fernmeldelehrling.de

HANDBUCH

FÜR DEN

FERNMELDEHANDWERKER

der Deutschen Bundespost

BAND C 1

DIE HANDWERKLICHE AUSBILDUNG

Werkstoffe der Fernmeldetechnik und ihre Bearbeitung;
Werkzeuge und Werkzeugmaschinen

VERLAG: DEUTSCHE POSTGEWERKSCHAFT - VERLAG GMBH.
6 FRANKFURT - SAVIGNYSTRASSE 29

fernmeldelehrling.de

Saynisch, Manfred

Handbuch für den Fernmeldehandwerker der DBP

14 wichtige Lehr- und Lernwerke für den FLehrl; auch für den Handwerker F und den Fernmeldehandwerker zur Vorbereitung auf die Grundlagenlehrgänge gut geeignet!

Band A 1 — Allgemeine Berufskunde

Weg und Ziel der Ausbildung — Der Lehrvertrag — Die Fernmeldehandwerkerprüfung — Die Tätigkeitsgebiete des Fernmeldehandwerkers, sein beruflicher Werdegang und seine Aufstiegsmöglichkeiten — Der Tarifvertrag — Gesetze und Verordnungen des Fernmeldewesens — Allgemeine Vorschriften zum Schutz gegen Starkstrom und Unfallschäden

Band A 2 — Allgemeine Berufskunde

Allgemeines über den Staatsaufbau — Aufgaben und Gliederung der DBP — Die Sozialeinrichtungen bei der DBP — Allgemeines aus der Geschichte des Post- und Fernmeldewesens — Wie fertige ich meine schriftlichen Prüfungsarbeiten? — Musterausarbeitungen und Musterthemen

Band B 1 — Die Fachkunde

Mathematische und physikalische Grundkenntnisse einschließlich der Stoffgebiete aus den beiden Grundlagenlehrgängen

Band B 2 — Die Fachkunde

Fachzeichnen — Technisches Zeichnen — Stromlaufzeichnen

Band B 3 — Die Fachkunde

Die Gleichstromlehre (Wesen der Elektrizität; elektrischer Stromkreis; Maßeinheiten; Ohmsches Gesetz; Widerstand; Leitfähigkeit; Spannungsabfall; Stromverzweigung; Wärmewirkung und chemische Wirkung des elektrischen Stromes; elektrisches Feld; Kondensator)

— Weiteres siehe 3. und 4. Umschlagseite —

HANDBUCH

FÜR DEN

FERNMELDEHANDWERKER

der Deutschen Bundespost

DPG

BAND C 1

DIE HANDWERKLICHE AUSBILDUNG

Werkstoffe der Fernmeldetechnik und ihre Bearbeitung;
Werkzeuge und Werkzeugmaschinen

2. VERBESSERTE UND ERWEITERTE AUFLAGE

VERLAG: DEUTSCHE POSTGEWERKSCHAFT - VERLAG GMBH.
6 FRANKFURT - SAVIGNYSTRASSE 29

fernmeldelehrling.de

Vorwort

Die vierzehn Bände des „**Handbuchs für den Fernmeldehandwerker der DBP**“ sollen

1. **den Fernmeldelehrlingen während der Lehrzeit ein ständiger Begleiter sein und ihnen eine umfassende und gute Prüfungsvorbereitung ermöglichen,**
2. **den Handwerkern F aufzeigen, welches Fachwissen erforderlich ist, um genauso viel zu wissen wie die Lehrlinge am Ende ihrer Lehrzeit,**
3. **den Fernmeldehandwerkern die Möglichkeit geben, ihr Wissen aufzufrischen und es auf den neuesten Stand der Fernmeldetechnik zu bringen und**
4. **eine ausreichende Vorbereitung auf den Lehrstoff der dienstlichen Grundlagenlehrgänge gewährleisten.**

In der Fernmeldehandwerkerprüfung sowie in den Grundlagenlehrgängen müssen neben den praktischen Fertigkeiten auch die theoretischen Fachkenntnisse über die Fernmeldetechnik vorhanden sein. Das gleiche gilt hinsichtlich der Kenntnisse in dem wichtigen Prüfungsfach „Allgemeine Berufskunde“ sowie in bezug auf die Grundkenntnisse über die für das Fernmeldewesen wichtigen Gesetze und Verordnungen, wie FAG, TWG oder FeO. Einer der Bände allein kann dem Leser dieses umfangreiche Wissen nicht vermitteln; alle vierzehn Bände zusammen (vgl. hierzu die Angaben auf der 2., 3. und 4. Umschlagseite) enthalten jedoch das Fachwissen, das sich der Leser im Interesse des Prüfungserfolges und seines weiteren Aufstiegs aneignen muß.

In dem „Handbuch für den Fernmeldehandwerker der DBP“ ist nur der unbedingt notwendige Lehrstoff in einfachster Form behandelt worden. Die Verfasser erheben nicht den Anspruch, daß die Bände alle Vorschriften und technischen Einzelheiten sowie das in der Praxis selten oder gar nicht Vorkommende enthalten. Ihnen ging es vielmehr darum, eine

Fibel **für den Fernmeldelehrling, für den Handwerker F und für den Fernmeldehandwerker**

zu schaffen, die der gestellten Aufgabe im Interesse der Leser ohne unnötigen Ballast gerecht wird.

Druck: Sommer 1964

Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

WERKSTOFFKUNDE

A. Eisen und Stahl

I. Eisenerze . . . 7
II. Aufbereitung der Eisenerze . . . 8
III. Verhüttung der Eisenerze . . . 8
1. Der Hochofen . . . 9
2. Gewinnung des Roheisens . . . 10
IV. Weiterverarbeitung des Roheisens . . . 11
1. Grauguß . . . 11
2. Temperguß . . . 11
V. Weiterverarbeitung des Roheisens zu Stahl . . . 12
1. Stahlarten . . . 12
2. Stahlherstellung . . . 14
a) Bessemer- und Thomas-Verfahren . . . 14
b) Siemens-Martin-Verfahren . . . 16
c) Gewinnung von Edelstählen . . . 17
VI. Normung, Verwendung und Handelsformen . . . 19
1. Normung . . . 19
2. Verwendung von Eisen und Stahl . . . 19
3. Handelsformen . . . 20
VII. Übungsaufgaben . . . 21

B. Nichteisenmetalle

I. Kupfer . . . 22
1. Kupfererze . . . 22
2. Kupfergewinnung . . . 23
3. Kupferlegierungen . . . 25
4. Verwendung des Kupfers und seiner Legierungen . . . 26
II. Zinn . . . 28
1. Zinnerze . . . 28
2. Zinngewinnung . . . 29
3. Verwendung . . . 29
III. Zink . . . 30
1. Zinkerze . . . 30
2. Zinkgewinnung . . . 30
3. Verwendung . . . 31
IV. Blei . . . 31
1. Bleierze . . . 31
2. Bleigewinnung . . . 32
3. Verwendung . . . 32
V. Aluminium . . . 33
1. Vorkommen . . . 33
2. Aluminiumgewinnung . . . 33
3. Verwendung . . . 35
VI. Edelmetalle . . . 36
1. Silber . . . 36

fernmeldelehrling.de

Seite

2. Gold . . . 36
3. Platin . . . 36

VII. Kadmium . . . 37
VIII. Wismut . . . 37
IX. Kobalt . . . 37
X. Nickel . . . 37
XI. Wolfram . . . 38
XII. Quecksilber . . . 38
XIII. Übungsaufgaben . . . 39

C. Werkstoffprüfung

I. In der Werkstatt . . . 40
1. Aussehen der Oberfläche . . . 40
2. Funkenprobe . . . 40
3. Sonstige Proben . . . 41
II. Werkstoffprüfung im Laboratorium . . . 43
1. Mechanische Prüfung . . . 43
a) Statische Untersuchungen . . . 43
b) Dynamische Untersuchungen . . . 45
2. Metallographische Prüfung . . . 46
3. Chemische Prüfung . . . 46
4. Prüfung ohne Zerstörung . . . 46
III. Übungsaufgaben . . . 47

D. Oberflächenschutz der Metalle

I. Korrosion . . . 48
II. Oberflächenschutz . . . 49
III. Übungsaufgaben . . . 51

E. Nichtmetallische Werkstoffe

I. Isolierstoffe . . . 52
1. Asbest . . . 53
2. Glas . . . 53
3. Porzellan . . . 54
4. Papier . . . 54
5. Gummi . . . 55
6. Textilien . . . 55
II. Kunststoffe . . . 56
1. Chemisch behandelte Kunststoffe . . . 56
a) Vulkanfiber . . . 56
b) Kunststoff aus Zellulose . . . 57
c) Kunststoff aus Eiweiß . . . 58
2. Synthetische Kunststoffe . . . 58
a) Phenolplaste . . . 58
b) Schichtpreßstoffe . . . 59
c) Thermoplaste . . . 60
3. Bearbeitungsverfahren . . . 61
a) Zerspanen . . . 61
b) Kleben . . . 61
c) Nähen . . . 62

Seite

d) Schweißen . . . 62
e) Warmverformen . . . 62
III. Baustoffe . . . 63
1. Holz . . . 63
2. Ziegel . . . 64
3. Kalk und Zement . . . 64
4. Gips . . . 65
IV. Übungsaufgaben . . . 65

ARBEITS- UND WERKZEUGKUNDE

A. Messen und Anreißen

I. Messen . . . 66
II. Anreißen . . . 69
III. Passen . . . 72
IV. Übungsaufgaben . . . 73

B. Spannwerkzeuge

I. Schraubstöcke . . . 74
II. Hilfszeuge . . . 75
III. Hilfsspannzeuge . . . 76
IV. Übungsaufgaben . . . 76

C. Spanabhebende Verformung

I. Grundsätzliches . . . 77
1. Keilwinkel . . . 77
2. Freiwinkel . . . 78
3. Spanwinkel . . . 78
4. Schnittwinkel . . . 78
II. Feilen . . . 78
III. Sägen . . . 81
IV. Schaben . . . 83
V. Meißeln . . . 83
VI. Gewindeschneiden . . . 84
VII. Übungsaufgaben . . . 86

