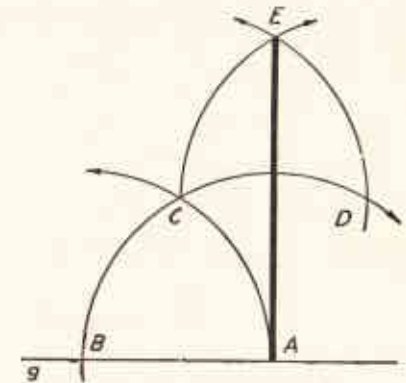


Abb. 3.17 — Senkrechte im Endpunkt A

#### 3. Ein Winkel ist zu halbieren:

Ein um A geschlagener Kreisbogen schneidet die Schenkel des Winkels in B und C. Mit der gleichen Zirkelöffnung wird je ein Kreisbogen um B und C geschlagen, die sich in D schneiden. Die Verbindung D—A ist die Winkelhalbierende (vgl. hierzu Abb. 3.18).

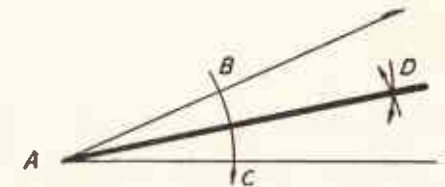


Abb. 3.18 — Halbieren eines Winkels

#### 4. Ein rechter Winkel ist in drei gleiche Teile zu teilen:

Ein Kreisbogen ist um A zu schlagen, der die Schenkel in B und C schneidet. Mit derselben Zirkelöffnung wird je ein Kreisbogen um B und C geschlagen. Die Kreuzungspunkte auf dem ersten Kreisbogen ergeben, mit A verbunden, die Geraden, die den rechten Winkel in drei gleiche Teile teilen (vgl. hierzu Abb. 3.19).

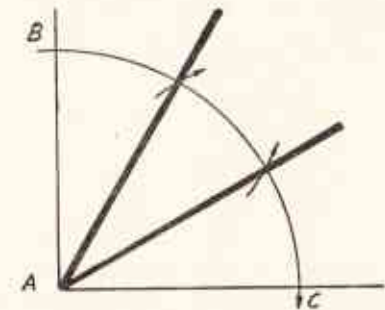


Abb. 3.19 — Dreiteilung eines Winkels

### 5. Die Strecke A—B ist in beliebig viele gleiche Teile zu teilen:

An A—B wird in A eine Strecke A—C in einem Winkel von etwa  $30^\circ$  angetragen. Die Strecke A—C wird in die geforderte Anzahl gleicher Teile eingeteilt. Der letzte Teilpunkt auf A—C wird mit B verbunden, und zu dieser Linie werden Parallelen zur Geraden B—C durch die Teilpunkte auf A—C gezogen. Die Schnittpunkte der Parallelen mit der Strecke A—B teilen diese in die geforderte Anzahl gleicher Teile ein (vgl. hierzu Abb. 3.20).

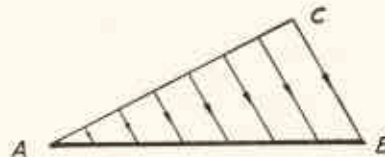


Abb. 3.20 — Parallelen an zwei Geraden

#### Beispiel:

Eine 217 mm lange Strecke (A—B) soll in 14 gleiche Teile geteilt werden. Mit dem Stabmaß könnte diese Aufgabe nur sehr ungenau ausgeführt werden. Deshalb legen wir an A—B in A unter etwa  $30^\circ$  eine 140 mm lange Strecke (A—C) an, die sich mit dem Stabmaß ohne Schwierigkeiten in 14 gleiche Teile von je 10 mm einteilen läßt. Die Teilpunkte auf A—C werden nun durch **Parallelverschiebung** der Geraden B—C auf die Gerade A—B übertragen. Die 217 mm lange Strecke (A—B) ist damit in 14 gleiche Teile eingeteilt worden.

### 6. Ein Dreieck ist mit einem Kreis zu umgeben:

Auf den drei Seiten des Dreiecks werden Mittelsenkrechten errichtet. Das sind Senkrechte, die nach Aufgabe 1 im Mittelpunkt jeder Seite stehen. Die Mittelsenkrechten schneiden sich in einem Punkt, dem Mittelpunkt des sogenannten Umkreises (vgl. hierzu Abb. 3.21).

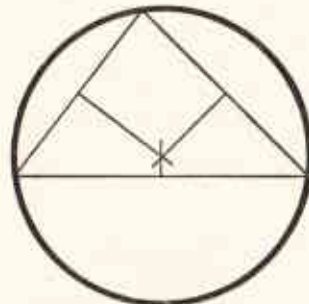


Abb. 3.21 — Dreieck im Kreis

### 7. Von einem gegebenen Punkt A sind Tangenten an einen Kreis zu legen. Tangenten sind Linien, die den Kreisbogen nur in einem Punkt berühren und senkrecht auf dem Halbmesser des Kreises stehen:

Die Strecke A—M (M = Mittelpunkt des Kreises) wird in der Mitte geteilt, und von dieser Mitte wird ein Kreisbogen durch M geschlagen. Dieser Kreisbogen schneidet den Kreisumfang in den Punkten B und C. Die Verbindungen A—B und A—C sind die Tangenten (vgl. hierzu Abb. 3.22).

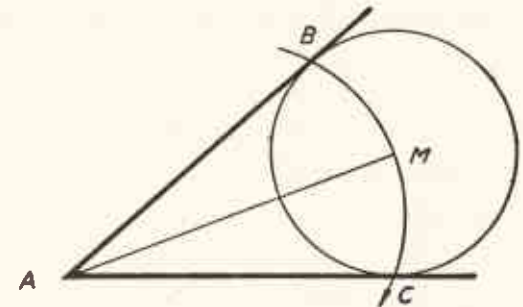


Abb. 3.22 — Tangenten an einem Kreis

### 8. Über einer Strecke A—B ist ein gleichseitiges Dreieck zu errichten. Ein gleichseitiges Dreieck ist ein Dreieck, dessen Seiten a, b und c gleichlang sind:

Die Strecke A—B wird in den Zirkel genommen und mit dieser Zirkelöffnung wird je ein Kreisbogen um A und B geschlagen. Wird dieser Schnittpunkt der beiden Kreisbogen (Punkt C) mit den Punkten A und B verbunden, ist das gleichseitige Dreieck konstruiert (vgl. hierzu Abb. 3.23).

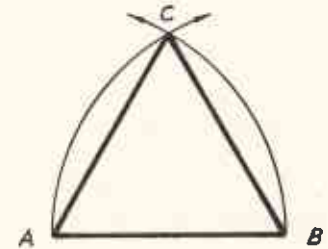


Abb. 3.23 — Gleichseitiges Dreieck über A — B

### 9. In einen Kreis ist ein regelmäßiges Fünfeck einzuzeichnen:

Die Strecke A—M wird halbiert (Punkt B). Die Strecke B—C wird in den Zirkel genommen und mit dieser Zirkelöffnung ein Kreisbogen um B geschlagen (Punkt D). Die Zirkelöffnung C—D um C geschlagen, ergibt auf dem Kreis den Punkt E. Die Strecke C—E ist die gesuchte Fünfeckseite (vgl. hierzu Abb. 3.24).

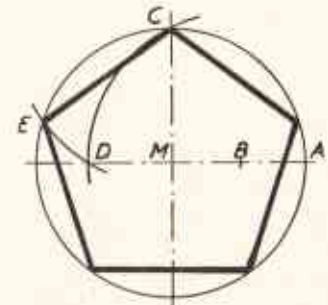


Abb. 3.24 — Fünfeck im Kreis

### 10. In einen Kreis ist ein regelmäßiges Sechseck einzuzeichnen:

Mit dem Halbmesser des gegebenen Kreises werden auf dem Kreisumfang aneinandergereihte Strecken abgetragen. Werden die gefundenen Punkte miteinander verbunden, ergibt sich ein regelmäßiges Sechseck (vgl. hierzu Abb. 3.25).

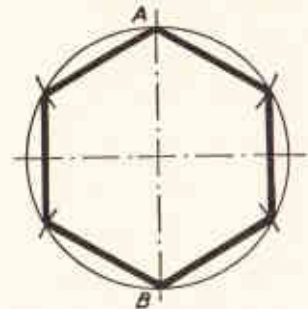


Abb. 3.25 — Sechseck im Kreis

### 11. In einen Kreis ist ein regelmäßiges Achteck einzuzeichnen:

Durch die Mittellinien des Kreises entstehen vier rechte Winkel, die halbiert werden (vgl. Aufgabe 3). Die Schnittpunkte der Winkelhalbierenden mit dem Umfang des Kreises ergeben die noch fehlenden vier Ecken des regelmäßigen Achtecks (vgl. hierzu Abb. 3.26).

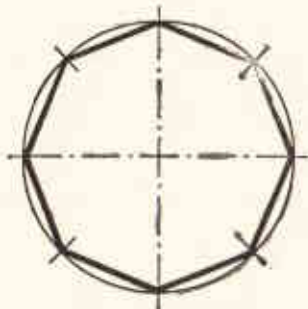


Abb. 3.26 — Achteck im Kreis

### 12. Die beiden Schenkel eines rechten Winkels sind durch einen Kreisbogen zu verbinden:

Der Halbmesser des gewünschten Kreisbogens wird in den Zirkel genommen. Vom Scheitel des rechten Winkels wird der Halbmesser auf beiden Schenkeln abgetragen. In den gefundenen Punkten werden Senkrechte errichtet (Parallelen zu den Schenkeln), deren Schnittpunkt der Mittelpunkt des gesuchten Kreisbogens ist (vgl. hierzu Abb. 3.27).

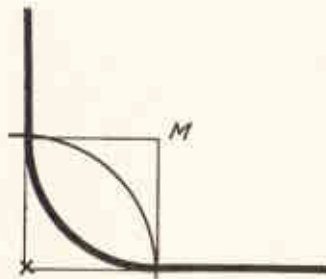


Abb. 3.27 — Kreisbogen  
an Schenkeln

### 13. Zeichnen einer Ellipse:

a) Zwei Kreisbogen, deren Durchmesser der großen und der kleinen Ellipsenachse entsprechen, werden um den Mittelpunkt geschlagen. Vom Mittelpunkt aus wird eine Anzahl Strahlen bis zum äußeren Kreis gezogen. Von den Schnittpunkten der Strahlen mit dem äußeren Kreis werden Senkrechte, von den Schnittpunkten mit dem inneren Kreis Waagerechte gezogen. Die Schnittpunkte der einander zugeordneten Senkrechten und Waagerechten ergeben jeweils einen Punkt der Ellipse (vgl. hierzu Abb. 3.28).

b) Aus den beiden Achsen der Ellipse wird ein Rechteck gebildet. Die Strecken A—M und A—B werden in dieselbe Anzahl gleich großer Teile unterteilt. Die gefundenen Teilpunkte werden durch Strahlen mit den Eckpunkten der großen Ellipsenachse verbunden. Die Schnittpunkte der einander zugeordneten Strahlen ergeben jeweils einen Punkt der Ellipse (vgl. hierzu Abb. 3.29).

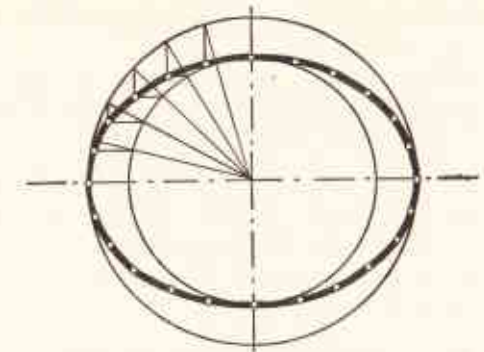


Abb. 3.28 — Ellipse aus zwei Kreisen

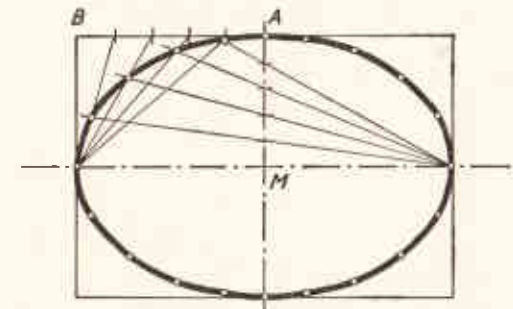


Abb. 3.29 — Ellipse aus einem Rechteck

### 14. Zeichnen einer „angenäherten Spirale“:

Die vier Seiten eines kleinen Quadrats werden strahlenförmig so verlängert, daß sich vier rechte Winkel bilden. Der Zirkel wird in einer Quadratecke eingesetzt und ein kleiner Viertelkreisbogen geschlagen. Dann wird der Zirkel in die nächste Quadratecke eingesetzt, die Strecke „neuer Mittelpunkt“ — „alter Kreisbogen“ in den Zirkel genommen und ein neuer Viertelkreisbogen usw. (vgl. hierzu Abb. 3.30).

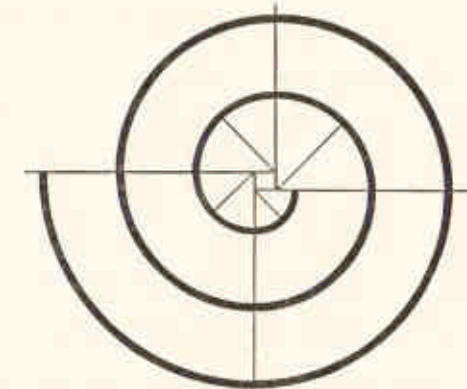


Abb. 3.30 — Zeichnen einer Spirale

### 3.3.2. Darstellung flächiger Werkstücke

Zur eindeutigen Bestimmung ihrer Form müssen Werkstücke im allgemeinen in drei Ansichten gezeichnet werden, nämlich in **Vorderansicht**, **Seitenansicht** und **Draufsicht** (vgl. hierzu Abb. 3.64). Zu den Ausnahmen, die zur eindeutigen Darstellung ihrer Form lediglich eine Ansicht erfordern, gehören die flächigen Werkstücke, weil sie aus einem Stück gleichbleibender Materialstärke bestehen. Die Seitenansicht und die Draufsicht würden nur Rechtecke ergeben. Die Materialdicke wird in die Ansicht eingeschrieben; z. B. für ein 4 mm dickes Werkstück: **4 dick**.

Um das **Freihandzeichnen**, das Skizzieren, zu üben, sollen die nachstehend dargestellten Beispiele (vgl. hierzu Abb. 3.32) zunächst in gleicher Größe, also im Maßstab 1 : 1, ohne Zirkel und ohne Lineal nachgezeichnet werden. Danach sind sie im Maßstab 2 : 1, also doppelt so groß, mit dem Reißzeug in Tusche auf Transparentpapier zu zeichnen.