D. Spanlose Verformung

I. Richten und Biegen . . . 87
II. Schneiden und Scheren . . . 88
III. Lochen . . . 89
IV. Stanzen . . . 90
V. Schmieden . . . 91
VI. Federwickeln . . . 93
VII. Blechbearbeitung . . . 94
VIII. Übungsaufgaben . . . 95

E. Verbindungsarten

I. Schraubenverbindungen . . . 96
II. Stifte . . . 97

fernmeldelehrling.de

Seite

III. Keile und Federn 97
IV. Nietverbindungen 98
V. Lötverbindungen 99
VI. Schweißverbindungen 100
1. Gasschmelzschweißen 101
a) Gasflaschen 101
b) Schweißbrenner 101
c) Schweißflamme 103
d) Schweißnaht 103
2. Elektroschweißen 104
a) Lichtbogenschweißen 104
b) Widerstandsschweißen 104
VII. Übungsaufgaben 105

F. Wärmebehandlung
I. Behandlung der Stähle 106
II. Behandlung der Leichtmetalle 107
III. Behandlung der Kunststoffe 107
IV. Übungsaufgaben 107

WERKZEUGMASCHINEN
A. Allgemeines
I. Bewegungsvorgänge 108
II. Getriebe 109

B. Bohren - Senken - Reiben - Schleifen
I. Bohren 111
1. Bohrwerkzeuge 111
2. Bohrmaschinen 112
3. Spannen der Werkstücke 114
II. Senken 114
III. Reiben 115
IV. Schleifen 115
V. Übungsaufgaben 117

C. Drehen
I. Die Drehbank 118
II. Spannen der Werkstücke 120
III. Drehstähle 121
IV. Einspannen der Drehstähle 122
V. Dreharbeiten 124
1. Lang- und Plandrehen 125
2. Ein- und Abstechen 125
3. Bohren 125
4. Kegeldrehen 125
5. Rändeln und Kordeln 127
VI. Übungsaufgaben 128

D. Fräsen
I. Fräsvorgang 129
II. Fräswerkzeuge und Fräsmaschinen 130
III. Übungsaufgaben 132

Werkstoffkunde

Die Werkstoffkunde gehört in der heutigen Zeit mit Recht zum Grundwissen über jedes Fachgebiet der neuzeitlichen Technik. Für jeden Lernenden ist deshalb eine allgemeine Kenntnis der wichtigsten Werkstoffe unbedingt erforderlich. Dieser Abschnitt soll dem Leser einen allgemeinen Überblick über die Vorkommen, die Gewinnung und die Verwendungsmöglichkeiten der verschiedenen Werkstoffe vermitteln.

A. Eisen und Stahl

Reines Eisen kommt nur in Meteorsteinen vor. Eisenverbindungen sind dagegen sehr verbreitet.

Das Eisen ist den Menschen seit etwa 4000 v. Chr. bekannt. In einfachen Verfahren wurde früher aus hochwertigem Erz schmiedbares Eisen gewonnen. Das Verfahren wurde „Rennen" (von gerinnen) genannt; der Schmelzvorgang geschah im „Rennfeuer". Im Mittelalter wurden schon mit Gebläse ausgerüstete Stücköfen verwendet, und im 13. Jahrhundert kannte man bereits Holzkohlehochöfen. Damit war die Möglichkeit gegeben, flüssiges Roheisen herzustellen und dieses durch Gießen zu verformen. Das Roheisen wurde dann in einem sogenannten Frischherd durch „Frischen" zu Stahl verarbeitet. Das Frischen entspricht etwa dem heutigen Puddelverfahren, das in Deutschland nicht mehr angewendet wird. Der im Lauf der Jahrhunderte steigende Bedarf an Eisen und Stahl erforderte schließlich die Anwendung wirtschaftlicherer Verfahren, die im Verlauf der Entwicklung zu dem heutigen Stand der Eisen- und Stahlgewinnung geführt haben. Aber auch diese Verfahren werden noch laufend weiterentwickelt und verbessert.

I. Eisenerze

Eisenreiche Verbindungen, aus denen das Metall selbst gewonnen wird, nennt man Eisenerz. Eisenerze sind Gesteine, die im Tagebau oder im Untertagebau abgebaut werden. Der Eisengehalt der Erze ist verschieden; er ist abhängig von den ihnen beigemengten anderen Stoffen. In den Eisenerzen sind hauptsächlich folgende Verbindungen enthalten:

Eisen mit Sauerstoff (Oxyde),
Eisen mit Wasserstoff und Sauerstoff (Hydrate),
Eisen mit Kohlenstoff und Sauerstoff (Spate, Karbonate).

Diese Verbindungen enthalten jedoch oft noch Schwefel, Phosphor, Silizium oder Mangan und sind darüber hinaus auch noch mit „taubem Gestein" (Ton, Schiefer, Kalk und Quarz) vermischt. Die folgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über die wichtigsten Eisenerze.

fernmeldelehrling.de

Zusammenstellung der Eisenerze

Magneteisenstein:	60 bis 70% Eisengehalt, Fundorte in Deutschland (Harz), Schweden, Norwegen, Amerika, Rußland.
Roteisenstein:	40 bis 60% Eisengehalt, Fundorte in Deutschland (Lahn und Harz), Spanien, England, Kanada.
Brauneisenstein Minette, Rasenerz:	20 bis 45% Eisengehalt, Fundorte in Deutschland (Lahn und Bayern), Lothringen.
Spateisenstein:	30 bis 45% Eisengehalt, Fundorte in Deutschland (Westfalen und Siegerland), Steiermark.
Manganerze:	20 bis 50% Eisengehalt, Fundorte in Deutschland, Rußland, Indien, Afrika, Brasilien.
Doggererze:	20% Eisengehalt, Fundorte in Deutschland (Salzgitter, Harz, Südbaden, Jura).
Kiesabbrände:	sind Nebenerzeugnisse aus der Schwefelkiesverarbeitung und haben bis zu 45% Eisengehalt bei deutschem Schwefelkies und bis zu 65% Eisengehalt bei ausländischem Schwefelkies.

II. Aufbereitung der Eisenerze

Nicht alle Eisenerze können in dem Zustand verhüttet werden, in dem sie bei dem Abbau gefunden werden. Bei einem großen Teil von ihnen ist eine vorherige **Aufbereitung** erforderlich.

In der **mechanischen Aufbereitung** werden die Erze zunächst durch Steinbrecher zerkleinert und dann in Trommeln zur Beseitigung der anhaftenden erdigen Bestandteile gewaschen. Danach erfolgt ein Sortieren und Mischen der verschiedenen Erzarten sowie ein Trennen des Erzes von taubem Gestein durch Elektromagnete oder andere Verfahren.

In der **chemischen Aufbereitung** werden die Erze geröstet, d. h., Feuchtigkeit, Schwefel und Kohlensäure werden durch Erhitzen unter Luftzufuhr ausgetrieben. Durch das Rösten verlieren die Erze etwa ein Drittel ihres Gewichtes. Deshalb wird das Rösten möglichst gleich am Fundort vorgenommen, um Transportkosten zu sparen.

Deutschland hat für die Aufbereitung seiner eisenarmen Erze und Erzabfälle das **Krupp-Rennverfahren** entwickelt. In einem Drehofen wird feinkörniges Erz, mit Abfallbrennstoff vermischt, auf 1200 °C erhitzt. Dabei entstehen etwa 10 mm große Eisenkörner mit rund 95% Eisengehalt. Diese Körner werden im Hochofen oder nach anderen Verfahren weiterverarbeitet.

III. Verhüttung der Eisenerze

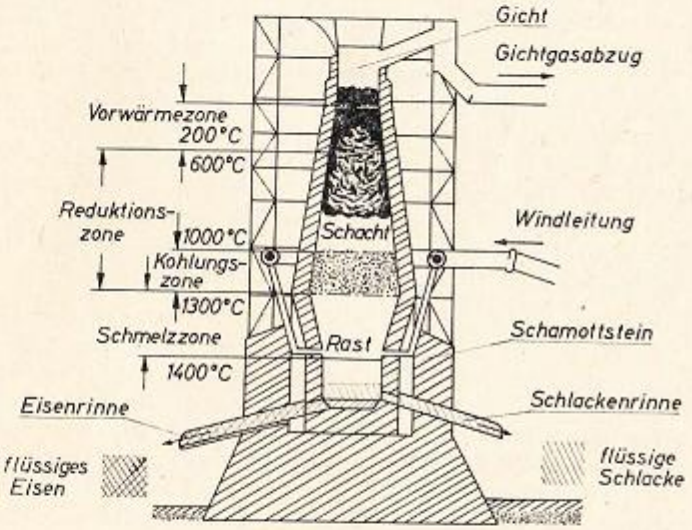
Nach ihrer Aufbereitung bestehen alle Eisenerze in der Hauptsache aus Eisenoxyden. Treibt man aus diesen Oxyden den Sauerstoff aus, so bleibt metallisches Eisen zurück. Diesen Vorgang nennt man **Reduktion.** Die

Reduktion erfolgt im **Hochofen.** In diesem Ofen werden die mineralischen Beimengungen als Schlacke ausgeschieden.

1. Der Hochofen

Der Hochofen besteht aus zwei kegelstumpfförmigen übereinandergestellten Hohlkörpern aus feuerfestem Mauerwerk. Der obere Teil ist der Schacht, der untere der Rast. Die obere Öffnung heißt Gicht und wird durch die Gichtglocke abgeschlossen. Der weiteste Teil ist der

Hochofen im Querschnitt



(Abb. 1)

Kohlensack. Der untere Kegel steht auf dem Gestell, das das Eisen (Eisenrinne) und die Schlacke (Schlackenrinne) aufnimmt. Um den dicksten Teil des Ofens liegt die ringförmige Windleitung, von der die Winddüsen ins Innere des Ofens führen. Die sich im Hochofen während des Schmelzvorgangs bildenden Gase ließ man früher aus der Gicht in die Luft entweichen. Heute fängt man sie auf und verwendet sie als billigen Brennstoff für die Winderhitzung, für Kesselfeuerungen und als Treibgas für die den Wind liefernden Gebläsemaschinen.

Der Hochofen ist ungefähr 30 m hoch, sein größter Durchmesser (am Kohlensack) beträgt 10 bis 12 m. Zu jedem Hochofen gehören bis zu 4 Winderhitzer, die den Wind (Heißwind) über die Windleitung in den Hochofen pressen. Ein Hochofen erzeugt in 24 Stunden bis zu 1000 Tonnen Roheisen.

fernmeldelehrling.de

2. Gewinnung des Roheisens

Der Hochofen wird wechselweise mit Möller, einer Mischung von Erzen und Zuschlägen, und Koks beschickt. Ein Aufzug befördert diese Stoffe auf die Gicht, und von dort aus gelangen sie in das Innere des Ofens. Die Zuschläge, hauptsächlich Kalkstein, sollen die jedem Erz beigemengten erdigen und kieseligen Stoffe und auch die Asche des Brennstoffes in leicht schmelzbare Schlacke überführen. Im einzelnen spielt sich im Hochofen folgender Vorgang ab:

Man unterscheidet im Hochofen verschiedene Zonen (Abb. 1). In der **Vorwärmzone** verdampft bei etwa 200 °C das Wasser und teilweise auch der Schwefel. Der Sauerstoff wird dem Erz in der **Reduktionszone** entzogen. Das von unten nach oben strömende, aus dem Kohlenstoff des glühenden Kokses und dem Sauerstoff des Heißwindes entstandene Kohlenoxydgas entzieht den Eisenerzen den Sauerstoff. In der Reduktionszone herrschen von oben nach unten ansteigend etwa 600 °C bis 1100 °C. Die **Kohlungszone** liegt zwischen 1000 °C und 1100 °C. Hier nimmt das immer heißer werdende, aber noch feste Eisen vom Koks Kohlenstoff auf. Durch diese Kohlenstoffaufnahme sinkt der Schmelzpunkt des Eisens. Dadurch wird die Gewinnung von flüssigem Roheisen überhaupt erst möglich, denn die eigentliche Schmelztemperatur des reinen Eisens von 1528 °C wird im Hochofen nicht erreicht.

In der **Schmelzzone** schmilzt das kohlenstoffhaltige Eisen bei etwa 1300 °C vollständig und trennt sich von seinen groben Verunreinigungen. Diese werden mit den Brennstoffüberresten durch die Zuschläge gebunden und bilden die flüssige Schlacke. Das so gewonnene Roheisen sammelt sich mit der auf ihm schwimmenden Schlacke im Gestell, wobei die Schlacke dauernd aus der Schlackenrinne abläuft. Die Entnahme des Roheisens erfolgt durch den sogenannten Abstich, der alle 2 bis 3 Stunden vorgenommen wird. Während dieser Zeit füllt sich das Gestell mit flüssigem Roheisen.

Je nach der Art der Erze und der in ihnen enthaltenen Beimengungen (Mangan, Silizium usw.) werden zwei Arten von 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.

IV. Weiterverarbeitung des Roheisens

Das Roheisen ist wegen seiner Beimengungen noch nicht als Werkstoff zu gebrauchen. Für die weitere Verwendung als Gußeisen oder gar als Stahl ist noch eine besondere Behandlung erforderlich.

1. Grauguß

Grauguß wird aus grauem Roheisen gewonnen, dem in geringen Mengen Stahlschrott beigegeben wird. Das Umschmelzen der Masseln geschieht in einem dem Hochofen ähnelnden Schachtofen von geringerer Höhe, dem Kupolofen. Gewöhnlicher Grauguß ist spröde und nicht schmiedbar oder härtbar. Durch das Umschmelzen im Kupolofen wird das Gefüge dichter, feinkörniger und gleichmäßiger. Beim langsamen Abkühlen des Schmelzgutes wird der Kohlenstoff als grobblättriger Graphit ausgeschieden und lagert sich zwischen den Eisenkristallen ab. Dieser Graphitgehalt bewirkt die guten Gleiteigenschaften und die leichte Bearbeitbarkeit des Graugusses und verleiht ihm die typische graue Farbe an der Bruchstelle. 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. Im Hinblick auf seine gute 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, Maschinengestelle, 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.

Eine besondere Art des Graugusses ist der **Hartguß.** Er entsteht, wenn der Kohlenstoff beim Erstarren des flüssigen Gußeisens nicht als Graphit ausgeschieden werden kann. Das wird durch niedrigen Siliziumgehalt und auch durch rasches Abkühlen verhindert. Sollen z. B. nur Teile der Oberfläche hart werden, so sorgt man durch Einlegen von Abschreckplatten aus Stahl an diesen Stellen für eine plötzliche Abkühlung des heißen Graugusses. Man nennt diese Art Grauguß **Schalenhartguß.** Hartguß ist besonders verschleißfest und wird für Teile von Zerkleinerungsmaschinen, Räder, Nockenwellen, Stößel und andere Teile verwendet. Er kann nur geschliffen oder mit Hartmetallwerkzeugen bearbeitet werden.

2. Temperguß

Temperguß wird aus weißem Roheisen hergestellt. Man unterscheidet bei der Gewinnung dieses Eisens zwischen einem deutschen und einem amerikanischen Verfahren. In beiden Fällen werden aus Temperroheisen, Gußbruch und Stahlschrott gegossene Werkstücke nachbehandelt, indem der in ihnen zunächst noch in Mengen von 2,5 bis 4% vorhandene Kohlenstoff auf etwa 0,5 bis 1,8% herabgesetzt wird.

fernmeldelehrling.de

Bei dem deutschen Verfahren, das Glühfrischen genannt wird, entsteht **weißer Temperguß.** Die Werkstücke werden in Glühkästen aus Grauguß luftdicht verpackt und anschließend 2 bis 5 Tage in Temperöfen bei etwa 900 °C geglüht. Dabei wird aus den Eisenoxyden Sauerstoff frei, der sich mit dem Kohlenstoff des Gußstückes verbindet. Diese sogenannte Entkohlung erfolgt aber nur in der Randschicht; dieses Verfahren kann deshalb nur bei Gußstücken bis zu 10 mm Wanddicke angewendet werden.

Beim amerikanischen Verfahren tritt eine Gefügeänderung ein; es ist daher nicht an bestimmte Dicken der Werkstücke gebunden. Bei diesem Verfahren werden die Gußstücke in Sand gepackt, wodurch der Zutritt des Luftsauerstoffes verhindert ist. Dann werden die Stücke mehrere Tage bei einer Temperatur von 800 bis 900 °C geglüht. Die dabei durch den Entzug des Kohlenstoffs entstandene Temperkohle lagert sich in Kugelform zwischen den Eisenkristallen ab. Das Gefüge erhält dadurch ein schwarzkörniges Aussehen; hierauf ist es zurückzuführen, daß dieses Verfahren **schwarzer Temperguß** genannt wird.

Zum Tempern eignen sich Werkstücke wie Hebel, Bügel, Klinken, Fahrrad- und Kraftfahrzeugteile, Schraubenschlüssel, Haken, Rohrverschluß- und Verbindungsstücke, Beschlagteile, Räder, Ketten, Muttern und ähnliche Massenwaren.

Temperguß ist zäh. Er ist hämmerbar, schmiedbar und kann gefeilt, gemeißelt, gesägt, gedreht, gebohrt und geschliffen werden. Seine Schmelztemperatur liegt bei 1300 °C.

V. Weiterverarbeitung des Roheisens zu Stahl

Zur Umwandlung des weißen Roheisens in Stahl wendet man verschiedene Verfahren an. Es gilt hierbei, dem Roheisen die unerwünschten Beimengungen, wie Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel, ganz oder teilweise zu entziehen. Dies geschieht durch Erhitzen unter Luftzutritt (Oxydation), wobei die beigemengten Elemente verbrennen.

1. Stahlarten

Ausgehend von dem Herstellungsverfahren unterscheiden wir zwischen folgenden Stahlarten:

Schweiß- oder Puddelstahl[1])
erhält man in zähflüssigem Zustande in kleineren oder größeren Eisenklumpen (Luppen). Dieser Stahl ist in seiner Masse ungleichmäßig und wird nur wenig hergestellt.

Flußstahl
wird in flüssigem Zustand gewonnen; er ist daher gleichmäßig und schlackenfrei.

[1]) Dieses Verfahren wird wegen seiner Unwirtschaftlichkeit in Deutschland nicht mehr angewendet, es ist nur der Vollständigkeit halber mit aufgeführt worden.

Alle im elektrischen Ofen erzeugten Flußstähle nennt man **Elektrostahl.** 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.** Man unterscheidet nach der **Zusammensetzung:**

Unlegierte Stähle, sogenannte Kohlenstoffstähle, die einen Kohlenstoffgehalt von 0,04 bis 1,7% haben. Bei mehr als 1,7% Kohlenstoffgehalt ist man schon wieder im Gebiet des Roheisens. Je geringer der Kohlenstoffgehalt ist, desto dehnbarer und weicher ist der Stahl.