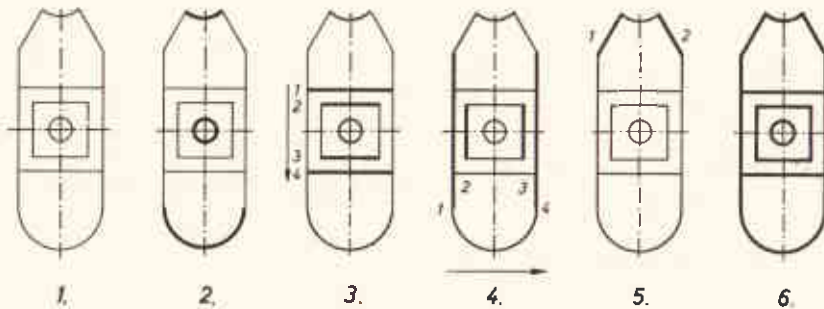


Abb. 3.31 — Arbeitsfolge

Die Übungsstücke sind so gewählt worden, daß zunächst nur **Geraden** aufeinander treffen. Zu beachten ist, daß die Ecken voll ausgezogen sind. Es dürfen keine Lücken und keine Überlappungen entstehen. Die Schwierigkeit ist wesentlich größer bei den Übungen, bei denen **Geraden** und **Bogen** ineinander übergehen. Die Übergänge dürfen dabei nicht dünner oder dicker als die Strichstärke sein. Einwandfreie Übergänge wird man erhalten, wenn die „Arbeitsfolge“ (vgl. hierzu Abb. 3.31) genau eingehalten wird. Bei den letzten Übungen sind auch Bogen mit Bogen zu verbinden.

Hiermit ist der Schwierigkeitsgrad abermals gestiegen. Einwandfreie Übergänge der Bogen erhält man, wenn mit dem Zirkel nicht bis an die Verbindungsstelle gezogen wird. Der Zirkel wird vorher abgesetzt und mit einer kleinen Zeichenfeder die Verbindung hergestellt.

Bei allen Übungen ist auf immer **gleichbleibende Strichstärke** zu achten.

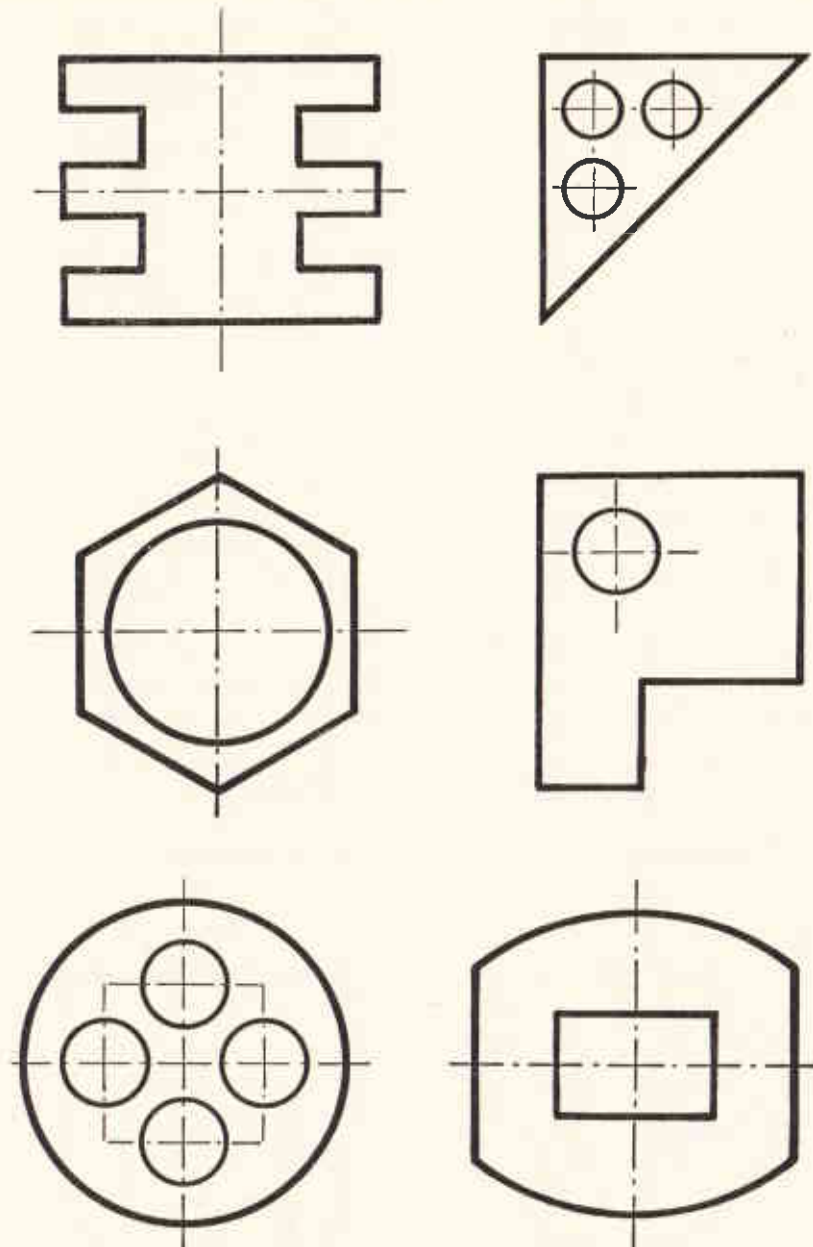
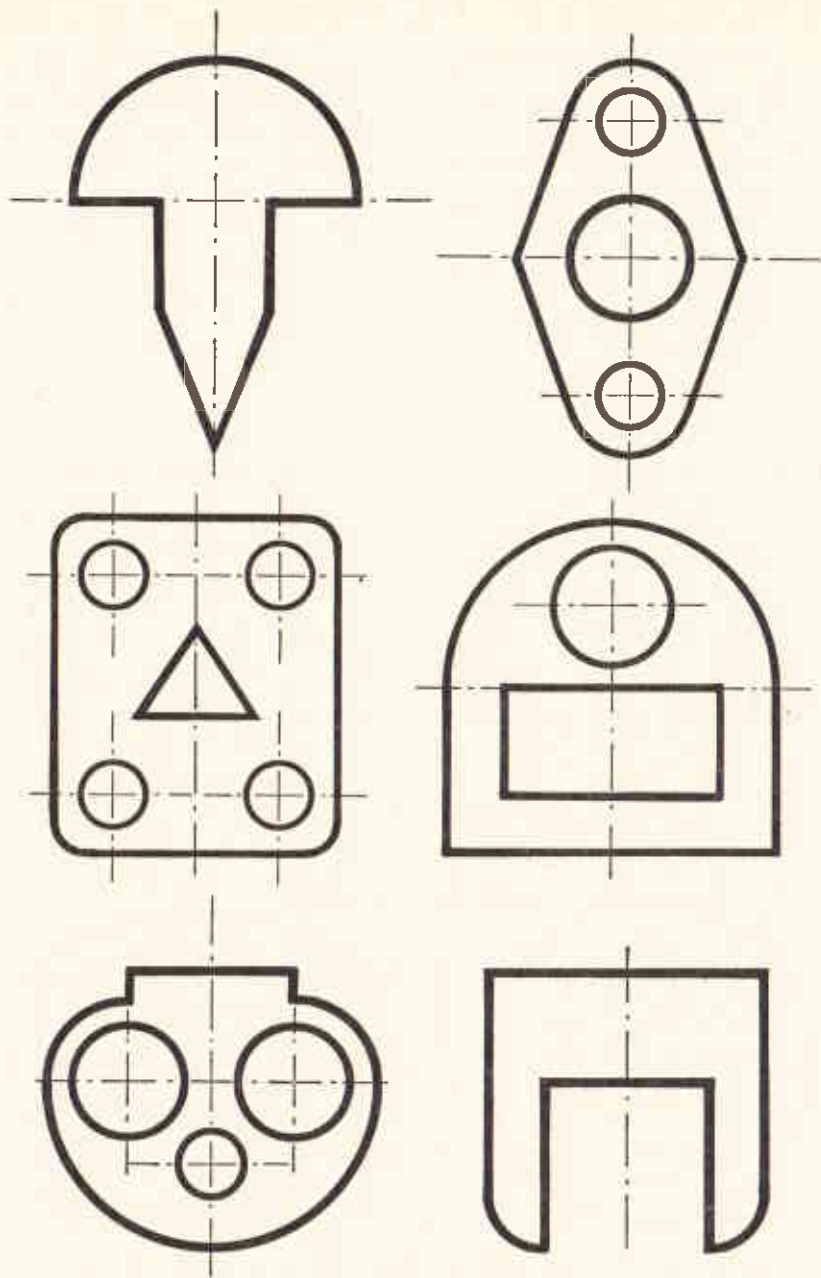


Abb. 3.32 — Übungen flächiger Werkstücke



noch Abb. 3.32

Etwa entstandene „Fahnen“ sind mit der Klinge zu entfernen. Um genau mit der Klinge arbeiten zu können, ist sie zu zerbrechen. Mit der an der Bruchstelle entstandenen scharfen Kante können selbst kleinste Ungenauigkeiten beseitigt werden.

### 3.3.3. Bemaßen von Werkstücken

#### 3.3.3.1. Bemaßungsregeln

Die technische Zeichnung soll dem Handwerker, der das Werkstück anzufertigen hat, alles über das in der Zeichnung dargestellte Stück aussagen, d. h., der Handwerker muß nicht nur die Form des Werkstücks, sondern auch seine Maße ablesen können. Der Zeichner muß alle Maße so einsetzen, daß Irrtümer ausgeschlossen und zeitraubende Rückfragen vermieden werden.

**Es darf kein Maß fehlen und kein Maß zuviel eingezeichnet werden.**

Im ersten Fall würde der Handwerker dazu verleitet werden, das fehlende Maß mit dem Stabmaß selbst zu ermitteln. Bei großen Zeichnungen mit starken Strichen kann das zu groben Fehlern führen. Im zweiten Fall würde die Zeichnung unübersichtlich werden und die Gefahr bestehen, daß bei einer späteren Maßänderung das zweite Maß übersehen und so zur Ursache einer Ausschußproduktion wird.

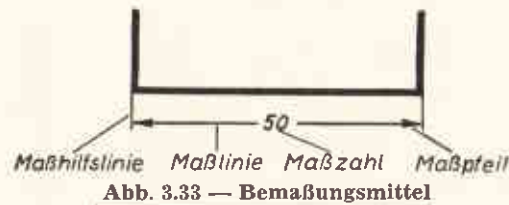
10 Grundregeln für die Bemaßung (nach DIN 406):

1. **Jedes Maß nur einmal eintragen.**
2. **Die Bemaßung muß so eindeutig sein, daß der Handwerker nicht gezwungen wird, Maße selbst zu errechnen, die er für die Anfertigung benötigt. Bei der Bemaßung muß der Zeichner deshalb von der Anfertigung des Stückes ausgehen.** Die Hauptmaße des Stückes, Länge und Breite, sind an auffallender Stelle einzutragen, weil sie die Maße des Rohlings bestimmen.
3. Maßzahlen sind in Normschrift 2 bis 4 mm groß einzutragen. **Die Maßzahlen sind so zu schreiben, daß sie in Gebrauchslage der Zeichnung von vorn oder von rechts lesbar sind.**
4. Jedes Maß erhält eine **Maßlinie**. Maßlinien und Maßhilfslinien sollen andere Linien nicht schneiden. Die erste Maßlinie liegt mindestens 8 mm von der Körperkante entfernt, während Maßlinien untereinander einen Abstand von mindestens 5 mm halten sollen.
5. Maßlinien werden an ihren Enden durch **Maßhilfslinien** begrenzt. Die Maßhilfslinien laufen etwa 2 mm über die Maßlinie hinaus. Beide Linien stehen im allgemeinen rechtwinklig aufeinander.

6. Mittellinien und Kanten dürfen nicht als Maßlinien benutzt werden.
7. Alle Maße sind auf die sogenannte **Meßbasis** zu beziehen. Maßlinien dürfen nicht aneinandergereiht werden (**keine Kettenmaße**).
8. Durch einen Kreismittelpunkt sollen nicht zu viele Maßlinien gezogen werden.
9. Wird das Maß eines Kreisdurchmessers von innen oder außen angesetzt, entfällt das Durchmesserzeichen.
10. Zur Maßzahl für den Halbmesser (Radius) wird das Radiuszeichen nur gesetzt, wenn der Kreis so groß ist, daß der Zirkelansatz nicht mehr in der Zeichenfläche liegt. Wird die Maßlinie geknickt, ist das Radiuszeichen überflüssig.

### 3.3.3.2. Bemaßungsmittel

Als Bemaßungsmittel dienen Maßlinien mit Maßpfeilen, Maßzahlen, Maßhilfslinien und Maßsinnbildern (vgl. hierzu Abb. 3.33). Alle Maßlinien und Maßhilfslinien sind stets **dünn** als Körperkanten zu zeichnen, damit die klare Darstellung des Werkstücks nicht beeinträchtigt wird.



#### 3.3.3.2.1. Maßpfeile

**Maßpfeile** sind kleine, schlanke, ausgefüllte Dreiecke mit einem spitzen Winkel von  $15^\circ$ . Die Länge der Maßpfeile soll etwa das 5fache der Linienbreite der sichtbaren Körperkanten betragen. Sie berühren mit ihrer Spitze die Maßhilfslinie oder Körperkante. Eine Maßlinie hat zwei Maßpfeile. Ausgenommen hiervon sind einige Maßeintragungen bei Kreisbogen, wenn der Kreisbogen nicht voll dargestellt oder nur der Radius angegeben ist. Auch bei Schnittdarstellungen hat die Maßlinie mitunter nur einen Maßpfeil.

Der Maßpfeil läßt sich am besten zeichnen, wenn die Pfeilspitze auf den Zeichner zeigt. Die Pfeile werden mit einer kleinen Zeichenfeder gezeichnet, weil mit ihr der Strichansatz genau ausgeführt werden kann.

#### 3.3.3.2.2. Maßzahlen und Maßlinie

Aus Bequemlichkeit wird oft die Maßzahl auf die nicht unterbrochene Maßlinie geschrieben. Das ist ebenso falsch wie unschön. Ist zwischen den Maßhilfslinien der Platz für eine Maßzahl und für die Maßpfeile zu klein, so setzt man lediglich die Maßzahl dazwischen und setzt die Maßpfeile von außen an die Maßhilfslinien an.

Hinter die Maßzahlen wird keine Einheit gesetzt, weil in der Feinmechanik und im Maschinenbau die Maße **stets in Millimetern** angegeben werden. In der Holzverarbeitung wird das Zentimeter benutzt.

Mitunter läßt sich ein sehr langes, schmales Werkstück nur schlecht darstellen. Bei einem stark verkleinerten Maßstab kann unter Umständen das Werkstück so schmal werden, daß die zeichnerische Darstellung kaum noch möglich ist. In solchen Fällen kann für die Länge des Werkstücks ein anderer Maßstab gewählt werden als für die Breite, so daß das Werkstück im Verhältnis zur Länge zu breit dargestellt wird. Damit die abweichende Darstellung sofort erkannt wird, sind die mit dem angegebenen Maßstab nicht übereinstimmenden Maße zu unterstreichen.

Muß ein Maß geändert werden, so darf nicht einfach das alte Maß ausradiert und das neue Maß eingesetzt werden. Vielmehr muß das alte Maß so durchgestrichen werden, daß es noch leserlich bleibt, und das neue Maß wird daneben gesetzt. Kreuzen sich Mittellinie und Maßlinie, wird die Maßzahl etwas neben die Mittellinie gesetzt. Werden bei Schnittdarstellungen Maßzahlen in die schraffierte Fläche gesetzt, so ist an dieser Stelle die Schraffur auszusetzen.