Legierte Stähle sind durch gewünschte Beimengungen, im Gegensatz zu den unerwünschten, in ihren Eigenschaften verbesserte Ursprungsstähle. Man unterscheidet zwischen niedriglegierten Stählen (2 bis 5% Legierungszusätze) und hochlegierten Stählen (5 bis 30% Legierungszusätze). Als Beimengungen (Legierungszusätze) werden Mangan, Nickel, Chrom, Wolfram, Molybdän, Vanadium, Kobalt, Kupfer u. a. m. verwendet. Den Einfluß der Legierungsbestandteile gibt die folgende Zusammenstellung an:

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

fernmeldelehrling.de

2. Stahlherstellung

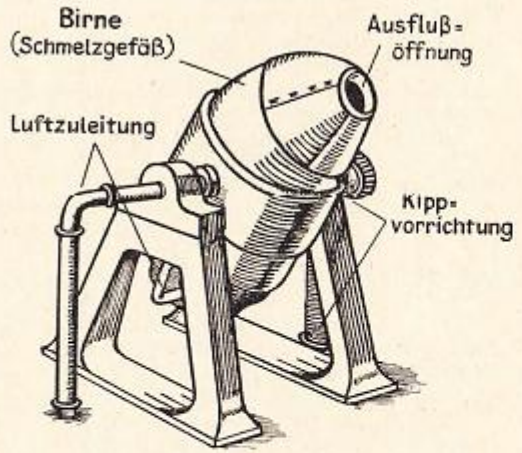
Die Umwandlung von Roheisen in Stahl bezeichnet man als „Frischen". Das früher gebräuchliche **Herdfrischen** geschah in offenen Gebläseherden mit Holzkohle als Brennstoff. Das Roheisen wurde geschmolzen und durch den Sauerstoff der Gebläseluft entkohlt. Die entstandene Schlacke wurde aus dem teigigen Produkt herausgepreßt, und der Schweißstahl war gewonnen.

Ein verbessertes Verfahren für die Schweißstahlgewinnung war das **Puddelverfahren.** Das Puddeln geschieht in einem Flammofen. Durch kräftiges Umrühren mit der Puddelkrücke kommt das geschmolzene Roheisen mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung, der mit den Feuergasen eindringt und den Kohlenstoff des Roheisens verbrennt. Durch die Verringerung des Kohlenstoffgehalts entsteht aus dem Roheisen Stahl. Dieses Verfahren war sehr unwirtschaftlich und ist durch neuere Entwicklungen völlig verdrängt worden.

a) Bessemer- und Thomas-Verfahren

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

Bessemerbirne



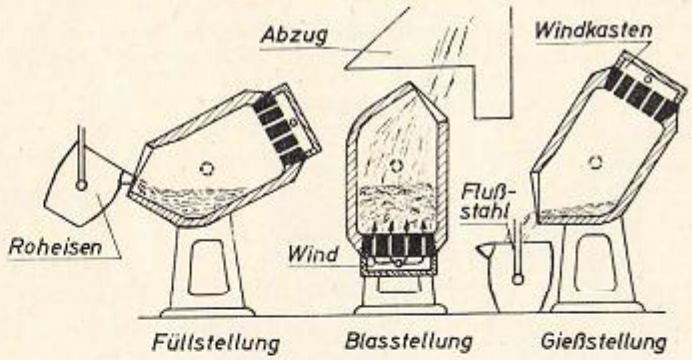
(Abb. 2)

wurde durch den **Engländer Thomas** beseitigt, der die beim Bessemer-Verfahren angewandte **saure** Ausmauerung (Quarz, Flußspat) der Birne durch eine **basische** (Kalk, Dolomit) ersetzte; dieses Verfahren ist allgemein als das **Thomas-Verfahren** bekannt. Nunmehr wurde auch die Verarbeitung von phosphorhaltigem Roheisen möglich. Bei den beiden Verfahren, die nachstehend im einzelnen beschrieben werden, ist die Arbeitsweise die gleiche.

Die Bessemer- bzw. Thomas-Birne, auch Konverter (Umwandler) genannt, ist ein birnenförmiger, aus Stahlblech gefertigter Behälter, der kieselsauer bzw. basisch ausgemauert ist (Abb. 2). Die Birne ist in zwei große Stehlager eingebaut und kann durch eine hydraulisch bewegte Zahnstange und ein Zahnrad in die verschiedenen Stellungen gekippt werden. Durch einen hohlen Lagerzapfen führt eine Kaltwindleitung zum Windkasten, der am Boden der Birne angebracht ist. Der Kaltwind (Sauerstoff) wird unter Druck durch die Bodendüsen des Konverters in das Schmelzgut gepreßt.

Die Umwandlung des Roheisens in Flußstahl wird bei diesem Verfahren als „Windfrischen" bezeichnet, das in 4 Arbeitsgänge unterteilt wird. Zunächst wird die Birne in Füllstellung gebracht und das flüssige Roheisen (20 t) mit Kalkzusatz bis zur Unterkante des Windkastens eingegossen (Abb. 3).

Konverterstellungen



(Abb. 3)

Nach der Füllung wird der Konverter in die Blasstellung gebracht, nachdem zuvor ein Gebläse in Tätigkeit gesetzt worden ist (Winderzeugung). Der durch das Schmelzgut strömende sauerstoffhaltige Wind verbrennt den Kohlenstoff und die unerwünschten Beimengungen. Der Kalk verbindet sich mit dem im Roheisen vorhandenen Phosphor zu Schlacke. Die Verbrennung dauert ungefähr 20 Minuten; die Temperatur wird hierbei nach und nach bis auf etwa 1600 °C gesteigert; der Stahl bleibt flüssig. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis der Schmelzer an dem Aussehen, der aus der Birne schlagenden Flamme erkennt (mit

fernmeldelehrling.de

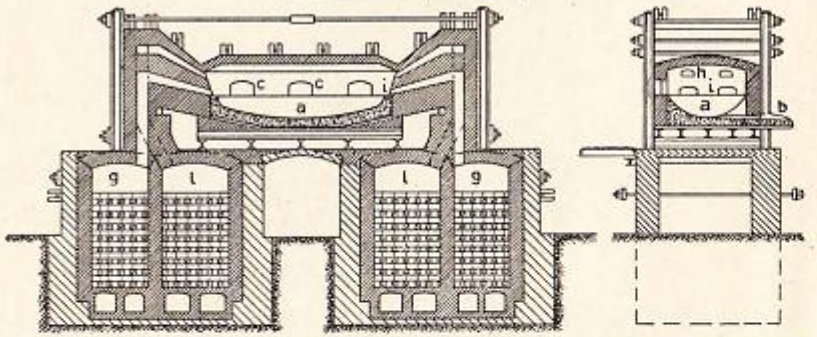
Hilfe eines Spektroskopes[1]), ob der gewünschte Grad an Kohlenstoff erreicht worden ist. Anfänglich strömt hierbei aus dem Hals der Birne eine kurze, wenig leuchtende Flamme, die schließlich eine Länge von mehreren Metern erreicht und blendend weiß wird. Im richtigen Augenblick wird dann das Gebläse abgestellt. Beim Thomas-Verfahren erfolgt durch weiteres Beimischen von Kalk eine fast vollständige Entziehung des Phosphors, was beim Bessemerverfahren ja nicht notwendig ist, weil dort nur phosphorfreies Roheisen verwendet wird.

In der Gießstellung wird das Schmelzgut in die bereitstehenden Gießwagen gefüllt und die auf dem Stahl schwimmende Schlacke abgeschöpft. Diese Schlacke wird zu Thomasmehl zermahlen und ist ein bekanntes hochwertiges Düngemittel. Der Flußstahl wird in Blöcke gegossen und durch weitere Verarbeitung (Walzen) in die handelsüblichen Formen gebracht.

b) Siemens-Martin-Verfahren

Das Siemens-Martin-Verfahren ist ein „Herdfrischen". Die Gebrüder Martin bauten den Flammofen und benutzten die von Siemens erfundene Gasfeuerung (Regenerativfeuerung). Bei dieser Feuerung wird das von den Gaserzeugern (Generatoren) aus festen Brennstoffen gewonnene Gas in Wärmespeichern erhitzt, mit Heißluft vermischt und verbrannt. Dabei entstehen Temperaturen bis zu 2000 °C. So ist es möglich, auch Alteisen (Schrott) zu Flußstahl zu verarbeiten. Der Siemens-Martin-Ofen (Abb. 4) ist ein geschlossener Flammofen. Unter seinem Herd befinden sich

Siemens-Martin-Ofen



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

(Abb. 4)

4 Wärmespeicher, von denen immer 2 der Gas- und 2 der Lufterhitzung dienen. Sie werden im Wechsel durch die Abgase des Ofens erhitzt und

[1]) Vorrichtung zum Untersuchen der Lichtfarben

durch die Abgabe der Wärme an das zum Schmelzvorgang notwendige Gasluftgemisch abgekühlt.

Die Siemens-Martin-Öfen sind sauer oder basisch ausgemauert. Beim Siemens-Martin-Verfahren unterscheidet man nach Roheisen-Erzverfahren und nach Roheisen-Schrottverfahren.

Bei dem **Roheisen-Erzverfahren** wird festes oder flüssiges Roheisen unter Zugabe von Erz zu Stahl umgewandelt. Die Entkohlung erfolgt mit Hilfe des Sauerstoffes, der in den Feuergasen, in den Zuschlägen und im Erz enthalten ist. Die Reduktion und die Rückkohlung ist die gleiche wie beim Bessemer-Thomas-Verfahren, sie dauert aber etwa 4 bis 6 Stunden.

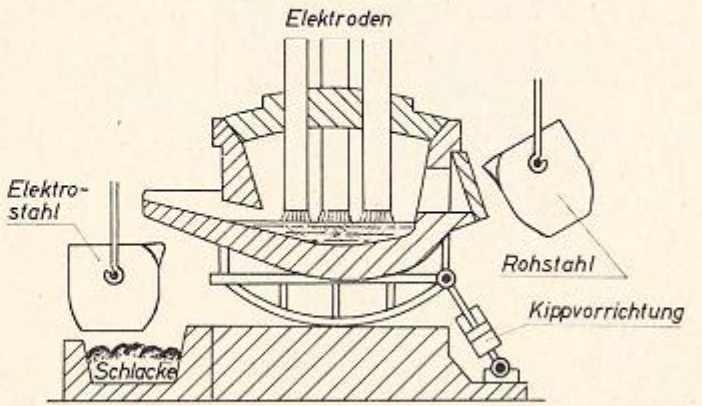
Das **Roheisen-Schrottverfahren** ist das wirtschaftlichste Verfahren in der Stahlerzeugung. Aus Schrott wird hierbei unter der Zugabe von Roheisen Stahl gewonnen. Zur Einschmelze gelangen sogenannte Schrottpakete (zusammengepreßtes Alteisen, Späne usw.) und große Stahlabfälle.