**Maßhilfslinien** stehen im allgemeinen rechtwinklig zu den Maßlinien; sie laufen etwa 2 mm über die Maßlinien hinaus. Nur in Ausnahmefällen — bei schwierigen Darstellungen — dürfen sich Maßhilfslinien kreuzen.

#### 3.3.3.2.3. Maßsinnbilder

**Quadratzeichen, Durchmesserzeichen und Halbmesserzeichen** sind **Maßsinnbilder**, die die Arbeit des Zeichners erleichtern (vgl. hierzu Abb. 3.34).



Das **Quadratzeichen** wird vor die Maßzahl gesetzt; es erhält keinen Mittelstrich. Wird das Quadratzeichen angegeben, kann auf eine Ansicht, nämlich die Draufsicht, verzichtet werden. Wird die Draufsicht gezeichnet, entfällt das Quadratzeichen in der Vorderansicht. Jedoch müssen dann die Kantenlängen der quadratischen Grundfläche in der Draufsicht bemaßt werden.

Das **Durchmesserzeichen** wird ebenfalls vor die Maßzahl gesetzt, erhält aber im Gegensatz zum Quadratzeichen einen Mittelstrich. So können auch bei flüchtiger Darstellung in einer Handskizze die beiden Sinnbilder nicht verwechselt werden. Auch das Durchmesserzeichen gestattet das Weglassen der Draufsicht bei einem Körper mit runder Grundfläche. Wird außer der Vorderansicht die Grundfläche eines zylindrischen Körpers gezeichnet, muß im Gegensatz zum Quadratzeichen das Durchmesserzeichen in die Vorderansicht eingetragen werden.

Auch das **Halbmesserzeichen** wird vor die Maßzahl gesetzt. Es wird immer dann gezeichnet, wenn die Maßlinie nicht bis zum Mittelpunkt des Kreises gezogen werden kann, weil der Kreismittelpunkt außerhalb der Zeichenfläche liegt. Wird dagegen die Maßlinie geknickt zur Mittellinie, aber nicht zum Mittelpunkt des Kreises geführt, entfällt das Halbmesserzeichen.

### 3.3.3.3. Bemaßungsbeispiele

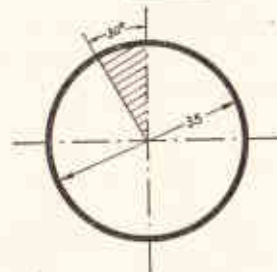
Die **Anwendung der Bemaßungsmittel** soll an einigen Beispielen erläutert werden:

1. Maße außerhalb des Werkstücks setzen. Maßlinie für Maßzahl unterbrechen. Maßzahl nicht auf Mittellinie setzen. **Maßzahl so setzen, daß sie von vorn oder von rechts lesbar ist** (vgl. hierzu Abb. 3.35).



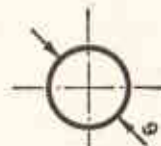
**Abb. 3.35 — Bemaßen an geraden Kanten**

2. Durchmessermaß außerhalb der Kreismitte setzen. Beim Vollkreis entfällt das Durchmesserzeichen. Die schraffierte Fläche gibt den Raum an, der nicht für Durchmessermaße benutzt werden soll (vgl. hierzu Abb. 3.36).



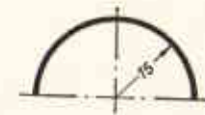
**Abb. 3.36 — Bemaßen des Durchmessers**

3. An Kreise, deren Durchmesser kleiner als 10 mm sind, wird das Durchmessermaß von außen angesetzt (vgl. hierzu Abb. 3.37).



**Abb. 3.37 — Bemaßen kleiner Durchmesser**

4. Das Halbmessermaß erhält kein Halbmesserzeichen, wenn die Maßlinie bis zur Kreismitte läuft (vgl. hierzu Abb. 3.38). Im Mittelpunkt keinen Maßpfeil zeichnen.



**Abb. 3.38 — Bemaßen von Halbmessern**

5. Der Mittelpunkt des Abrundungskreises wird durch einen Kleinkreis dargestellt. Bei kleinen Maßen kann die Maßzahl an die Außenseite des Kreisbogens gesetzt werden (vgl. hierzu Abb. 3.39).



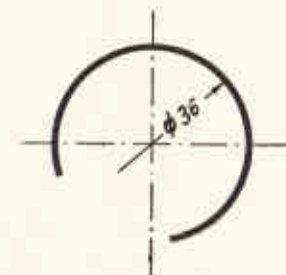
**Abb. 3.39 — Bemaßen von Abrundungen**

6. Liegt bei großen Kreisen der Mittelpunkt außerhalb der Zeichenfläche, so muß vor die Maßzahl das Halbmesserzeichen gesetzt werden (vgl. hierzu Abb. 3.40).



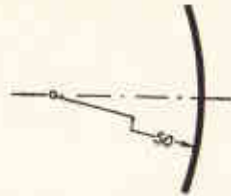
**Abb. 3.40 — Bemaßen großer Kreisbogen**

7. Ist der Kreis nicht geschlossen, erhält die Maßzahl das Durchmesserzeichen (vgl. hierzu Abb. 3.41).



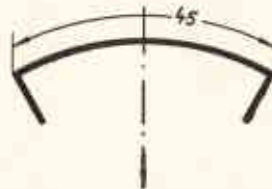
**Abb. 3.41 — Bemaßen offener Kreise**

8. Das **Halbmesserzeichen** entfällt, wenn die geknickte Maßlinie bis zur Mittellinie des Kreisbogens gezogen wird (vgl. hierzu Abb. 3.42).



**Abb. 3.42 — Halbmesser-  
bemaßung  
ohne Zeichen**

9. Bei der Bemaßung der Bogenlänge wird die Maßlinie parallel zum Bogen geführt. Die Maßhilfslinien laufen parallel zur Mittellinie (vgl. hierzu Abb. 3.43).



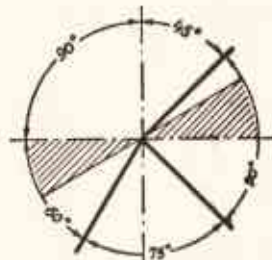
**Abb. 3.43 — Bemaßen eines  
Kreisbogens**

Wird dagegen die Sehnenlänge bemaßt, hat die Maßlinie die Länge der Sehne (vgl. hierzu Abb. 3.44).

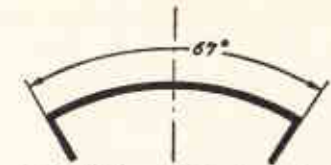


**Abb. 3.44 — Bemaßen einer  
Sehne**

10. Winkelmaße werden so eingesetzt, daß in der oberen Kreishälfte die Maßzahlen mit ihren Füßen, in der unteren Kreishälfte mit ihren Köpfen zum Kreismittelpunkt zeigen. In die schraffierten Flächen sollen keine Winkelmaße gesetzt werden, weil sie dann schlecht zu lesen sind. Bei Winkelmaßen verlaufen die Maßhilfslinien in Richtung der Körperkanten weiter (vgl. hierzu Abb. 3.45 und 3.46).

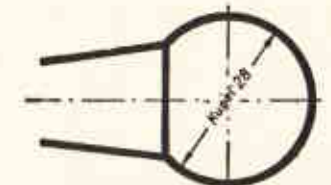


**Abb. 3.45 — Winkelangabe  
im Winkel**



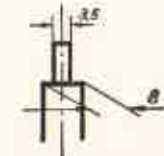
**Abb. 3.46 — Winkelangabe  
am Winkel**

11. Wird eine Kugel in nur einer Ansicht dargestellt, ist vor die Maßzahl das Wort „Kugel“ zu setzen (vgl. hierzu Abb. 3.47).



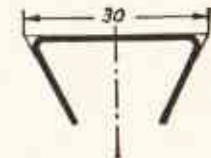
**Abb. 3.47 — Bemaßen einer  
Kugel**

12. Bei kleinen Maßen werden die Maßpfeile und die Maßzahlen von außen angesetzt. Die Maßhilfslinien können hier auch schräg angesetzt werden (vgl. hierzu Abb. 3.48).



**Abb. 3.48 — Eintragen  
kleiner Ab-  
messungen**

13. Abgerundete Ecken tragen das Maß des nicht gerundeten Werkstücks (vgl. hierzu Abb. 3.49).



**Abb. 3.49 — Verfahren bei  
Abrundungen**

### 3.3.3.4. Übungen im Bemaßen flächiger Werkstücke

Beim Eintragen der Maße kommt es nicht nur darauf an, daß das Werkstück genau nach Länge, Breite usw. gekennzeichnet ist. **Der Zeichner muß vor allem an die Fertigung und an den Einbau des zu zeichnenden Werkstücks denken.** Es ist deshalb notwendig, daß der Zeichner mit dem Meister in der Werkstatt zusammenarbeitet.

Einige Beispiele sollen die verschiedenen Möglichkeiten einer genauen Bemaßung zeigen.

#### Beispiel 1:

Abb. 3.50 zeigt ein L-förmiges Werkstück mit zwei Bohrungen. Für den Einbau dieses Stückes wird verlangt, daß der Abstand der Bohrungen voneinander und von der unteren Kante genau eingehalten wird. Die untere Kante wird deshalb als Meßbasis (auch Anlegekante oder Maßbezugslinie) bezeichnet. Alle senkrechten Maße werden auf sie bezogen.

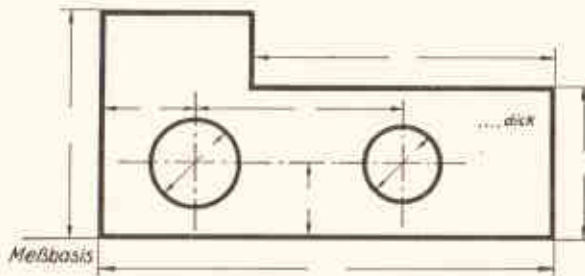


Abb. 3.50 — Bemaßen eines Werkstücks

Da für den Einbau des Werkstücks verlangt wird, daß der Abstand der Bohrungen voneinander und von der unteren Kante genau ist, muß sich die Bemaßung auf die untere Kante und auf eine Bohrung beziehen, die von der rechten oder von der linken Kante aus bemaßt wird. Der Abstand der beiden Bohrungen voneinander wird dann von der ersten Bohrung angegeben und gemessen.

Beim Anreißen, Körnen und Bohren lassen sich — wie in der Fertigung überhaupt — geringe Maßabweichungen nicht vermeiden. Die erzielten Maße am Werkstück stimmen mit den durch die Zeichnung geforderten Maßen nicht genau überein. Diese Abweichungen werden als Toleranz bezeichnet. So bedeutet z. B. die Toleranzangabe  $20 \pm 0,1$ , daß das geforderte Maß von 20 mm um 0,1 mm über- oder unterschritten werden kann, das Maß also zwischen 19,9 und 20,1 mm liegen darf. Würden beide Bohrungen auf die linke oder die rechte Kante des Werkstücks bezogen werden, so ergäbe sich ihr Abstand aus zwei Maßeintragungen. Wenn das Maß der linken Bohrung um  $-0,1$  mm und das Maß der rechten Bohrung um  $+0,1$  mm abweichen würde, so ergäbe sich ein um 0,2 mm zu großer Lochabstand, der nicht mehr der geforderten Genauigkeit entspräche.

**Soll der Abstand zweier Bohrungen voneinander sehr genau sein, so ist die zweite Bohrung von der ersten aus zu bemaßen.**

#### Beispiel 2:

Abb. 3.51 zeigt ein symmetrisches Werkstück. Die Meßbasis ist hier, damit beide Seiten gleich werden, die senkrechte Mittellinie, auf die alle waagerechten Maße bezogen werden. Die rechte Bohrung wird nicht bemaßt, weil für sie die Maße der linken Bohrung gelten. Die senkrechten Maße können, weil keine Anlegekante angegeben ist, auf die obere oder untere Kante des Werkstücks bezogen werden.

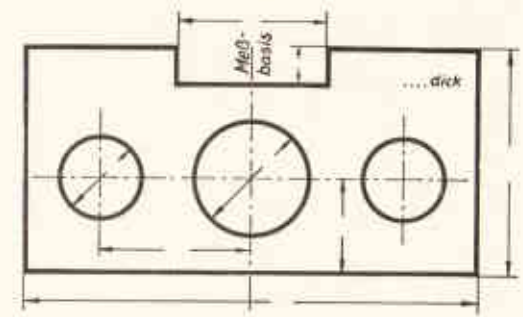


Abb. 3.51 — Bemaßen eines Werkstücks nach der Mittellinie

#### Beispiel 3:

Abb. 3.52 zeigt ein Werkstück mit zwei Meßbasen. Die linke und die untere Kante sollen angelegt werden. Alle waagerechten Maße werden auf die linke, alle senkrechten Maße auf die untere Kante bezogen. Der rechteckige Ausschnitt erhält Mittellinien, auf die die Länge und die Breite des Ausschnittes bezogen werden.

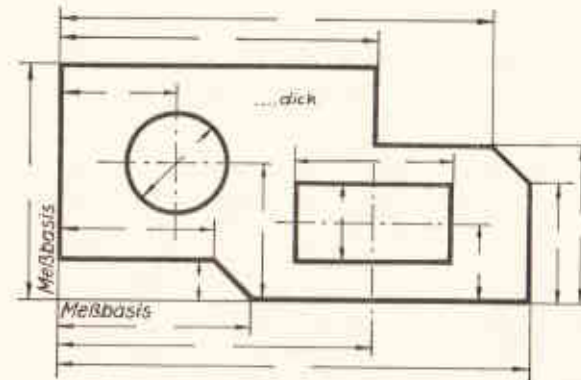


Abb. 3.52 — Bemaßen eines Werkstücks mit zwei Anlegekanten

### 3.3.4. Oberflächenzeichen

Beim Anfertigen von Werkstücken werden verschiedene Verformungsarten angewendet, nämlich die spanlose und die spanabhebende (spanende) Verformung. Zur spanlosen Verformung zählen: Gießen, Schmieden, Pressen, Walzen, Ziehen, Biegen; zur spanenden Verformung gehören: Feilen, Drehen, Bohren, Fräsen und Meißeln.

Nun kann ein Rohr gegossen, gezogen oder aus vollem Material durch Drehen und Bohren hergestellt worden sein. In allen drei Fällen wird das Rohr den Maßen der technischen Zeichnung entsprechen, obwohl die drei Ausführungen in der **Oberflächenbeschaffenheit** wesentlich voneinander abweichen. Gerade die Oberflächenbeschaffenheit kann aber von besonderer Bedeutung sein.

Wird das Rohr z. B. für die Beförderung von Gegenständen benutzt (Rohrpost), so muß die Innenfläche sauber und **sorgfältig** bearbeitet sein. Dagegen brauchen an die Beschaffenheit der Außenfläche keine besonderen Anforderungen gestellt zu werden. Anders ist es bei einem Rohr, an dessen Außenfläche eine Buchse laufen soll. Hier muß die Außenfläche geschliffen sein; die Innenfläche kann unbearbeitet bleiben.

Diese Beispiele lassen erkennen, daß es nicht allein auf die Angabe der Maße ankommt. Auch die erforderliche **Oberflächenbeschaffenheit** muß aus der technischen Zeichnung erkannt werden können.