Im Siemens-Martin-Ofen läßt sich entsprechend der Ausmauerung Stahl von jeder Zusammensetzung verarbeiten. Er ist dem Birnenstahl überlegen, aber auch teurer. Der Ofen faßt ungefähr 80 Tonnen Schmelzgut.

c) Gewinnung von Edelstählen

Unter Edelstählen versteht man besonders reine Stähle, die einen sehr geringen Phosphor- und Schwefelgehalt aufweisen und nur sehr wenige sonstige Verunreinigungen enthalten. Sie können unlegiert, niedrig- oder hochlegiert sein und werden durch Umschmelzen von Thomas- oder

Lichtbogen-Ofen



(Abb. 5)

fernmeldelehrling.de

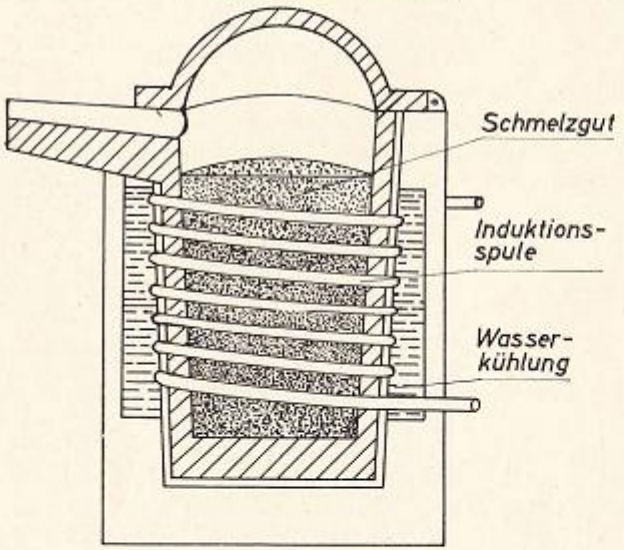
Siemens-Martin-Stahl im Elektroofen gewonnen. Die Edelstähle werden einem besonders sorgfältigen Schmelzvorgang unterzogen; sie sind deshalb teurer als normale Stähle.

Als Elektroöfen werden entweder Lichtbogenöfen oder Induktions-Tiegelöfen verwendet. Der **Lichtbogenofen** (Abb. 5) hat 2 oder 3 Kohleelektroden.

Das Schmelzgut wird 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 Schmelzgutes.

Bei dem **Induktions-Tiegelofen** (Abb. 6) fließt Wechselstrom (Hochfrequenz, Mittelfrequenz oder auch Netzfrequenz) durch eine um das Schmelzgefäß geführte wassergekühlte Kupferspule. Die im Schmelzgut erzeugte Induktionswärme bringt dieses sehr schnell zum Schmelzen. Der Induktions-Tiegelofen ist ein Umschmelzofen; er eignet sich besonders zur Herstellung hochlegierter Stähle.

Induktions-Tiegelofen



(Abb. 6)

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. Elektroöfen haben ein Fassungsvermögen von etwa 20 bis 25 Tonnen Schmelzgut. Der Stromverbrauch beträgt bei flüssigem Einsatz etwa 250 kWh, bei kaltem Einsatz ungefähr das Dreifache. Das Verfahren dauert rund 3 Stunden.

VI. Normung, Verwendung und Handelsformen

1. Normung

Da die einzelnen Eisen- und Stahlsorten hinsichtlich ihrer Zug- und Druckfestigkeit, ihrer Härtbarkeit usw. durchaus unterschiedliche Eigenschaften besitzen, ist ihre Verwendungsmöglichkeit verschieden. Um in die Vielfalt der Eisen- und Stahlsorten eine gewisse Ordnung zu bringen, hat der Normenausschuß der Deutschen Industrie in den Werkstoffnormen neue Begriffsbestimmungen festgelegt und den früheren verschiedenen Benennungen der Eisenwerkstoffe ein Ende bereitet. Die Güte und Beschaffenheit des Werkstoffes ist in den DIN-Blättern (**D**eutsche **I**ndustrie **N**ormen) als Handels- oder Markenbezeichnung festgelegt worden; die Normblätter für Eisen und Stahl haben die Nummern 1600 bis 1699.

Da es nicht leicht ist, zwischen den „schmiedbaren Eisen" und dem „Stahl" eine eindeutige Grenze zu ziehen, hat der Normenausschuß alles ohne Nachbehandlung schmiedbare Eisen als **„Stahl"** bezeichnet. Für die Kennzeichnung des Materials bedient man sich der Kurzzeichen, wie Ge für Gußeisen, Te für Temperguß, St für Flußstahl und Stg für Stahlguß. Da bei der Markenbezeichnung ferner gleichzeitig auch die Mindestzugfestigkeit angegeben ist, ergeben sich Bezeichnungen wie St 34.13 oder Stg 50.81. Unter **„St 50.81"** würde man also zu verstehen haben: Werkstoff Stahlguß; das Material hat eine Mindestzugfestigkeit von **50** kg/mm²; weitere Eigenschaften sind im Normblatt DIN **1681** zu finden.

Die Zusammensetzung des Materials bestimmt nicht nur die Güte, sie beeinflußt auch weitgehend das Gewicht. Das spezifische Gewicht (Einheitsgewicht) der verschiedenen Eisen- und Stahlsorten liegt zwischen 7,1 und 7,85 g/ccm.

2. Verwendung von Eisen und Stahl

Allgemein unterscheidet man nach Baustählen und Werkzeugstählen. **Baustähle** werden nicht für allgemeine Bauzwecke, sondern auch zum Aufbau von Maschinen, Vorrichtungen, Fahrzeugen usw. verwendet. Die **Werkzeugstähle** dienen demgegenüber als Werkzeuge zur Formgebung, Trennung und Zerkleinerung der verschiedensten Stoffe und natürlich auch als Allgemeinwerkzeuge, wie Hämmer, Meißel, Sägen, Schraubenzieher usw.

fernmeldelehrling.de

Die verschiedenen Eisen- und Stahlsorten finden in der Fernmeldetechnik eine vielseitige Verwendung. Eisen- und Stahlbleche sowie Profileisen, Stahldrähte, Bandstähle, Gußteile und Werkzeuge sind Erzeugnisse aus Eisen und Stahl. Werkzeuge bestehen z. B. aus Flußstahl (Schraubenschlüssel, Schraubenzieher, Zangen, Blech- und Baumscheren). 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 hauptächlich gewöhnliche Flußstahlerzeugnisse verwendet: Mastfüße aus Doppel-T-Eisen, Querträger aus U-Eisen, Stützen in verschiedenen Ausführungen, Ankerschellen, Bolzen, Ziehbänder und Vorlegeplatten, Spannschlösser u. a. m.

3. Handelsformen

Die Werkstoffe, die zur Herstellung von Stahlkonstruktionen, Maschinen, Fahrzeugen, Motoren usw. verwendet werden, kommen in bestimmten Formen, wie Stabstähle, Bleche, Rohre u. a. m., in den Handel. Diese werden in den Hütten- und Stahlwerken durch Gießen, Schmieden, Walzen usw. hergestellt. Die Form, in der sie in den Handel gebracht werden, bezeichnet man als Handelsform. Wir unterscheiden dabei zwischen Halbzeugen und Fertigerzeugnissen.

Halbzeuge sind: Stahlblöcke von 100 bis 10000 kg, Brammen (flache Blöcke), Knüppel (Stangenform von 15 bis 100 mm ⌀) und Platinen (große Platten).

Die wichtigsten **Fertigerzeugnisse** sind die **Stabstähle** und die **Formstähle** (Abb. 7).

Stab- und Formstähle

(Abb. 7)

Zu den Fertigerzeugnissen rechnen weiter:

Drähte: gewalzt und gezogen.

Bleche: Schwarz-, Riffel-, Wellbleche, dekapierte (entzunderte), gelochte, verzinkte und verzinnte Bleche (Weißbleche). In der

Stärke der Bleche unterscheidet man: bis 3 mm = fein; 3 bis 4,75 mm = mittel, 5,0 mm und darüber = grob.

Rohre: stumpfgeschweißte, überlapptgeschweißte und nahtlose Rohre.

Kleinzeug: Nieten, Schrauben, Nägel, Ketten usw.

Eisenbahnbaumaterial: Schienen, Schwellen, Laschen usw.

VII. Übungsaufgaben

1. Nenne die wichtigsten Eisenerze! **2.** Was versteht man unter Aufbereitung der Eisenerze? **3.** Fertige eine Handskizze von einem Hochofen an und erkläre kurz den Schmelzvorgang! **4.** Wie beeinflußt der Kohlenstoffgehalt die Eigenschaften des Stahls? **5.** Wodurch unterscheidet sich Grauguß von Temperguß? **6.** Wodurch unterscheidet sich das Thomas-Verfahren vom Siemens-Martin-Verfahren? **7.** Mit Hilfe welcher Verfahren werden Edelstähle gewonnen? **8.** Erläutere die DIN-Bezeichnung St 34.13! **9.** Wodurch unterscheiden sich Baustähle von Werkzeugstählen? **10.** Nenne einige Handelsformen für Stähle!

fernmeldelehrling.de

B. Nichteisenmetalle

Die Anforderungen, die von der heutigen Technik an die Werkstoffe gestellt werden, können nicht von Eisen und Stahl allein erfüllt werden. Es werden auch Nichteisenmetalle und ihre Legierungen verwendet.

I. Kupfer

Kupfer und Kupferlegierungen wurden schon in vorgeschichtlicher Zeit verarbeitet. Man hatte schon frühzeitig den Wert des Kupfers erkannt und fertigte Gebrauchsgegenstände und Waffen aus **Bronze,** einer Legierung, deren wesentlichste Bestandteile Kupfer und Zinn sind.

Kupfer hat ein spezifisches Gewicht von 8,9 kg/dm³ und einen Schmelzpunkt von 1070 bis 1093 °C (je reiner das Kupfer, um so höher der Schmelzpunkt). Wie das Eisen wird auch Kupfer in der Erde gefunden. Es kommt sogar noch in gediegenem Zustand vor, und zwar in beträchtlichen Mengen in Nordamerika (Montana und Arizona), in Neu-Mexiko, Chile und Südaustralien. Dort findet man Stücke bis zu 1000 t Gewicht. Derartige Funde sind jedoch eine Seltenheit, und man verarbeitet deshalb die in größerem Umfang auftretenden Kupfererze.