Bei der Fertigung durch spanlose oder spanende Verformung entstehen verschiedenartige Oberflächen. So erhalten wir z. B. beim Schmieden eine glatte, aber nicht ganz ebene Fläche; beim Feilen eine ebene, aber nicht ganz glatte Oberfläche. Zu unterscheiden sind also: **Grad der Glätte** und **Grad der Gleichförmigkeit**.

Die geforderte Glätte und Gleichförmigkeit wird in technischen Zeichnungen mit genormten Oberflächen (DIN 140) verlangt:

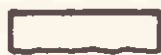


Abb. 3.53

**Oberflächen**, die nach dem Gießen, Walzen usw. **nicht weiterbearbeitet** werden sollen, bleiben **ohne Zeichen** (vgl. hierzu Abb. 3.53).



Abb. 3.54

Mit dem **Ungefährzeichen** werden Oberflächen gekennzeichnet, wie sie nach einer **sorgfältigen spangebenden** oder **spanlosen** Verformung entstehen, z. B. sauber schmieden (vgl. hierzu Abb. 3.54).



Abb. 3.55

**Oberflächen**, die durch **grobe Spanabnahme** so bearbeitet werden, daß mit bloßem Auge die Riefen erkannt werden können (Schruppen), sind mit **einem Dreieck** gekennzeichnet (vgl. hierzu Abb. 3.55).



Abb. 3.56

Oberflächen mit **ein- oder mehrmaliger Schlichtbehandlung** erhalten **zwei Dreiecke**. Auch hier dürfen die Riefen noch mit bloßem Auge erkannt werden können (vgl. hierzu Abb. 3.56).



Abb. 3.57

Mit **drei Dreiecken** werden **feingeschliffene** Oberflächen gekennzeichnet. Die **Riefen** dürfen mit bloßem Auge nicht mehr erkennbar sein (vgl. hierzu Abb. 3.57).



Abb. 3.58

**Polierte Oberflächen** an Meßflächen von Meßgeräten, Laufflächen von Kolben usw. erhalten **vier Dreiecke** (vgl. hierzu Abb. 3.58).

Soll die bearbeitete Fläche noch besonders nachbehandelt werden, sind neben den Oberflächenzeichen entsprechende Hinweise (Wortangaben) anzubringen.

#### Beispiele zu Wortangaben nach DIN 200:

**Rohbearbeitung:** verputzt, gebürstet, geschnitten, gestanzt, gesägt.

**Spanende Verformung:** feingeschliffen, geschabt, geschliffen.

**Verschönernde Behandlung:** poliert, gebeizt, gemustert, gehämmert.

**Überzüge:** gestrichen, lackiert, verzinkt, brüniert.

**Verbindungen:** geschweißt, weichgelötet, geleimt.

Bei der **Wortangabe** (vgl. hierzu Abb. 3.59) wird das Mittelwort der Vergangenheit und nicht die Befehlsform benutzt,

also **geschliffen** und nicht **schliffen**, **poliert** und nicht **polieren**.

Die Wortangabe steht immer waagrecht auf einer Bezugslinie.

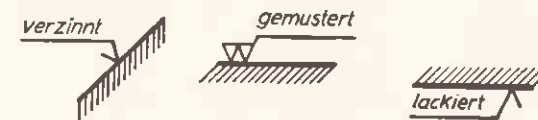


Abb. 3.59 — Wortangaben

Die nachstehenden Beispiele zeigen, wie Oberflächenzeichen und Wortangaben in die Zeichnung einzusetzen sind:

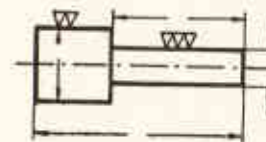


Abb. 3.60

Bei Drehkörpern braucht nur **eine Mantellinie** das Oberflächenzeichen zu tragen (vgl. hierzu Abb. 3.60).

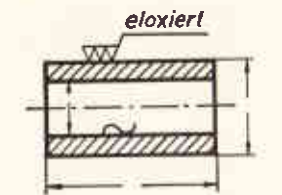


Abb. 3.61

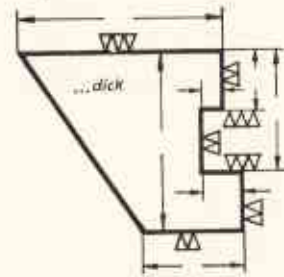


Abb. 3.62

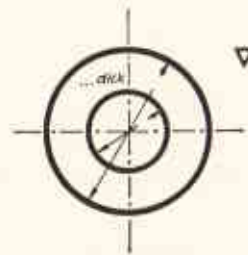


Abb. 3.63

Bei Darstellung eines Werkstücks in mehreren Ansichten erhält nur **eine** Ansicht die Bearbeitungsangaben (vgl. hierzu Abb. 3.61).

Ist eine Linie für die Eintragung zu kurz, wird das Oberflächenzeichen auf die Verlängerung dieser Linie gesetzt (vgl. hierzu Abb. 3.62).

Soll ein Werkstück allseitig die gleiche Oberfläche haben, wird das entsprechende Zeichen **neben** die Ansicht gesetzt (vgl. hierzu Abb. 3.63).

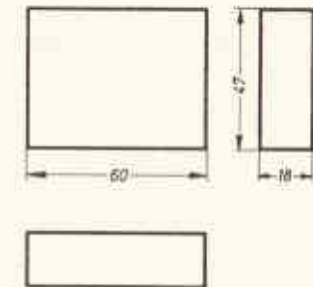
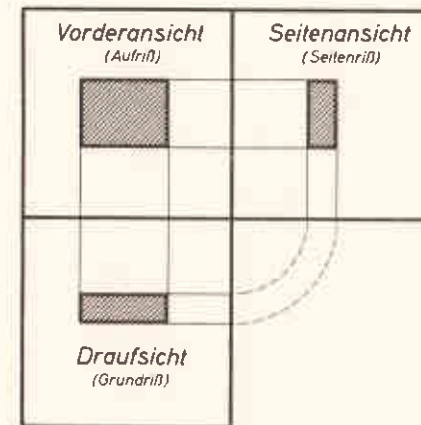
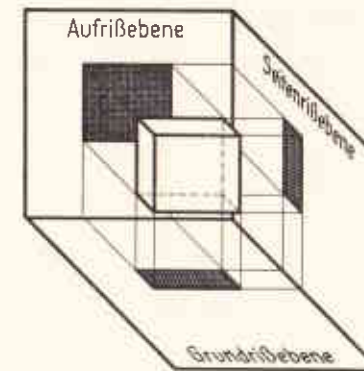


Abb. 3.64 — Perspektivische und technische Darstellung

### 3.4. Technische und perspektivische Darstellung von Körpern

#### 3.4.1. Technische Darstellung von Körpern

Bei den bisher behandelten flächigen Werkstücken genügte zur eindeutigen Darstellung lediglich **eine** Ansicht, aus der die verschiedenen Fertigungsmaße, Längen und Breiten, hervorgingen. Die Dicke wurde in die Ansicht eingeschrieben.

Sobald jedoch ein Körper nicht nur in Länge und Breite, sondern auch in der Höhe (Dicke) verschiedene Maße aufweist, sind mehrere Ansichten erforderlich. Im allgemeinen genügen **Vorderansicht**, **Seitenansicht** und **Draufsicht**, deren Anordnung zueinander die Abb. 3.64 zeigt. Die Draufsicht wird unter, die Seitenansicht rechts neben die Vorderansicht gesetzt. Die Abstände zwischen der Vorderansicht und der Seitenansicht sowie zwischen Vorderansicht und Draufsicht müssen gleich groß sein.

Es ist manchmal schwierig, aus den gegebenen drei Ansichten die Form des Körpers klar zu erkennen. Etwas anschaulicher dagegen ist die perspektivische Darstellung, die die Beschaffenheit des Körpers in **einem** Bild zeigt.

Obwohl die perspektivische Darstellung der technischen Darstellung auf den ersten Blick überlegen erscheint, kommt für die Ausfertigung eines Werkstücks nur die technische Darstellung in Frage.

Um aus der technischen Darstellung die Form des Werkstücks sicher erkennen zu können, bedarf es einiger Übung. In den Abb. 3.65a—d sind deshalb einige Körper in zwei Ansichten dargestellt. Die dritte Ansicht ist zu suchen. Diese Ergänzungsaufgaben tragen wesentlich zur Schulung des räumlichen Vorstell-

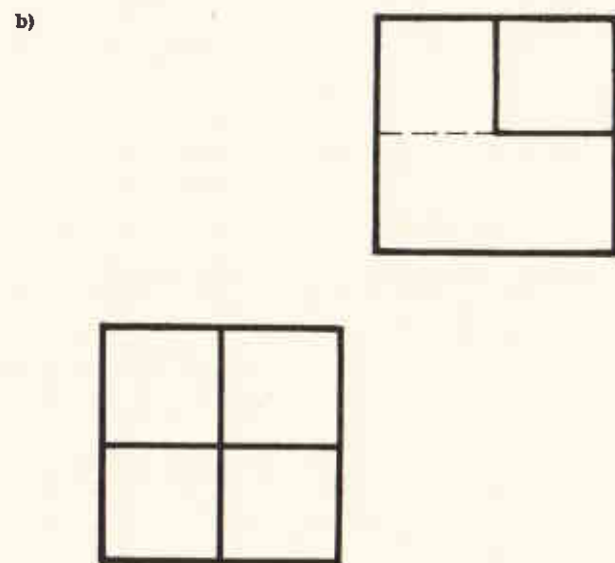
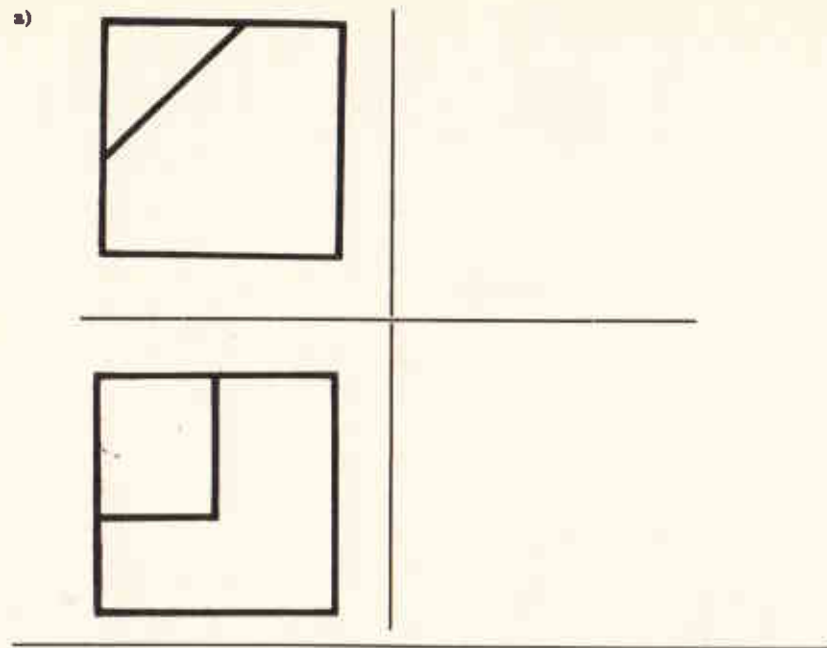
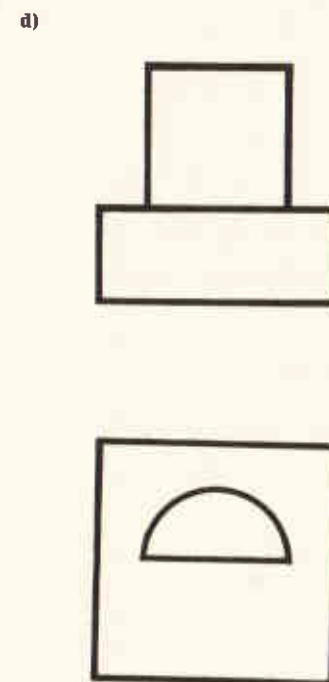
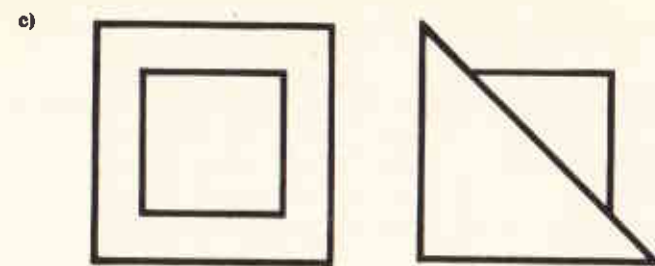


Abb. 3.65 — Ergänzungsaufgaben für die dritte Ansicht



noch Abb. 3.65

lungsvermögens bei. Wenn die dritte Ansicht gefunden worden ist, kann der Körper noch in der perspektivischen Darstellung gezeichnet werden.

Wie in der Einleitung schon erwähnt, **muß eine technische Zeichnung auf jeden Fall eindeutig sein. Es darf kein Zweifel über Maße, Form und Oberflächenbeschaffenheit bestehen.** Diese Forderung wird im allgemeinen erfüllt, wenn ein Körper in Vorderansicht, linker Seitenansicht und Draufsicht dargestellt ist. Ist ein Körper besonders schwierig darzustellen, kann auch die rechte Seitenansicht notwendig werden. Sie wird links neben die Vorderansicht gesetzt. Soll eine Ansicht den Körper auch von unten zeigen, so wird diese Ansicht über die Vorderansicht gesetzt.

Die Abstände zwischen der Vorderansicht und den anderen Ansichten sind stets gleich groß. Kann eine Ansicht durch die Angabe von Sinnbildern (Durchmesser- und Quadratzeichen) ersetzt werden, so verzichtet man auf diese Ansicht.

**Die Vorderansicht soll im allgemeinen den Körper in der Gebrauchslage zeigen.** Nur in Ausnahmefällen, z. B. wenn Draufsicht oder Seitenansicht durch Unrunde (z. B. Ellipsen) schwer zu zeichnen wäre, kann davon abgewichen werden. Dann ist der Körper so zu kippen, daß sich in der Draufsicht oder Seitenansicht Kreisbogen oder Geraden ergeben.

Nicht immer wird es möglich sein, alle Kanten des zu zeichnenden Körpers sichtbar darzustellen, auch wenn man drei oder mehr Ansichten zeichnet. Im Gegensatz zu den sichtbaren Kanten, die voll ausgezogen werden, sind die unsichtbaren Kanten durch Strichlinien darzustellen, die dünner als die Volllinien zu ziehen sind. Sollten sich in einer Ansicht eine sichtbare und eine unsichtbare Kante decken, wird nur die sichtbare Kante gezeichnet. Auf das Zeichnen von unsichtbaren Kanten kann verzichtet werden, wenn der Körper in mehreren Ansichten gezeichnet wird und in einer Ansicht die fragliche Kante sichtbar ist. Dadurch wird die Zeichnung übersichtlicher und klarer.

### 3.4.2. Perspektivische Darstellung von Körpern

Bei der perspektivischen Darstellung werden vier verschiedene Arten unterschieden:

1. Parallelperspektive,
2. isometrische Projektion,
3. dimetrische Projektion und
4. Zentralperspektive.

In den Abb. 3.66—3.69 wird eine rechteckige Säule in den vier Arten der perspektivischen Darstellung gezeigt. Obwohl es sich immer um dieselbe Säule handelt, ergeben sich doch sehr verschiedene Bilder.