1. Kupfererze

Die wichtigsten Kupfererze sind:

Kupferkies mit einem Kupfergehalt von etwa 35%. Fundorte sind Schweden, Norwegen, Spanien, Rußland, Nord- und Südamerika und in Deutschland der Mansfelder Gebirgskreis und das Siegerland.

Kupferglanz mit etwa 80% Kupfergehalt. Fundorte sind Rußland, England, Nordamerika, Afrika (Kongo) und in Deutschland bei Mansfeld und im Siegerland.

Malachit mit etwa 57% Kupfergehalt. Fundorte sind Australien, Nord- und Südamerika, Rußland und in Deutschland der Harz und das Siegerland.

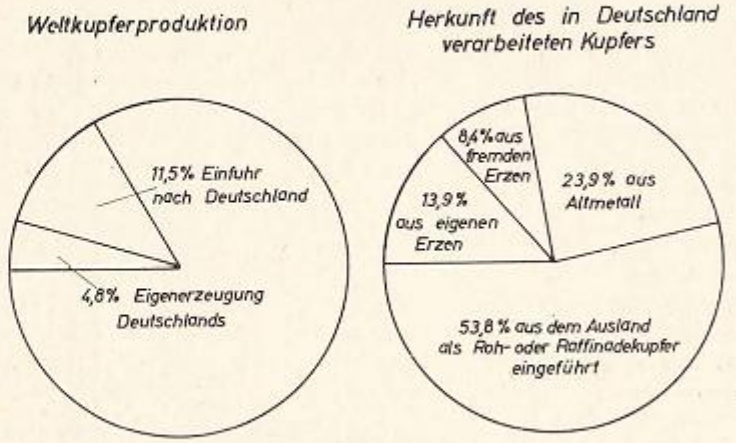
Kupferschiefer mit 2 bis 3% Kupfergehalt wird in der Mansfelder Mulde bei Eisleben gefunden.

In Deutschland werden Kupfererze besonders bei Goslar und bei Mansfeld abgebaut. Hier ist der schwarze Kupferschiefer ein etwa ½ m mächtiges Flöz. Der Erzgehalt des Kupferschiefers ist sehr gering. Der Abbau kann jedoch dadurch wirtschaftlicher gehalten werden, daß neben dem Kupfer auch noch Schwefel, Eisen, Zinn, Antimon, Blei, Nickel, Silber und Gold als Beimengungen in dem Erz enthalten sind. Hiervon werden die beiden letztgenannten wegen ihres hohen Wertes stets nebenher gewonnen, auch wenn sie nur in ganz geringen Mengen auftreten.

Deutschlands eigene Kupfererzvorkommen reichen für den Eigenverbrauch bei weitem nicht aus (Abb. 8).

Es müssen deshalb große Mengen Kupfer aus dem Ausland eingeführt werden. Die Hauptlieferanten sind Nord- und Südamerika, Spanien und Südafrika.

Kupferverbrauch



(Abb. 8)

2. Kupfergewinnung

Die Verarbeitung der Kupfererze zu Kupfer geschieht über den Umweg mehrerer Zwischenprodukte. Durch die Verarbeitung meist sehr armer Erze würden die Verluste zu groß sein, wenn man gleich auf Kupfer verschmelzen wollte. Man führt die Erze deshalb zunächst in ein kupferreiches Zwischenprodukt, den Stein, über. Dieser wird dann weiterverarbeitet.

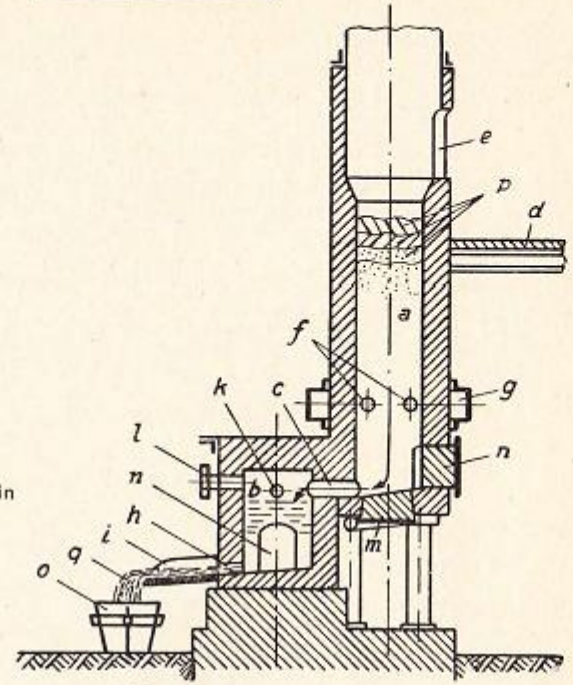
Bei dem **trockenen Verfahren,** das in der Hauptsache angewendet wird, werden die Erze zunächst geröstet, d. h. sie werden in einem Röstofen erhitzt. Dabei entweicht bei etwa 114 °C Schwefel. Die Schwefeldämpfe werden aufgefangen und dienen zur Herstellung von Schwefelsäure. Das nachfolgende Schmelzen in Schacht- oder Flammöfen (Abb. 9) beseitigt die dem Erz noch anhaftenden Beimengungen. Das Produkt dieses ersten Schmelzvorganges ist Rohkupfer oder Rohstein, der aber immer noch stark schwefelhaltig ist. Erst mehrfaches Rösten und Schmelzen ergibt schließlich Hütten- oder Schwarzkupfer mit einem Kupfergehalt von 99,0 bis 99,8%.

Der Rohstein kann auch durch ein **nasses Verfahren** gewonnen werden. Dabei werden die Erze in Schwefel- oder Salzsäure ausgelaugt. Reines Kupfer wird aus dem Schwarzkupfer durch Raffinieren (Reinigen) oder auf elektrolytischem Wege gewonnen. Abb. 10 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

fernmeldelehrling.de

Gießerei Schachtofen

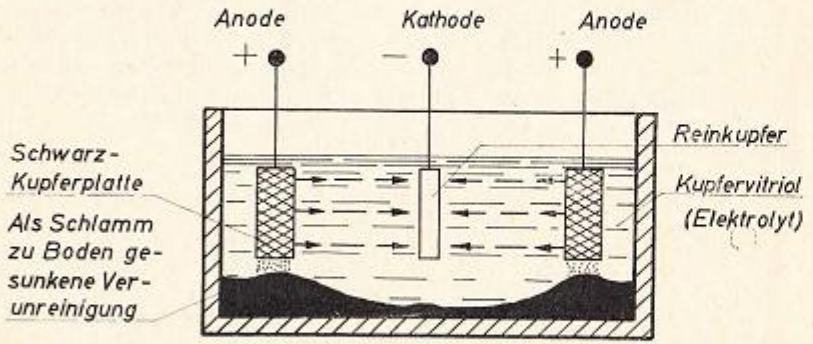
a Schacht
b Vorherd
c Verbindungskanal
d Gichtbühne
e Beschicktür
f Winddüsen
g Windmantel
h Abstichloch
i Abflußrinne
k Schlackenabfluß
l Schauloch
m Bodenklappe
n Einsteigeöffnungen
o Gießpfanne
p Koks, Kupfer, Kalkstein
q flüssiges Kupfer



(Abb. 9)

Elektrolyse

Gleichstrom 0,1 ··· 0,3 Volt, 100 Amp/m²



(Abb. 10)

Kupfer aufgehängt. Den Pluspol einer Gleichstromquelle legt man an die Schwarzkupferplatten (Anode), während der Minuspol an dem Kupferblech befestigt wird (Kathode). Der elektrische Strom löst nun das Schwarzkupfer auf und scheidet es als chemisch reines Kupfer **(Elektrolytkupfer** 99,98%) auf dem Kupferblech ab, während die Verunreinigungen (Beimengungen) als Anodenschlamm zu Boden sinken. Dieser Schlamm 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.

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.

3. Kupferlegierungen

Kupfer nimmt in geschmolzenem Zustand Luft auf und gibt sie beim Erkalten wieder ab. Deswegen 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.

Es werden hauptsächlich folgende Legierungen unterschieden:

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.

Bronze ist eine Legierung, die außer 60 bis 98% Kupfer einen oder mehrere Legierungszusätze enthält. Man unterscheidet hier nach Guß-Zinnbronze mit 87 bis 89% Kupfer und 11 bis 13% Zinn, Walzbronze mit 93 bis 95% Kupfer und 5 bis 7% Zinn, Aluminiumbronze mit 90 bis 92% Kupfer und 8 bis 10% Aluminium und Guß-Zinn-Bleibronze mit 74 bis 81% Kupfer, 6 bis 8% Zinn und 13 bis 18% Blei.

Leitungsbronze ist eine Legierung, die überwiegend aus reinem Kupfer besteht. Das Leitungsmaterial in der Fernmeldetechnik soll eine hohe Festigkeit haben, wobei aber die Leitfähigkeit nicht zu gering und der

fernmeldelehrling.de

Leitungswiderstand nicht zu hoch sein soll. Deshalb wird Leitungsbronze hergestellt aus 97 bis 99,9% Kupfer und nur geringen Anteilen an Zinn, Magnesium[1]), Silizium[2]) oder Kadmium[3]). Zwei Beispiele sollen die verschiedenen Eigenschaften zweier voneinander abweichender Legierungsarten aufzeigen:

a) Leitungsbronze, 1,5 mm Durchmesser, besteht aus 99,2% Kupfer und 0,8% Magnesium. Die Zugfestigkeit beträgt 60 kg/mm², der spezifische Widerstand hat einen Wert von 0,028 Ohm.

b) Leitungsbronze, 2 mm Durchmesser, besteht aus 97,6% Kupfer und 2,4% Zinn. Die Zugfestigkeit beträgt 70 kg/mm², der spezifische Widerstand hat einen Wert von 0,053 Ohm.