#### 3.4.2.1. Parallelperspektive

In der Parallelperspektive (vgl. hierzu Abb. 3.66) werden alle senkrechten Kanten und alle waagerechten Kanten, die in der Zeichenebene liegen, ungekürzt gezeichnet. Dagegen werden die waagerechten Kanten, die in die Tiefe gehen, unter einem Winkel von  $45^\circ$  und auf die Hälfte verkürzt gezeichnet. Man kann diese Linien auch unverkürzt zeichnen, jedoch erscheint uns dann der Körper viel zu tief.

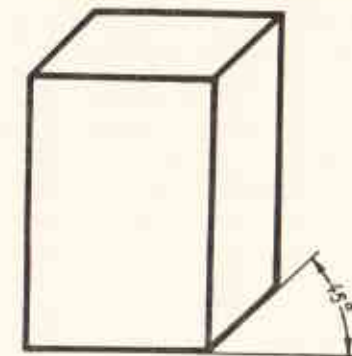


Abb. 3.66 — Parallelperspektive

#### 3.4.2.2. Isometrische<sup>1)</sup> Projektion

Alle Kanten werden in der isometrischen Projektion (vgl. hierzu Abb. 3.67) unverkürzt gezeichnet. Keine Fläche des Körpers liegt in der Zeichenebene. Die in die Tiefe gehenden Linien werden unter  $30^\circ$  gezeichnet.

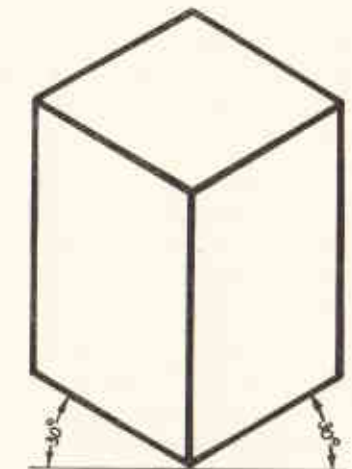


Abb. 3.67 — Isometrische Projektion

#### 3.4.2.3. Dimetrische<sup>2)</sup> Projektion

Diese Projektionsart (vgl. hierzu Abb. 3.68) vermittelt eine sehr plastische Darstellung des Körpers. Sie zeigt den Körper überwie-

<sup>1)</sup> iso = gleich

<sup>2)</sup> di = zwei

gend in der Vorderansicht, die in den waagerechten und senkrechten Linien unverkürzt gezeichnet wird. Die Vorderansicht liegt nicht in der Zeichenebene, so daß die waagerechten Linien schräg verlaufen. Sie werden unter einem Winkel von  $7^\circ$  gezeichnet. Die in die Tiefe gehenden Linien der Seitenansicht und Draufsicht werden auf die Hälfte verkürzt und unter  $42^\circ$  gezeichnet.

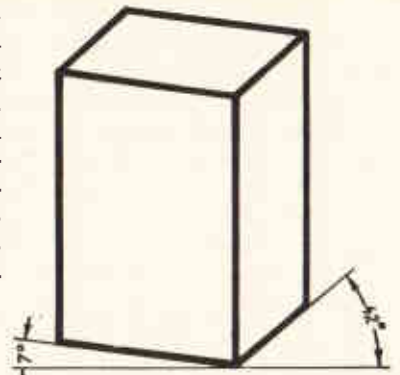


Abb. 3.68 — Dimetrische Projektion

#### 3.4.2.4. Zentralperspektive

Die **Zentralperspektive** (vgl. hierzu Abb. 3.69) betont besonders die **Tiefe**. Sie wird deshalb auch fast ausschließlich in der Architektur und im Maschinenbau benutzt. Für die Feinmechanik ist sie ungeeignet.

Im Gegensatz zu den unter 3.4.2.1. bis 3.4.2.3. beschriebenen perspektivischen Darstellungen sind bei der Zentralperspektive **keine Winkel oder Verkürzungen vorgeschrieben**. Sie werden dem Geschick des Zeichners überlassen. Wie aus Abb. 3.69 ersichtlich, laufen **alle waagerechten Linien** auf zwei gewählte Fluchtpunkte zu.

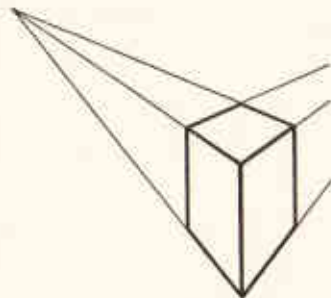


Abb. 3.69 — Zentralperspektive

#### 3.4.3. Bemaßung von Körperdarstellungen

Beim Einsetzen der Maße in die Zeichnung muß der Zeichner an den **Fertigungsgang des Werkstücks** denken. Alle Maße müssen an der richtigen Stelle eingetragen werden, d. h., sie müssen dort stehen, wo der Handwerker sie braucht. Die **Hauptmaße** müssen deutlich hervortreten. Bohrungen, Nuten usw. müssen direkt bemaßt werden, um Fehler durch Berechnungen zu vermeiden. Bei der Bemaßung

der flächigen Werkstücke (vgl. hierzu Abschn. 3.3.3.4.) wurde bereits grundsätzlich die Eintragung der Maße erläutert.

#### Maße nicht auf unsichtbare Kanten beziehen.

Abb. 3.70 zeigt einen Körper, der in drei Ansichten dargestellt werden muß. Zwei Ansichten ergeben kein eindeutiges Bild, weil die Seitenansicht oder die Draufsicht allein neben der Vorderansicht mehrdeutig ist.

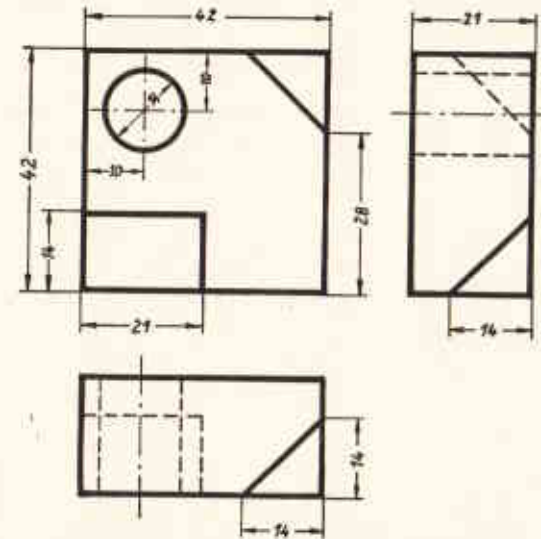


Abb. 3.70 — Werkstück in drei Ansichten

Die Bohrung erhält in allen drei Ansichten eine Mittellinie. Die schräge unsichtbare Kante in der Seitenansicht darf nicht fehlen, weil dadurch eindeutig gezeigt wird, daß diese Ecke abzuschrägen ist. Laufen mehrere Maßlinien parallel, sind sie in einem Abstand von etwa 5 mm zu ziehen.

In Abb. 3.71 ist ein Körper gezeigt, der durch zwei Ansichten eindeutig dargestellt werden kann. Eine dritte Ansicht wird deshalb nicht gezeichnet.

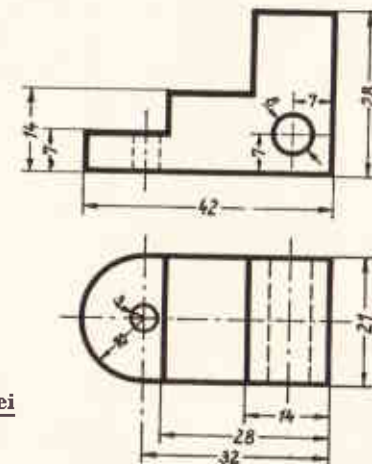


Abb. 3.71 — Werkstück in zwei Ansichten

### 3.4.4. Technische Darstellung von Kegeln

Ein Kegel ist eine spitze Rundsäule. Bei der Bemaßung wird das **Verhältnis der Durchmesseränderung zur Kegellänge** mit dem Wortzusatz „Kegel“ angegeben (vgl. hierzu Abb. 3.72 und 3.73).

#### Beispiel:

Ein Kegel mit einem Durchmesser von 30 mm ist 45 mm lang. Der Durchmesser nimmt bis zur Spitze um 30 mm ab, also beträgt die Durchmesseränderung 30 mm. Die Durchmesseränderung wird durch die Länge des Kegels geteilt:  $30:45 = 1:1,5$

Als Maß wird parallel zur Mittellinie eingetragen: **Kegel 1:1,5**

Zusätzlich zur Kegellänge und den Enddurchmessern muß bei der Bemaßung noch der **halbe Kegelwinkel** angegeben werden; auf ihn wird der Support der Drehbank eingestellt.

#### Beispiel:

Ein Kegelstumpf (das ist ein Kegel mit abgeschnittener Spitze) hat einen Grundflächendurchmesser von 30 mm und einen Deckflächendurchmesser von 15 mm. Die Durchmesseränderung beträgt also 15 mm. Das Verhältnis der Durchmesseränderung zur Kegellänge ist damit  $15:30 = 1:2$ .

Als Maß wird eingesetzt: **Kegel 1:2**.

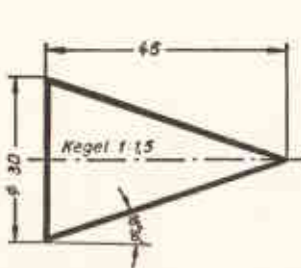


Abb. 3.72 — Kegelbemaßung

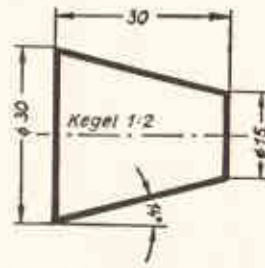


Abb. 3.73 — Kegelstumpfbemaßung

### 3.4.5. Technische Darstellung von Verjüngungen

Eine Pyramide ist eine Spitzsäule mit eckiger Grundfläche. Bei der Bemaßung von Pyramiden wird die **Verjüngung** eingesetzt. Wird die Spitze abgeschnitten, so entsteht ein Pyramidenstumpf.

Die Pyramide wird, ähnlich wie der Kegel, durch das **Verhältnis der Differenz der Körperdicke zur Länge** bemaßt (vgl. hierzu Abb. 3.74). Vor die Verhältniszahl wird der Wortzusatz „Verjüngung“ eingeschrieben.

Das Maß der Verjüngung wird parallel zur Mittellinie eingesetzt.

#### Beispiel:

Eine Pyramide mit einer Grundfläche von 30 mm × 30 mm ist 45 mm lang. Die Differenz der Körperdicke beträgt bis zur Spitze 30 mm. Danach ist die Verjüngung  $30:45 = 1:1,5$ .

Als Maß wird parallel zur Mittellinie eingesetzt: **Verjüngung 1:1,5**.

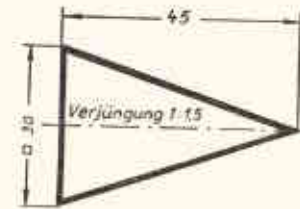


Abb. 3.74 — Bemaßung einer Pyramide

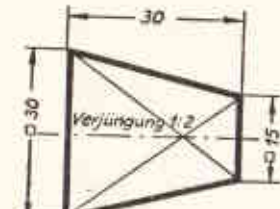


Abb. 3.75 — Bemaßung eines Pyramidenstumpfs

#### Beispiel:

Ein Pyramidenstumpf mit einer Grundfläche von 30 mm × 30 mm und einer Deckfläche von 15 mm × 15 mm ist 30 mm lang. Der Körper verjüngt sich also um 15 mm, bei einer Länge von 30 mm (vgl. hierzu Abb. 3.75).

Es ergibt sich: **Verjüngung 1:2**.

### 3.4.6. Technische Darstellung von Neigungen

Schräg verlaufende Kanten oder Flächen können nach ihrer Neigung bemaßt werden (vgl. hierzu Abb. 3.76). Als Neigung wird das Verhältnis der Höhendifferenz zur Länge bezeichnet.

#### Beispiel:

Ein Vierkantpyramidenstumpf mit Deckflächen von 30 mm × 30 mm und 15 mm × 15 mm ist 37,5 mm lang. Auf die Mittellinie bezogen neigt sich die Fläche um 7,5 mm. Die Länge der geneigten Fläche beträgt 37,5 mm und somit die Neigung  $7,5:37,5 = 1:5$ .

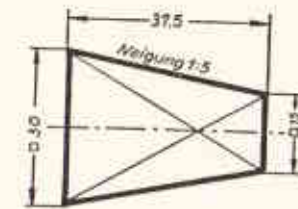


Abb. 3.76 — Bemaßen einer Neigung

Das Neigungsmaß wird immer parallel zur geneigten Fläche eingesetzt.

Die ebenen Flächen einer Pyramide erhalten, wenn die Draufsicht nicht gezeichnet werden soll, ein Diagonalkreuz. Ist die Draufsicht vorhanden, braucht das Diagonalkreuz nicht gezeichnet zu werden.

### 3.4.7. Technische Darstellung geschnittener Werkstücke

#### 3.4.7.1. Darstellung von Hohlkörpern

Ein Körper, der aus vollem Material hergestellt ist, läßt sich klar und deutlich durch die äußeren Ansichten darstellen. Werden jedoch aus diesem Körper Teile durch Bohren oder Fräsen entfernt, so müssen die nach **außen nicht mehr sichtbaren Kanten gestrichelt** gezeichnet werden. Bei einfachen Körpern wird dadurch die Klarheit der Darstellung nicht leiden.

Bei schwierigen Körperformen wird die Darstellung durch die vielen unsichtbaren Kanten unübersichtlich. Diese Körper werden aufgeschnitten, um sie klarer darstellen zu können. Die **Schnittflächen werden unter einem Winkel von  $45^\circ$  schraffiert**. Der Abstand der Schraffurlinien voneinander ist je nach Größe der geschnittenen Flächen verschieden. Müssen in die schraffierten Flächen Maßzahlen oder Wortzusätze geschrieben werden, ist die Schraffur an dieser Stelle auszusetzen.

Abb. 3.77 zeigt einen Hohlkörper im Schnitt und in Volldarstellung. Die Gegenüberstellung macht deutlich, daß der Schnitt klarer als die Volldarstellung ist. Die Angabe des Durchmesserzeichens erspart in dieser Darstellung eine zweite Ansicht.

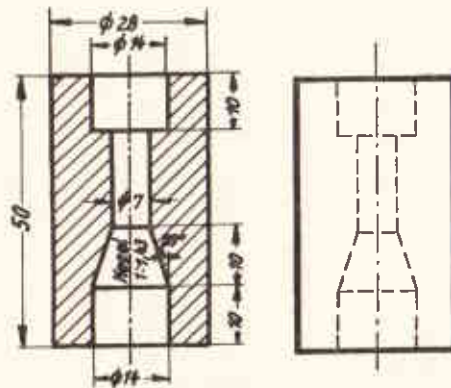


Abb. 3.77 — Hohlkörper im Schnitt und in Volldarstellung

Eine andere Form der Darstellung ist der **Halbschnitt**, bei dem der Körper nur zur Hälfte angeschnitten wird. Werden Maße auf Kanten bezogen, die nur im Schnitt zu sehen sind, entfällt beim Halbschnitt der Maßpfeil, der auf die gestrichelte unsichtbare Kante zeigen würde. In der Abb. 3.78 ist der Körper im Halbschnitt gezeichnet, der in Abb. 3.77 im Schnitt gezeigt wurde.