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.

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 kaltverformen. Steigender Nickelgehalt erhöht die Korrosionsbeständigkeit. Neusilber wird für die Herstellung von Reißzeugen, Eßbestecken, für feinmechanische Geräte, Uhren, u.a.m. verwendet.

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 (man spricht von der 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.

4. Verwendung des Kupfers und seiner Legierungen

Kupfer wird in der Industrie zur Herstellung von Feuerbüchsen, Heiz- und Kühlschlangen, Dachbedeckungen, Kunstgegenständen, Lötkolben

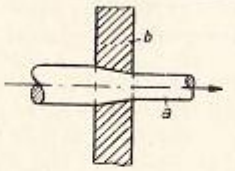
1. Magnesium ist ein silberweißes Leichtmetall.
2. Silizium ist ein Grundstoff, der in der Natur nicht frei vorkommt, aber als Si-Verbindung wie Quarzsand, Glimmer, Ton usw. weit verbreitet ist. Silizium ist entweder ein dunkelbraunes Pulver oder bildet dunkle, metallisch glänzende Blättchen.
3. Kadmium ist ein Metall.

und elektrischen Leitungen verwendet. Trotz seiner geringen Festigkeit ist Kupfer sehr wetterbeständig. In feuchter Luft überzieht es sich mit einer dünnen Oxydschicht, der sogenannten **Patina.** Diese grünliche Schutzschicht hat den Vorteil, daß sie das Metall vor weiterer Oxydation bewahrt. Kupfer ist verhältnismäßig widerstandsfähig gegen Feuer (Schmelzpunkt bei 1080 °C), es läßt sich löten und schweißen, ist in kaltem und in warmem Zustand dehnbar und elastisch, es läßt sich pressen, ziehen und walzen. Das gleiche gilt auch für die Kupferlegierungen.

Die große Bedeutung des Kupfers für die Elektrotechnik im allgemeinen und für die Fernmeldetechnik im besonderen liegt darin, daß es neben Silber den **geringsten elektrischen 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 Schalthebel, Kabeladern, Litzen und Leitungsdraht, als Starkstromschienen in Stromversorgungsanlagen u.a.m. Das Kupfer hat eine hohe **Wärmeleitfähigkeit.** Es wird deshalb als Werkstoff für Lötkolbenspitzen verwendet.

An den Stellen, wo neben hoher Leitfähigkeit (geringer Leitungswiderstand) oder möglichst geringem elektrischem Energieverlust auch noch größtmögliche mechanische Haltbarkeit und Betriebssicherheit verlangt werden muß, finden wir vorzugsweise Kupferlegierungen vor. So finden wir in den Fernmeldebetrieben Wähler mit ihren Schaltarm- und Kontaktfedersätzen, Relais mit den verschiedenartigen Kontaktfedern, Sicherungsstreifen, Klemmen, Schrauben, kurz alle die vielen Bauelemente der Fernmeldetechnik. Über die Verwendung von Leitungsbronze ist bereits unter 3. gesprochen worden.

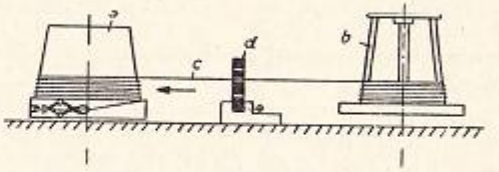
Ziehen von Draht



a Draht b Ziehmatrize (Zieheisen)

(Abb. 11)

Schema einer Leierbank



a Ziehtrommel (angetrieben) b Drahthaspel c Draht d Ziehmatrize (Zieheisen)

(Abb. 12)

fernmeldelehrling.de

Erwähnenswert ist noch die **Herstellung von Leitungsdrähten.** Je nach dem gewünschten Verwendungszweck nimmt man Kupfer oder Kupferlegierungen. So bestehen z.B. die einzelnen Adern der sogenannten Innenkabel (Systemkabel, Lack-Papier-Kabel) aus geglühtem, weichgezogenem Kupferdraht von 0,4 bis 1,0 mm Durchmesser. Freileitungsdrähte werden dagegen wegen der zu fordernden höheren Zugfestigkeit aus einer Kupferlegierung (der Leitungsbronze, siehe unter 3.) hergestellt. Die Drähte werden in kaltem Zustand mit einem **Zieheisen** geformt, d.h. sie werden hart gezogen (Abb. 11) und (Abb. 12).

II. Zinn

1. Zinnerze

Bereits vor 4000 Jahren war den Chinesen die Bronze und somit auch das Zinn bekannt. Das Zinn selbst wurde im Mittelalter zur Herstellung von Tellern, Krügen und anderen Hausgeräten bevorzugt. Dieses Zinngeschirr ist noch heute die Zierde mancher Haushalte und Museen. Man hat also schon frühzeitig erkannt, daß Zinn gegenüber Zink, Kupfer, Blei und anderen Metallen keine gesundheitsschädigenden Eigenschaften besitzt. Interessant ist jedoch eine recht merkwürdige Erscheinung, die man an Zinngeräten festgestellt hat. Obwohl Zinn beständig ist gegen feuchte Luft und verdünnte Säure, zerfällt es u.U. bei Temperaturen unter —18° C zu einem grauen Pulver. Diese Umwandlung geht allerdings sehr langsam vor sich, sie ist durch Berühren eines Zinnstückes mit einem anderen übertragbar und wird **Zinnpest** genannt. Heute sind an Stelle der Zinngeräte solche aus Ton, Porzellan, Glas, Nickel und Aluminium getreten. Deutschland hat nur noch geringe Zinnvorkommen und muß Zinn überwiegend aus dem Ausland als Blockzinn oder Zinnerz einführen.

In der Natur wird Zinn ausschließlich als Erz gefunden. Zinnerze, die zur Verarbeitung gelangen, sind:

Zinnstein oder **Kassiterit** mit einem Zinngehalt von rund 80%. Zinnstein ist das wichtigste Zinnerz, es wird im Bergbau (Bergzinn) gewonnen.

Zinnkies, auch **Seifenzinn, Waschzinn** oder **Zinnsand** genannt, hat nur einen Zinngehalt von 1 bis 2%. Unter Seifen (Kies) versteht man Ablagerungsstätten, die dadurch entstanden sind, daß Erz und Nebengestein von den Talhängen weggespült und auf dem Talboden abgelagert wurden (Geröll in Flußläufen). Das fließende Wasser hat die Gesteinstrümmer allmählich fortgespült und das schwerere Erz ist liegengeblieben. Diese Zinnerze wurden früher in Deutschland im Erzgebirge abgebaut. Die deutschen Zinnerzvorkommen sind heute bedeutungslos, wenn man in jüngster Zeit doch wieder vom Zinnerzabbau hört, so gilt das Interesse keineswegs dem Zinn oder den Beimengungen von Blei, Silber, Kobalt oder Nickel, sondern vielmehr dem Uran.

Nachdem das Zinn etwa 300 Jahre intensiv abgebaut worden ist, ist der Zinnreichtum in Europa nahezu erschöpft. Neben den geringen Zinnerzvorkommen im Südwesten Englands (Halbinsel Cornwall) sind die heutigen Zinnabbaugebiete in Südamerika, Australien und Hinterindien zu finden. Das bekannteste Zinn ist das **Bankazinn** aus Hinterindien.

2. Zinngewinnung

Bevor das Zinnerz zur Einschmelzung gelangt, wird es gereinigt. Die fremden Bestandteile, auch leichtere Gesteinsarten, werden durch Waschen beseitigt, der Reinigungsvorgang wird deshalb auch **nasse Aufbereitung** genannt. Anschließendes Rösten in Schacht- oder Flammöfen (siehe Abb. 9) und nachfolgendes Glühen in Kohle ergibt **Rohzinn** mit einem Zinngehalt von etwa 97%. Durch nochmaliges Rösten und Umschmelzen (Saigern) erhält man **Reinzinn,** das etwa 99,7% Zinn enthält. Zinn besitzt eine silberweiße Farbe. Der Schmelzpunkt liegt bei 232 °C, das spezifische Gewicht ist 7,3 kg/dm³. Dieses Metall ist sehr gut dehnbar, so daß es sich gut auswalzen läßt. Wird Zinn gebogen, so ist ein durch das Aneinanderreiben der Zinnkristalle verursachtes knisterndes Geräusch deutlich wahrnehmbar, man nennt es das **Zinngeschrei.**

3. Verwendung

Für technische Zwecke findet Zinn Verwendung als Schutzüberzug für andere Metalle. Weißblech z.B. ist Eisenblech, das im Tauchverfahren mit einem Zinnüberzug versehen wurde, um es gegen atmosphärische und besonders gegen chemische Beanspruchung zu schützen. Dünne Blättchen aus Zinn (Stanniol, Zinnfolie) werden zum Einpacken von Nahrungs- und Genußmitteln verwendet. Weiter werden aus Zinn Tuben für Pasten aller Art gefertigt. In früheren Jahren benutzte man noch Stanniol zur Herstellung von Kondensatoren, heute verwendet man dafür Aluminiumfolie.

In weitaus größerem Umfang findet das Zinn als Legierungsmetall Verwendung. Die bekannteste Metallverbindung ist die Bronze (siehe unter Kupfer). 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 Belastung genügt.

Die wichtigsten Zinnlegierungen sind die Lote. Sie enthalten 12 bis 90% Zinn, der Rest ist Blei, Antimon, Wismut oder Kadmium. 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% Kadmium. Dieses Metall wird zur Herstellung von **Rücklötsicherungen** verwendet.

Um Zinn zu sparen, sollen Zinnlegierungen mit hohen Zinngehalten nur dann verwendet werden, wenn sie nicht durch andere Werkstoffe ersetzt werden können.

fernmeldelehrling.de

III. Zink

1. Zinkerze

Im Gegensatz zum Zinn war Zink im Altertum unbekannt. Erst im 16. Jahrhundert wurde man auf dieses Metall aufmerksam, und zwar beim Einschmelzen zinkhaltiger Eisenerze. Während des Schmelzvorganges bildete sich an den kühleren Schmelzofensteinen eine steinige und zackige Kruste. An dieser erkannte man, daß in den Erzen ein bisher unbekanntes Metall enthalten war. Nach seinem Aussehen nannte man das Metall Zinken. Später ist dann aus jener Bezeichnung der heutige Name des Metalls entstanden.