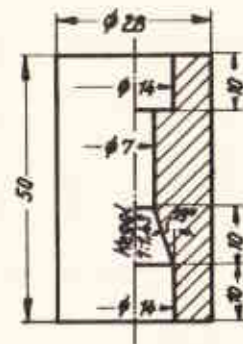


Abb. 3.78 — Hohlkörper im Halbschnitt

Bei zusammengesetzten Werkstücken werden die einzelnen Teile im Schnitt in verschiedener Richtung schraffiert (vgl. hierzu Abb. 3.79).

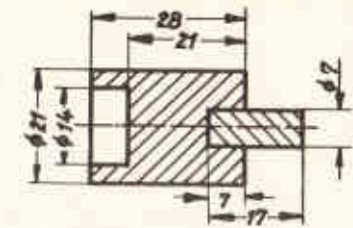


Abb. 3.79 — Zwei zusammengesetzte Werkstücke

Zusammengesetzte Teile können auch durch enge und weite Schraffur kenntlich gemacht werden (vgl. hierzu Abb. 3.80).

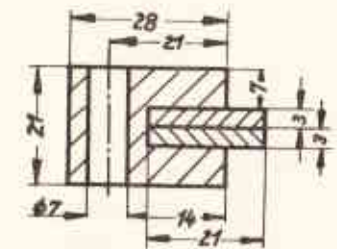


Abb. 3.80 — Drei zusammengesetzte Werkstücke

Sehr dünne Teile (Bleche) werden im Schnitt nicht schraffiert, sondern voll gezeichnet. Stoßen mehrere Bleche zusammen, sind sie in der Zeichnung durch einen kleinen Abstand voneinander zu trennen (vgl. hierzu Abb. 3.81).

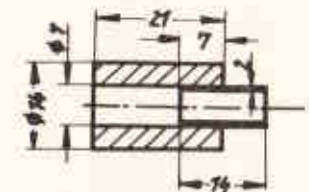


Abb. 3.81 — Dünnes Teil in zusammengesetzten Werkstücken

#### 3.4.7.2. Darstellung in mehreren Ansichten

Bei der Darstellung eines Werkstücks in mehreren Ansichten ist es vorteilhaft, eine Ansicht oder zwei Ansichten **im Schnitt** zu zeichnen. Hierdurch werden unsichtbare Kanten sichtbar und der Körper erhält eine klarere Form. Im allgemeinen wird der Schnitt waagerecht

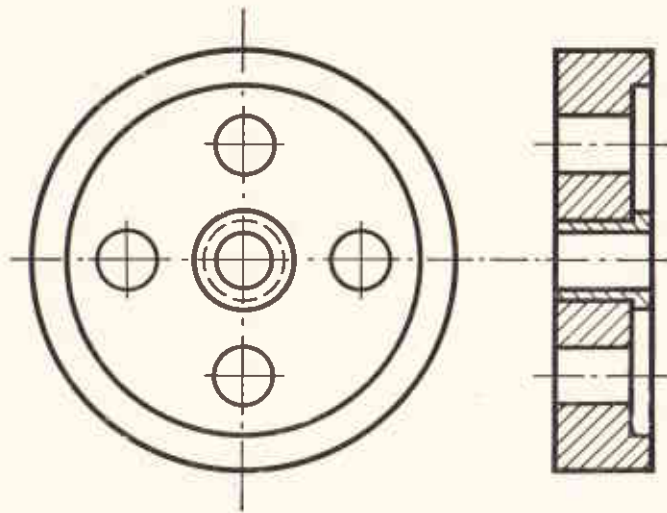


Abb. 3.82 — Einfache Schnittdarstellung

oder senkrecht durch die Mitte des Körpers gelegt. Der Schnittverlauf braucht dann nicht besonders gekennzeichnet zu werden (vgl. hierzu Abb. 3.82). Die Vorderansicht ergibt in Volldarstellung ein klares Bild. Die Seitenansicht ist im Schnitt übersichtlicher, weil in einer Volldarstellung zu viele unsichtbare Kanten entstehen würden.

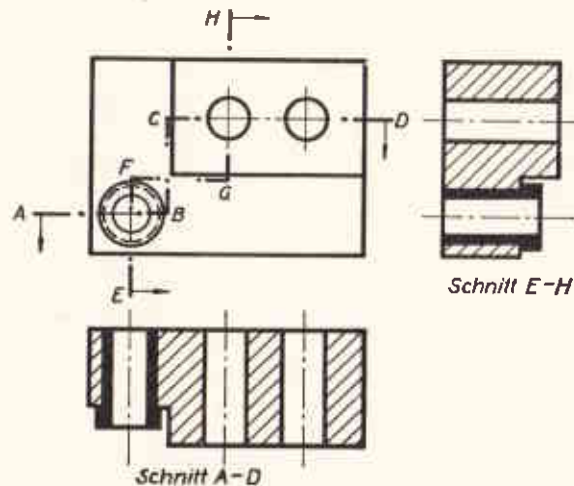


Abb. 3.83 — Werkstück mit zwei Schnitten

Weicht ein Schnitt von der Körpermitte ab, ist der **Schnittverlauf** durch eine **dicke Strichpunktlinie** so zu kennzeichnen, daß Anfang und Ende und jeder Richtungswechsel des Schnittes ersichtlich sind. Anfang und Ende der Schnittlinie sowie die Punkte, an denen sich die Schnitttrichtung ändert, werden mit großen Buchstaben bezeichnet. Die Pfeile an den Enden der Schnittlinie geben an, in welcher Richtung auf den Schnitt zu blicken ist. Die Schnittdarstellung wird mit den Buchstaben der Schnittlinie bezeichnet. In Abb. 3.83 läuft der Schnitt nicht geradlinig durch den Körper, weil er möglichst viele Hohlräume erfassen soll.

In den Punkten B und C (Draufsicht) sowie F und G (Seitenansicht) entstehen durch die Schnittlinien Kanten, die nicht gezeichnet werden, weil der Schnitt nur in der Zeichnung, nicht aber am Werkstück durchgeführt wird. Bleiben trotz des Schnittes noch Kanten unsichtbar, kann auf ihre Darstellung verzichtet werden, wenn sie nicht unbedingt erforderlich sind.

### 3.4.7.3. Darstellung von Teilschnitten

Nicht immer wird es erforderlich sein, den ganzen Körper zu schneiden. Soll nur ein kleiner Ausschnitt geschnitten dargestellt werden, genügt der in Abb. 3.84 gezeigte **Teilschnitt**.

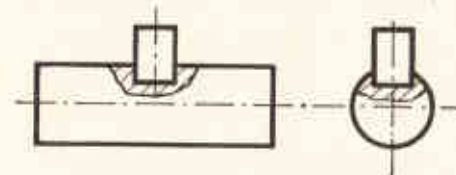


Abb. 3.84 — Teilschnitt

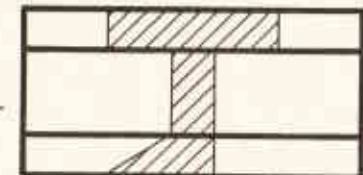
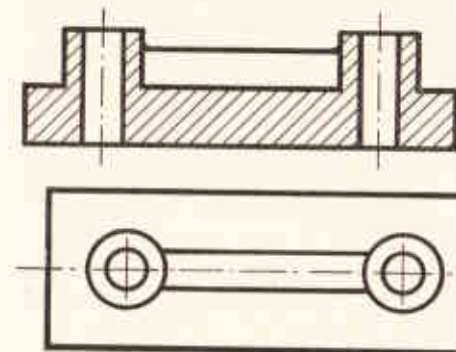


Abb. 3.85 — Querschnitt

In einfachen Körpern, deren Kanten parallel zueinander verlaufen, kann durch den sogenannten **Querschnitt** die Darstellung der zweiten Ansicht überflüssig werden (vgl. hierzu Abb. 3.85).

Abb. 3.86 — Rippen werden  
nicht geschnitten

Beachten Sie beim Schneiden: Schrauben, Muttern, Scheiben, Splinte, Rippen, Keile usw., also alle Teile, die als Einzelteile zu einem Werkstück gehören, werden nicht geschnitten. Ein Schnitt soll immer nur dann gelegt werden, wenn ein Hohlraum dadurch klarer dargestellt werden kann.

Das Innere der vorgeannten Teile ist durch ei-

nen Schnitt nur schwieriger zu erkennen, so daß auf den Schnitt verzichtet wird. Abb. 3.86 zeigt, wie in einer Schnittdarstellung, die durch die Mitte des Körpers geht, die Versteifungsrippe nicht geschnitten wird.

#### 3.4.7.4. Kennzeichnung geschnittener Werkstoffe

Nach DIN 201 werden im Bedarfsfall die geschnittenen Flächen in einer bestimmten Weise schraffiert oder farbig gekennzeichnet. Aus der Art der Schraffur oder aus der Farbe kann auf den geschnittenen Werkstoff geschlossen werden (vgl. hierzu Abb. 3.87).

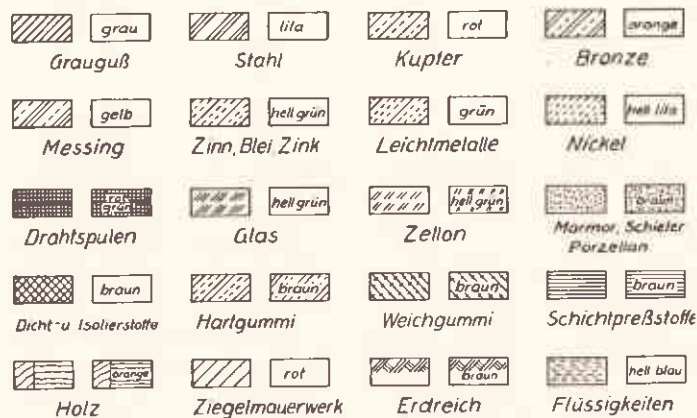


Abb. 3.87 — Kennzeichnung geschnittener Werkstoffe

#### 3.4.8. Technische Darstellung gebrochener Werkstücke

Sehr lange, schmale Werkstücke lassen sich in einer maßstäblichen Darstellung nur schwierig zeichnen, weil wegen der Länge ein kleiner Maßstab gewählt werden muß und hierdurch das sehr schmale Werkstück in der Zeichnung noch viel schmäler wird. Derartige Stücke können zur besseren Darstellung **gebrochen** gezeichnet werden, wenn sich der Querschnitt des Stückes zwischen den Bruchstellen nicht verändert.

Die Bruchlinie ist eine **Freihandlinie**, die dünner als die Körperkanten zu zeichnen ist. Aus der Art der Bruchlinie kann auf das Material geschlossen werden.

Abb. 3.88 zeigt ein gebrochenes Werkstück, bei dem aus der Bruchlinie erkannt werden kann, daß es sich um Metall handelt, und daß das Werkstück keinen runden Querschnitt hat. Das angegebene Maß von 120 mm gibt die

tatsächliche Länge des Werkstücks an. Obwohl die angegebene Länge mit dem gezeichneten Maßstab nicht übereinstimmt, wird die Maßzahl nicht unterstrichen, wie es sonst bei Maßzahlen üblich ist, die der Darstellung nicht entsprechen.

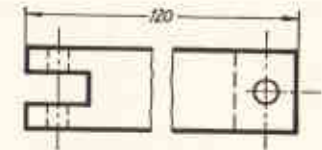


Abb. 3.88 — Gebrochenes Werkstück

Bei **vollen Rundkörpern** wird die Bruchlinie durch eine Schleifenlinie dargestellt (vgl. hierzu Abb. 3.89). Der geschlossene Teil der Schleife wird schraffiert.



Abb. 3.89 — Gebrochenes Werkstück mit rundem Querschnitt



Abb. 3.90 — Gebrochenes Rohr

Der gebrochene hohle Rundkörper erhält eine zweite geschlossene Schleife zur Kennzeichnung der Rohrwandung (vgl. hierzu Abb. 3.90).

Während man bei der Darstellung gebrochener Werkstücke aus Metall auch die Querschnittsform berücksichtigt (vgl. hierzu Abb. 3.88 bis 3.90), wird bei gebrochenen Werkstücken aus Holz die Bruchstelle immer gleichartig gezeichnet, nämlich entsprechend der natürlichen Bruchstelle beim Holz stark unregelmäßig (vgl. hierzu Abb. 3.91).



Abb. 3.91 — Gebrochenes Holz

### 3.5. Darstellung von Normteilen

Der Begriff Norm wurde bereits in der Einleitung und bei der Beschreibung der Papierformate erläutert. Es gibt über 8000 Normen, die in **Grundnormen**, **Stoffnormen** und **Maßnormen** eingeteilt sind:

1. Unter **Grundnormen** fallen: Papierformate, Schriften, Formelgrößen, Bezeichnungen, Mathematische Zeichen, Gewichte, Winkleinheiten.

2. Die **Stoffnormen** legen fest, welche Bedingungen ein Material erfüllen muß, z. B. Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung, und sie geben an, aus welchen Stoffen sich ein bestimmtes Material zusammensetzt.
3. Die sehr umfangreichen **Maßnormen** sind für den Zeichner eine wesentliche Arbeitserleichterung, weil die Maße von Einzelteilen, die überall und immer wieder verwendet werden, in diesen Normen festgelegt sind. Der Zeichner braucht nur noch eine DIN-Nummer und eine verkürzte Maßbezeichnung anzugeben, um diese **Normteile** eindeutig zu bestimmen (z. B. Schrauben, Muttern und Gewinde nach DIN 27).

Es sind nur solche Teile genormt, die in vielen Gebieten der Technik häufig vorkommen. Das sind vor allen anderen Teilen die sogenannten Verbindungselemente Schrauben, Muttern und Niete. Trotz weitgehender Normung dieser Teile gibt es immer noch etwa 150 Schraubenformen und etwa 60 Mutternformen.

### 3.5.1. Schrauben

#### 3.5.1.1. Schraubenformen

Mit Ausnahme der Sechskantschraube lassen sich fast alle gängigen Schrauben ohne Schwierigkeiten zeichnen (vgl. hierzu Abb. 3.92).

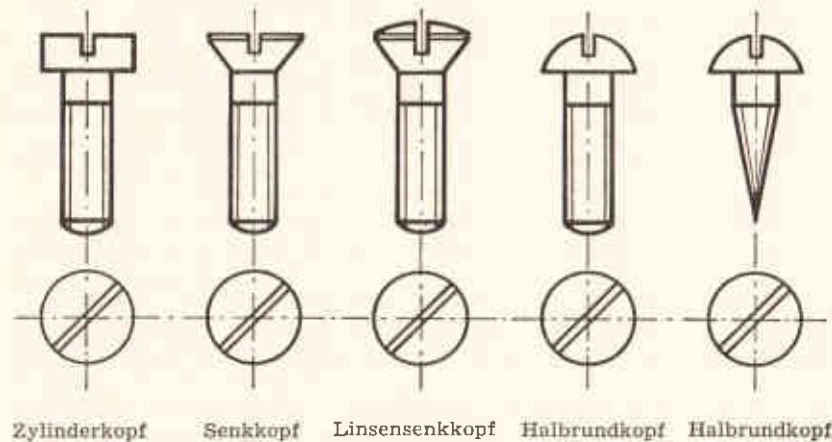


Abb. 3.92 — Schraubenformen

In der Vorderansicht und der Seitenansicht entstehen beim Sechskantkopf durch die gebrochene Kante Kurven, die sehr viel Zeichenarbeit erfordern, wenn sie genau gezeichnet werden sollen. Es sind Kurven, wie sie beim Anspitzen eines Bleistifts (mit sechseckigem Querschnitt) mit einem Anspitzer entstehen. Die beim Schraubenkopf entstehenden Kurven verlaufen so flach, daß sie einem Kreisbogen sehr ähnlich sind. Deshalb werden sie auch zur Vereinfachung der Zeichenarbeit mit einem Zirkel gezogen.

#### 3.5.1.2. Sechskantschrauben

Abb. 3.93 zeigt eine Sechskantschraube in der sogenannten Volldarstellung.

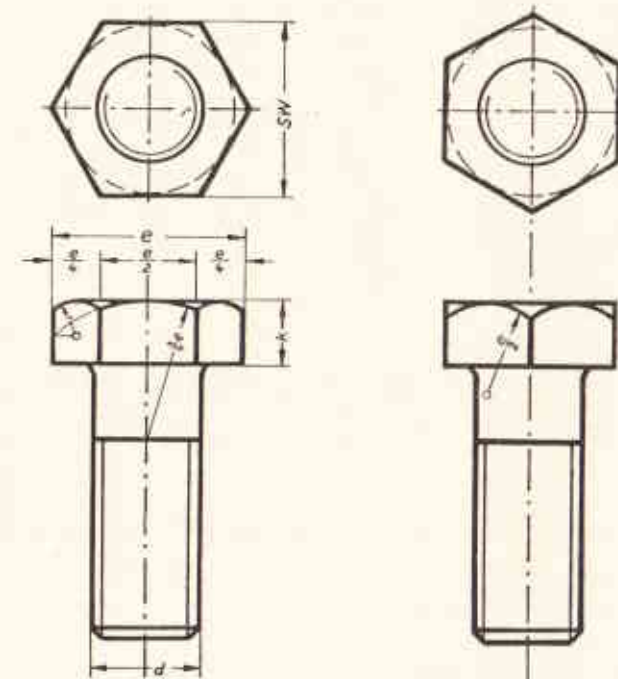


Abb. 3.93 — Sechskantschraube

Der größte Durchmesser des Kopfes wird als **Eckmaß**  $e$  bezeichnet. Das Eckmaß  $e$  ergibt sich beim Sechskantkopf zu 1,155mal der Schlüsselweite  $SW$ .

Für **Bolzendurchmesser  $d$**  bis zu 22 mm ist  $e$  rund  $2 \times d$ . Die **Höhe des Kopfes  $k$**  beträgt  $0,7 \times d$ .

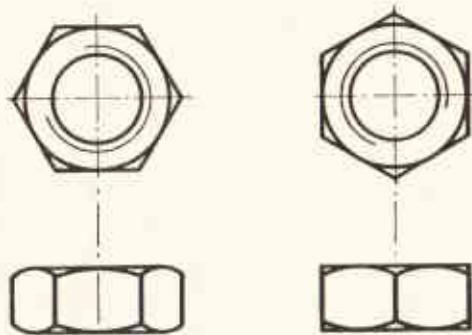
Beim Zeichnen der Schraube ist zu beachten, daß die dünne Vollinie, die den Gewindegrund darstellt, wirklich dünner ist als die sichtbare Außenkante des Schraubenbolzens. Außerdem muß die dünne Vollinie bis zur Stirnfläche des Schraubenbolzens durchgezogen werden. Die Vollinie, die das Gewinde oben abschließt, wird so dünn gezeichnet wie der Gewindegrund.

Die Volldarstellung kann vereinfacht gezeichnet werden, wenn das Eckmaß  $e$  senkrecht zur Zeichenebene steht, also eine Kante des Sechskantkopfes auf den Zeichner zeigt, wie in der Abb. 3.93, rechts.

### 3.5.2. Muttern

Für die **Sechskantmutter**, die am häufigsten verwendet wird, gelten fast dieselben Zeichenregeln wie für den Sechskantkopf der Schraube. Auch hier gibt es zwei Volldarstellungen. Lediglich die Höhe der Mutter weicht von der Höhe des Schraubenkopfes ab; sie beträgt  $0,8 \times d$ .

Für die zeichnerische Darstellung von Gewinden nach DIN 27 ist seit März 1969 die ISO-Darstellung<sup>1)</sup> anzuwenden. Nach der ISO-Empfehlung soll der Gewindegrund als dünne Vollinie gezeichnet werden. Bei der Draufsicht wird nach ISO das Gewinde ebenfalls nicht mehr gestrichelt, sondern ein Dreiviertel-Kreisbogen gezeichnet. Die Lage dieses Kreisbogens ist beliebig (vgl. hierzu Abb. 3.94).



**Abb. 3.94 — Sechskantmuttern  
in Volldarstellung**

### 3.5.3. Schraubverbindungen

In Abb. 3.95 ist eine Verbindung von zwei Flacheisen durch Schraube und Mutter mit Unterlegscheibe dargestellt. Die Flacheisen sind im Schnitt gezeichnet, um die Schraube besser darstellen zu können.

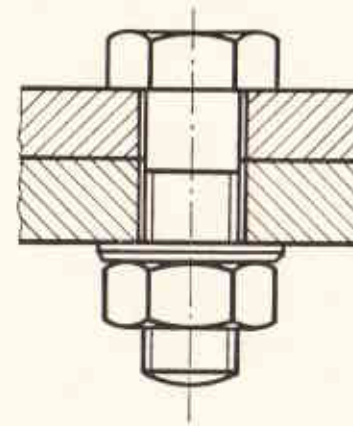
**Schrauben, Muttern und Scheiben dürfen nicht geschnitten werden!**

<sup>1)</sup> ISO = Internationale Organization for Standardizing Associations

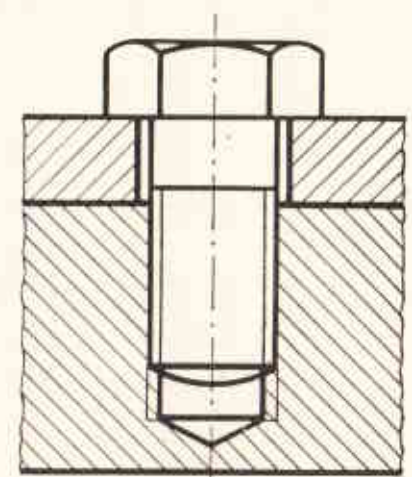
Bei einer Schraubverbindung ohne Mutter (vgl. hierzu Abb. 3.96) muß das Lochgewinde tiefer sein, als das Bolzengewinde lang ist. Das Lochgewinde wird in das dickere der beiden zu verschraubenden Teile geschnitten; das dünnere hat ein Durchgangsloch.

Da in der Zeichnung das Bolzengewinde die dünne Vollinie innen und das Lochgewinde diese Linie außen hat, müßten eigentlich zwei dicke Volllinien parallel verlaufen, wenn sich Bolzen- und Lochgewinde überschneiden. In einem solchen Fall wird nur das Bolzengewinde gezeichnet, weil sonst nicht zu erkennen wäre, daß es sich um eine Verschraubung handelt.

**Merke: Bolzengewinde geht vor Lochgewinde**



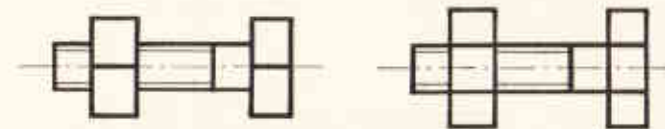
**Abb. 3.95 — Schraubverbindung  
mit Mutter**



**Abb. 3.96 — Schraubverbindung  
ohne Mutter**

Der untere Gewindeabschluß des Lochgewindes wird durch einen waagerechten Strich dargestellt, der bis zur sichtbaren Kante des Loches läuft. Der Bohrerauslauf wird unter  $120^\circ$  gezeichnet.

In sehr kleinen Darstellungen wird die Volldarstellung von Schraubverbindungen sehr schwierig. Man kann dann vereinfachte Darstellungen benutzen, wie sie in der Abb. 3.97 gezeigt werden.



**Abb. 3.97 — Vereinfachte Darstellungen**

### 3.5.4. Bemaßen von Gewinden

Wir unterscheiden **Befestigungsgewinde** (z. B. Schraubverbindung) und **Bewegungsgewinde** (z. B. Mikrometerschraube).

**Befestigungsgewinde** sind das **metrische Gewinde** und das **Whitworthgewinde**. In der Feinwerktechnik wird fast ausschließlich nur das metrische Gewinde verwendet. Das Whitworthgewinde wird erst bei Durchmessern über 10 mm benutzt, und zwar vorwiegend bei Röhren.

Das metrische Gewinde wird durch ein M mit Angabe des Außendurchmessers bemaßt (vgl. hierzu Abb. 3.98). Beim metrischen Feingewinde wird außerdem noch die Steigerung des Gewindes angegeben (vgl. hierzu Abb. 3.99).

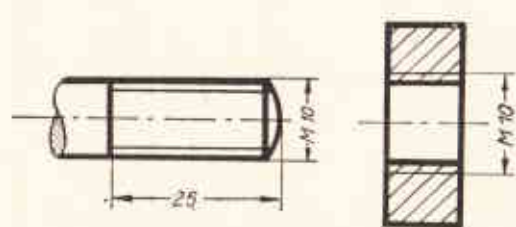


Abb. 3.98 — Metrisches Gewinde

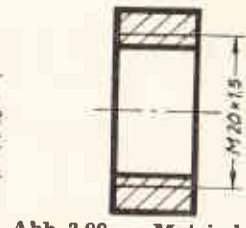


Abb. 3.99 — Metrisches Feingewinde

Wird eine Schraube verwendet, die nicht der Norm entspricht, so ist neben der Bolzenlänge auch die Gewindelänge anzugeben.

Bei genormten Schrauben genügt eine **Kurzangabe**, z. B.: M 8 × 40 DIN 931 m 8 G

Es bedeuten:

|                |                                                                                         |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>M 8</b>     | 8 mm Bolzendurchmesser mit metrischem Gewinde                                           |
| <b>40</b>      | 40 mm Bolzenlänge (ohne Schraubenkopf)                                                  |
| <b>DIN 931</b> | Sechskantschraube                                                                       |
| <b>m</b>       | mittel, nach DIN 267 <sup>1)</sup>                                                      |
| <b>8 G</b>     | Zugfestigkeit 792 N/mm <sup>2</sup> , Streckgrenze 628 N/mm <sup>2</sup> , Dehnung 12 % |

<sup>1)</sup> Diese Angabe bestimmt die Ausführung der Schraube (Oberflächengüte und Gewindetoleranz). Zu unterscheiden sind: m (mittel), mg (mittelgrob) und g (grob).

### 3.5.5. Kleindarstellung von Schraubverbindungen

Ist die technische Zeichnung zu klein, um Schrauben und Muttern voll darzustellen, wird anstelle der Schraubverbindung eine **Mittellinie** gezogen und mit einem Bezugsstrich die Bemaßung angetragen (vgl. hierzu Abb. 3.100).

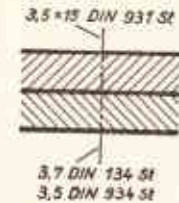


Abb. 3.100 — Kleindarstellung einer Schraubverbindung

In der Abb. 3.100 bedeuten die Angaben:

|                            |                                                                                        |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3,5 × 15 DIN 931 St</b> | blanke Sechskantschraube mit Gewinde M 3,5 und 15 mm Länge nach DIN 931 aus Flußstahl. |
| <b>3,7 DIN 134 St</b>      | walzblanke Scheibe mit 3,7 mm Lochdurchmesser nach DIN 134 aus Flußstahl.              |
| <b>3,5 DIN 934 St</b>      | blanke Sechskantmutter mit Gewinde M 3,5 nach DIN 934 aus Flußstahl.                   |

### 3.5.6. Niete

Die Form des Setzkopfes gibt dem Niet den Namen (vgl. hierzu Abb. 3.101).

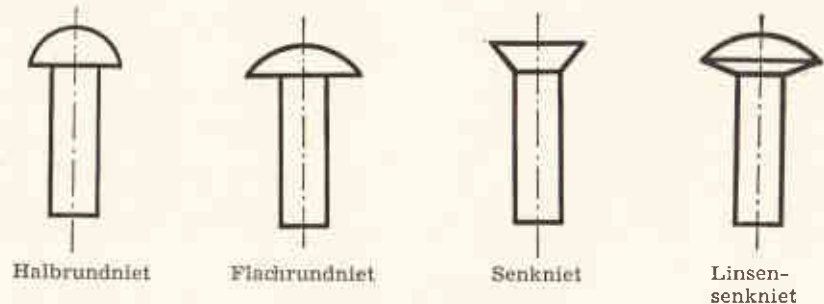


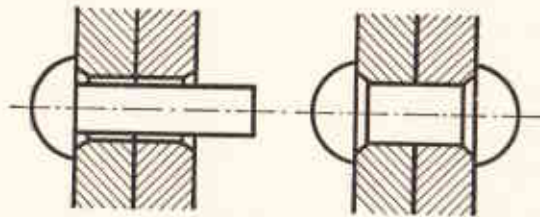
Abb. 3.101 — Nietformen

**Zeichenregeln:**

| Durchmesser<br>des Nietkopfes<br>D | Nietschaft-<br>durchmesser<br>d                                                   | Kopfhöhe |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Halbrundniet 1,75 · d              |  | 0,6 · d  |
| Senkniet 1,75 · d                  |  | 0,5 · d  |

**Niete werden nie geschnitten gezeichnet.**

Abb. 3.102 zeigt eine Nietverbindung vor und nach dem Schlagen und veranschaulicht, wie durch das Stauchen des Nietschaftes die Senkung des Nietloches ausgefüllt wird und der Nietschaft einen größeren Durchmesser annimmt. Bei kleinen technischen Zeichnungen verzichtet man auf die Darstellung der Senkung und zeichnet den Nietschaft zwischen beiden Köpfen in gleichbleibender Stärke.



**Abb. 3.102 — Nietverbindung vor und nach dem Schlagen**

### 3.5.7. Vereinfachte Darstellung von Nietverbindungen

Bei kleinen Zeichnungen kann die **vereinfachte Darstellung**, die sogenannte Kleindarstellung, angewendet werden. Anstelle des Niets wird dann eine **Mittellinie** gezeichnet, an die mit einem Bezugsstrich die Bemaßung gesetzt wird. Abb. 3.103 zeigt ein Beispiel. Die angegebene Bezeichnung: 3 × 8 DIN 660 St 34.13 bedeutet:

Halbrundniet von 3 mm Durchmesser und 8 mm Länge nach DIN 660 aus Nietstahl St 34.13.

3 × 8 DIN 660 St 34.13



**Abb. 3.103 — Kleindarstellung einer Nietverbindung**

## Anlage 1

### Arbeitsschutz und Unfallverhütung

Das **Jugendarbeitsschutzgesetz** verpflichtet den Arbeitgeber, Auszubildende über mögliche Unfallgefahren zu belehren. Diese Bestimmungen (vgl. hierzu auch den Abschnitt 4 im Band 1 der Grundreihe) finden ihren Niederschlag für den Bereich der DBP u. a. auch in den „Unfallverhütungsvorschriften für den fernmeldetechnischen Dienst“ (UVVf) sowie den „Unfallverhütungsvorschriften für den maschinentechnischen Dienst“ (UVVM). § 3 (4) der UVVf sieht ausdrücklich vor, daß Auszubildende, bevor sie mit der Arbeit beginnen, ausreichend über Unfallverhütungsmaßnahmen zu unterrichten sind. Wir haben deshalb, damit der Lernende vor Schaden geschützt ist, in diesem Band an den entsprechenden Stellen, z. B. beim Arbeiten an Maschinen oder beim Umgang mit Klebern, ausdrücklich auf die möglichen Unfallgefahren und ihre Verhütung hingewiesen. Lässigkeit beim Unfallschutz fordert oft ein hohes Lehrgeld. Die häufigen Hinweise der Ausbilder auf den Unfallschutz sind deshalb keine wirklichkeitsfremde Vorschriftenhörigkeit, sie sind vielmehr ein Beweis dafür, daß sich der Ausbilder der ihm durch den Gesetzgeber übertragenen Verantwortung voll bewußt ist.

Jeder Auszubildende sollte sich im eigenen Interesse den Grundsatz „Unfallschutz ist Gesundheitsschutz!“ genau einprägen. Es ist doch wohl nicht notwendig, daß er erst dann darüber nachdenkt, wie er sich hätte schützen können, wenn ihm beim Bohren ein schlagendes Werkstück den Finger abgerissen hat. Vielleicht wird er auch erst dann die Belehrung über das Tragen von Schutzbrillen ernst nehmen, wenn ihm beim Schleifen ein Metallsplitter ins Auge gedrungen ist. Um hier eine gewisse Vorsorge zu treffen, haben wir nachstehend einige Grundsätze zusammengestellt; beachtet sie der Auszubildende, so ist er wirksam vor Schaden geschützt.



**Unfallverhütungsbilder<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> herausgegeben vom PTZ

### Umgang mit Hämmern

Hämmer sind vor der Benutzung auf den festen Sitz des Stiels zu prüfen. Der Keil muß fest eingetrieben sein und darf nicht etwa durch einen Nagel ersetzt worden sein.

### Benutzen von Meißeln

Der aufgetriebene Meißelkopf (Bart) bildet insoweit eine Unfallquelle, als u. U. abbrechende Stückchen in die Hand eindringen können. Der Bart soll deshalb stets wieder abgeschliffen werden. Ebenso bringt eine stumpfe Schneide den Meißel leicht zum Abrutschen; sie muß daher immer wieder scharf geschliffen werden.

### Gebrauch des Schraubendrehers

Nur ein richtiger Schraubendreher, der den Schraubenschlitz ganz ausfüllt, gewährleistet ein unfallfreies Arbeiten, denn er kann nicht abrutschen. Werkzeuge sollen auch nicht zweckentfremdet verwandt werden; so sollte z. B. der Schraubendreher nicht als Steinbohrer benutzt werden.

### Gebrauch des Schraubenschlüssels

Nur der passende Schraubenschlüssel, d. h. die richtige Maulweite, verhindert das Abrutschen und damit Verletzungen.

### Benutzen der Feile

Bei der Feile ist auf guten Sitz des Hefes zu achten. Läßt sich das Heft ohne Mühe abziehen, so kann man sich leicht die Angel in die Hand treiben. Die linke Hand soll auf der Feile liegen und sie nicht etwa vorne umfassen, weil dann die Finger beim Vorstoßen gegen ein Hindernis verletzt werden können. Die zu bearbeitenden Flächen nicht ölen, weil die Feile dann leicht rutscht.

### Bohren

Beim Bohren an Tisch- und Säulenbohrmaschinen muß darauf geachtet werden, daß die Unterlage frei von Bohrspänen ist. Das Werkstück könnte sonst leicht kippen. Achten Sie darauf, daß Werkstücke vom Bohrwerkzeug nicht mitgerissen werden können. Bleche sind am besten mit Feilkloben oder Lederhandschuhen zu halten; kleinere Teile müssen in den Maschinenschraubstock eingespannt werden.

### Kopfschutz

Das Haar ist bei der Benutzung von Bohrmaschinen durch eine Kopfbedeckung zu schützen. Dies ist notwendig, damit es nicht von der Welle erfaßt werden kann. Fehlt dieser Schutz, so kann die Kopfhaut u. U. skalpiert werden.

### Schutz gegen Berührungsspannungen



(Farben:  
schwarz-weiß)

#### Schleifen

Schleifmaschinen bieten vielfältige Unfallmöglichkeiten. Unrunde Scheiben können dem Handwerker das Werkstück aus der Hand schlagen oder sie können bersten. Um dies zu vermeiden, müssen sie daher von Zeit zu Zeit mit dem Sicherheitsabrichter abgerichtet werden. Die Schleifscheiben sind durch Schutzhauben- und -vorrichtungen zu schützen, damit beim eventuellen Bersten oder Absplittern niemand verletzt wird. Ebenso ist die Auflage dicht vor der Schleifscheibe anzubringen, damit kein Werkstück dazwischen gerät.



#### Hände waschen

Blei und Zink bilden Metallgifte. Darum nach dem Umgang mit diesen Metallen gründlich die Hände waschen!

(Farben:  
schwarz-gelb)



#### Schutzbrillen

Beim Arbeiten an Schleifscheiben ist eine Schutzbrille zu tragen, weil abspritzende glühende Metallspänchen oder Korundkörper leicht ins Auge eindringen können.

(Farben:  
blau-weiß)

### Kleben

In den Kunststoffklebern enthaltene Lösungsmittel oder zuzusetzende Härter entwickeln oft gesundheitsschädigende Dämpfe. Die Klebearbeiten müssen daher in Werkstätten unter Dunstabzugshauben durchgeführt werden.



#### Feuergefahr

Da die entstehenden Dämpfe oft leicht brennbar sind, ist der Umgang mit offenem Feuer in Werkstätten ausgeschlossen. Die angebrachten Hinweisschilder sind so zu beachten, wie dies durch die Brandschutzverordnung vorgeschrieben wird.

(Farben:  
schwarz-rot-weiß)



### Nicht Rauchen

Dazu gehört auch die Einhaltung des Rauchverbots, das für Auszubildende ja grundsätzlich während der reinen Arbeitszeit gilt.

(Farben:  
schwarz-rot-weiß)

### Löt- und Schweißgeräte

Beim Umgang mit Löt- und Schweißgeräten ist besondere Vorsicht geboten. Die Gasflaschen und -leitungen sind vor der Flamme zu schützen. Die Brenner müssen stets so abgelegt werden, daß sie keinen Schaden anrichten können. Ventile und Gewinde an Zuleitungen nicht einfetten, Explosionsgefahr!

### Schutzkleidung

Das Tragen enganliegender Schutzkleidung ist ein wichtiger Bestandteil der Unfallverhütungsvorschriften. Bei zu weiter Kleidung besteht die Gefahr, damit an vorstehenden Maschinenteilen usw. hängen-zubleiben oder in umlaufende Maschinen zu geraten.

Weiter ist festes Schuhwerk vorgeschrieben, um die Stolpergefahr zu mindern und Verletzungen beim Herabfallen schwerer Gegenstände möglichst auszuschalten.

### Ringe und Uhren ablegen

Ringe und Armbanduhren haben schon manchen schweren Unfall verursacht, weil sie sich mit umlaufenden Werkstücken oder Werkzeugen verhakt haben oder weil ihr Träger damit bei der Arbeit irgendwo hängengeblieben ist. Legen Sie derartige Schmuckstücke also bei der Arbeit in der Werkstatt ab!

### Reinigen von Maschinen

Maschinen müssen vor dem Reinigen abgestellt werden. Es ist natürlich bequem, laufende Wellen mit dem Putzlappen zu säubern. Wenn das Unglück es aber will, kann sich der Lappen auf der Welle festwickeln, und sofort sind Hände und andere Körperteile verletzt.

Diese Aufzählung ist sicher nicht vollständig, sie macht aber die Wichtigkeit des Unfallschutzes deutlich. Beachten Sie daher die Anweisungen Ihres Ausbilders genau. Fragen Sie im Zweifelsfall Ihren Ausbilder nach der richtigen Handhabung eines Werkzeugs oder nach der richtigen Bedienung einer Maschine. Zu einem verantwortungsbewußten Handeln gehört auch, andere Auszubildende auf Gefahren aufmerksam zu machen und defekte Schutzvorrichtungen zu melden. Sollten Sie z. B. eine Idee haben, wie bestehende Schutzmaßnahmen verbessert werden können, so machen Sie einen entsprechenden Vorschlag. Gute Vorschläge werden sogar im Rahmen des betrieblichen Vorschlagwesens belohnt.

## Benutzung von Tabellenbüchern

Tabellenbücher enthalten oft das Fachwissen für eine ganze Berufssparte in komprimierter Form. Stoffeigenschaften und Bearbeitungshinweise werden hierbei nicht in beschreibender Darstellung, sondern nur als Aufzählung dargeboten. Die Arbeit mit einem Tabellenbuch ist an sich nicht schwierig. Die gewünschte Information kann leicht anhand des Sachwortverzeichnisses oder aber des Inhaltsverzeichnisses gefunden werden. Der häufige Gebrauch macht den Benutzer auch bald mit dem Gliederungsschema vertraut, nach dem die Sachgebiete geordnet sind, so daß leicht festgestellt werden kann, ob eine bestimmte Auskunft vorne oder hinten im Buch zu finden ist. Die Einteilung in Spalten und Zeilen erfordert natürlich etwas Aufmerksamkeit, weil sonst leicht eine Zeile zu hoch oder zu tief abgelesen wird. Es ist unbedingt auch darauf zu achten, daß beim Ablesen nicht etwa eine Kommastelle übersehen wird;

$$\text{z. B. } \rho_{\text{Cu}} = 0,018 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \text{ anstatt}$$

$$\rho_{\text{Cu}} = 0,0018 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \text{ (falsch).}$$

Weiter ist auch auf die Angabe der Einheiten zu achten. Manchmal sind Teile von Maßeinheiten durch Versätze abgedruckt, z. B. Elektrochemisches Äquivalentgewicht  $e_{\text{Ag}} = 1,118 \text{ mg/As}$  bzw.  $1,118 \cdot 10^{-3} \text{ g/As}$ .

Für spezielle Angaben zur Werkstoffbearbeitung steht in jeder Werkstatt ein Tabellenbuch für das Metallgewerbe zur Verfügung. Daneben wird für den Auszubildenden auch das „Tabellenbuch der Nachrichtentechnik“ von Interesse sein.

#### Band 5

##### – Werkstoffbearbeitung

Werk- und Hilfsstoffe – Werkstoffbearbeitung – Technisches Zeichnen  
– Arbeitsschutz und Unfallverhütung – Umgang mit Tabellen- und Handbüchern

##### ● Repetitor zum Band 5

#### Band 6

##### – Fernsprechapparate – Fernsprechentstörung – Nebenstellenanlagen (mit Beiheft)

Fernsprechapparate – Zusatzeinrichtungen – Fernsprechentstörung – VDE-Bestimmungen – Unfallverhütung – Allgemeines über Nebenstellenanlagen – Die Ausführung der Nebenstellenanlagen – Schaltungsaufbau – Aufbau und Bedienen des HVT

##### ● Repetitor zum Band 6

#### Band 7

##### – Linientechnik (2 Teile)

Zweck und Aufbau der Bauteile im Ortsanschlußnetz – Kabelkanalanlage – Fernmeldekabel – Einziehen von Röhrenkabeln – Auslegen von Erdkabeln – Kabelmontagearbeiten – Druckluftüberwachung von Ortskabeln – Schutz gegen Korrosion – Linienunterlagen für Ortsnetze – Auskundung – Bau oberirdischer Ortsanschlußlinien – Bau oberirdischer Kabelanlagen – Unterhaltungsarbeiten an Holzmastlinien – Sprechstellenbau – Teilnehmereinrichtungen – Erdungsanlagen – Schutz gegen Überspannungen und Überströme

##### ● Repetitor zum Band 7

#### Band 8

##### – Grundlagen der Vermittlungstechnik (mit Beiheft)

Aufbau und Wirkungsweise der Schrittschalt- und Motordrehwähler – Orts- und Fernvermittlungstechnik – Schaltkennzeichen – Einstellvorschriften – Signaleinrichtungen, Prüf- und Meßeinrichtungen – Stromversorgung – Aufteilung großer Ortsnetze – Netzgestaltung im Selbstwählferrndienst – Unterhalten und Bedienen von Orts- und Fernvermittlungsstellen – Gliederung des Unterhaltungsdienstes

##### ● Repetitor zum Band 8

#### Band 9

##### – Übertragungs- und Datentechnik

Elektroakustik – Leitungstechnik – Trägerfrequenztechnik – Grundlagen der Fernschreib- und Datentechnik

##### ● Repetitor zum Band 9

– Weitere Lehrbücher siehe 2. und 4. Umschlagseite –

**Band 10**

— **Grundlagen der Schaltungs- und Meßtechnik**

Anschluß- und Verbindungstechniken — Bauelemente, Bauteile und Grundlagen der Schaltungstechnik — **Niederspannungsnetz**, Schutzmaßnahmen und Installationen, Gefährdung des Menschen durch den elektrischen Strom — Messen und Prüfen

● **Repetitor zum Band 10**

Die Bände werden noch durch den **Sonderband „Grundlagen der Elektronik (mit Repetitor)“** ergänzt, der beim Institut zur Entwicklung moderner Unterrichtsmedien e. V., 28 Bremen 1, Bahnhofstraße 10, bestellt werden kann. Der Band ist wie folgt gegliedert:

**Sonderband** — **Grundlagen der Elektronik**

Meßtechnik — Halbleiter — Halbleiterdioden — Transistor — Vierschicht-halbleiter-Bauelemente — Elektronenröhren — RC-Glieder — Kippstufen — Verknüpfungsglieder

● **Repetitor zum Band Grundlagen der Elektronik**

---

**Allgemeines Prüfungswissen** (2 Teile)

(für die Kräfte des BFW-, BFI- und BPT-Dienstes)

● **Repetitor zum Band Allgemeines Prüfungswissen**

---

**Wichtig zur Vorbereitung  
auf Eignungsfeststellungen und Prüfungen**

**Deutschlehre**  
(mit Beiheft)

Rechtschreibung — Wortlehre — Satzlehre — Zeichensetzung — Stil- und Aufsatzkunde — Übungsaufgaben — Übungsdiktate — Lösungen

**Rechenlehre**

Rechnen — Raumlehre — Sortenverwandlung — Übungsaufgaben — Angewandte Aufgaben — Lösungsheft

Sämtliche Lehrwerke können bestellt werden bei:

**Deutsche Postgewerkschaft — Hauptvorstand — Verlag**

6 Frankfurt 71 — Rhonestraße 2