Zink kommt in der Natur niemals in reinem Zustand vor. Es wird in Verbindung mit Schwefel oder Kohlensäure, sehr häufig auch in Gesellschaft des Eisens gefunden.

Die wichtigsten zur Verarbeitung gelangenden Zinkerze sind:

Zinkblende, eine Zink-Schwefel-Verbindung mit rund 67% Zinkgehalt.

Zinkspat, auch **Galmei** genannt, eine Mischung von Zink und Kohlensäure mit etwa 52% Zinkgehalt.

Kieselzinkerz, eine nicht sehr ergiebige Zink-Silizium-Sauerstoff-Verbindung.

In Deutschland findet sich Zinkblende im Rheinland, in Westfalen, in Schlesien, im Harz, im Erzgebirge, in Nassau und in Baden. Zinkspat wird im Rheinland, in Westfalen und Schlesien gefunden. Kieselzinkerze kommen in geringen Mengen im Rheinland und in Schlesien vor. Hauptfundstätten für Zinkerze sind die Alpenländer, das Sudetenland, Ungarn, Italien, Belgien, England, Frankreich, Spanien, Schweden, Griechenland, Algerien, Australien, Kongo und der Kaukasus.

Deutschland hat mit dem Verlust Oberschlesiens weit über die Hälfte seiner Zinkerzvorkommen eingebüßt. Während die deutschen Hüttenwerke in früheren Jahren ihren Zinkbedarf aus den eigenen Vorkommen decken konnten, müssen sie heute Zinkerze aus dem Ausland einführen. Diesem Zinkerzmangel versucht man durch rationelle Verarbeitungsmethoden, d.h. durch restlose Ausnutzung der heimischen Erze zu begegnen.

2. Zinkgewinnung

Die Zinkerze werden zunächst gereinigt. Anschließendes Rösten in Schacht- oder Flammöfen befreit die Erze von Schwefel und Kohlensäure. Das so gereinigte Röstgut wird nun zerkleinert, mit Kokskohle gemischt und zu Briketts gepreßt. In geschlossenen, feuerfesten Tonröhren **(Muffeln)** werden diese Briketts geglüht, dabei schmilzt das Zink bei einer Temperatur von etwa 420 °C. Bei einer weiteren Steigerung der Temperatur auf 907 °C verdampft das Zink und setzt sich an den kälteren Teilen des geschlossenen Schmelzofens **(Muffelofen)** als Zinkstaub ab oder sammelt sich als flüssiges Gut in den aus Blech bestehenden, sogenannten Vorlagen. Das durch diesen Destillationsvorgang gewonnene Rohzink hat einen Zinkgehalt von 97,5%. Durch Umschmelzen im Flammofen erhält man Raffinadezink mit etwa 99% Zinkgehalt. Durch nochmaliges Destillieren wird Feinzink mit 99,99% Zinkgehalt gewonnen.

Die Herstellung von Feinzink kann auch auf elektrolytischem Wege vorgenommen werden.

Reines Zink ist ein bläulichweiß glänzendes Metall. Es ist 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 Oxydschicht verhindert eine weitere Zerstörung des Metalls. Zink hat einen Schmelzpunkt von 419 °C, sein spezifisches Gewicht beträgt 7,1 kg/dm³.

3. Verwendung

In Form von Blechen dient Zink zu Bedachungen, zum Bekleiden von Gesimsen und Fensterleisten, zu Dachrinnen und Regenabfallrohren. Umfangreiche Verwendungsgebiete sind: Beleuchtungskörper, Reißverschlüsse, Schmuckwaren, Baubeschläge, Tuben, Fahrzeugindustrie, Büromaschinen, optische und feinmechanische Industrie (Zinkspritzguß), Gehäuse- und Geräteteile der Elektrotechnik u.a.m.

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

Zink hat ferner auch seine 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 an Stelle von Messing verwendet. Außerdem werden aus den **Zinkdruckgußlegierungen** Werkstücke mit großer Genauigkeit (± 0,02 mm) und hoher Oberflächengüte hergestellt.

IV. Blei

Dieses Metall war schon im Altertum bekannt, wurde aber wegen seiner Weichheit nur sehr wenig verwendet.

Blei kommt in der Natur nicht rein vor. Es werden die in größeren Mengen auftretenden Bleierze verarbeitet. Blei hat ein spezifisches Gewicht von 11,3 kg/dm³, sein Schmelzpunkt liegt bei 327° C.

1. Bleierze

Die Bleierze treten oft in engster Vereinigung mit den Zinkerzen auf. Die Hauptlagerstätten sind deshalb im wesentlichen die gleichen wie die der Zinkerze. Für die Bleigewinnung kommt neben dem weniger ergiebigen Weißbleierz (Bleikarbonat) in erster Linie Bleiglanz, eine Blei-Schwefel-Verbindung mit etwa 87% Bleigehalt, in Betracht.

In Deutschland stand an erster Stelle das Erzvorkommen in Oberschlesien, aber auch im Harz, in der Eifel, im Siegerland und im Erzgebirge werden Bleierze

fernmeldelehrling.de

abgebaut. Fundstätten im Ausland sind England, Spanien, Griechenland, Nordamerika und Australien.

2. Bleigewinnung

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 verwendet man zur 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.

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) erfolgt die Ausscheidung des Silbers entweder durch Elektrolyse oder in einem besonderen Schmelzherd (Treibherd).

3. Verwendung

Blei hat eine bläulichgraue Farbe. Die Schnittfläche ist stark glänzend, wird aber an der Luft schnell matt. Blei ist schwer und weich, man kann es mit dem Messer schneiden, ja sogar mit dem Fingernagel ritzen. An der Luft überzieht sich das Blei mit einer dünnen, grauen Oxydschicht, 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. Aus dem gleichen Grunde wird das Blei aber auch in der Fernmeldetechnik (und artverwandten Industrien) zur Herstellung von Kabelmänteln und Kabelmuffen verwendet. Die Säurebehälter im Akkumulatorenbau bestehen aus Blei. Die Sammlerplatten 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: Stangenlötzinn mit etwa 60% Blei und 40% Zinn, Röhrenlötzinn mit etwa 50% Blei und 50% Zinn (im Innern der Röhre ist Kolophonium als Bindemittel).

Blei dient weiterhin zur Herstellung von Bleimennige (Rostschutzfarbe), Bleiweiß, Bleiglätte und optischen Gläsern.

V. Aluminium

Die Anfänge der Aluminiumgewinnung gehen in die Zeit vor dem ersten Weltkrieg zurück. Dieses Metall wurde im Jahre 1915 von besonderer Wichtigkeit, als infolge der während des Krieges herrschenden Werkstoffnot die deutsche Technik vor die Frage der Werkstoffumstellung gestellt wurde. Die hergestellten Mengen waren damals gegenüber heute außerordentlich gering, die Preise dafür aber so um so höher.

1. Vorkommen

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 zusammensetzen aus 55 bis 65% Tonerde, 28% Eisenoxyd, 12 bis 30% Wasser und bis zu 4% Kieselsäure. Der wichtigste Bestandteil ist die **Tonerde,** die etwa 8% der Erdkruste ausmacht.

Hauptfundstätten der Bauxite sind Südfrankreich, Arkansas, Vorderindien, Istrien, Dalmatien, Rumänien, Italien, Spanien, Rußland und in Deutschland der Vogelsberg in Hessen. Grundstoffe, die zur Erlangung von Tonerde führen, sind das in Südgrönland natürlich gefundene und in Deutschland synthetisch hergestellte **Kryolith,** eine Natrium-Aluminium-Fluorid-Verbindung[1]), ferner das in Deutschland in großen Mengen vorkommende **Kaolin** und der Ton.

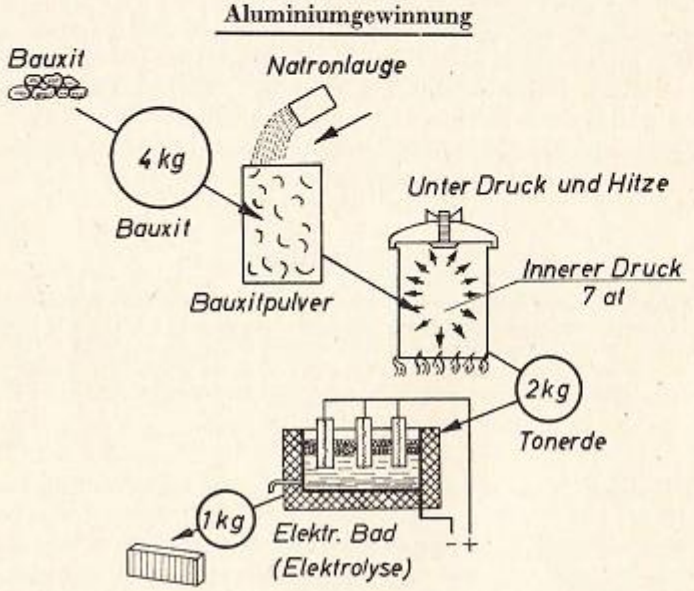
2. Aluminiumgewinnung

Dieser Vorgang teilt sich in 2 Abschnitte: die Gewinnung der Tonerde und die Reduktion der Tonerde zu Aluminium.

[1]) Natrium ist ein silberweißes Alkalimetall, Fluor ein gasförmiges Element, das nur in Verbindungen, besonders in Metallverbindungen (den Fluoriden) vorkommt.

fernmeldelehrling.de

Die Tonerde wird nach dem Bayer-Verfahren gewonnen (Abb. 13). Im Trockenofen wird dem Bauxit hierbei das anhaftende Wasser (das chemisch gebunden ist) entzogen. Nach der anschließenden Zerkleinerung erfolgt eine Pulverisierung in einer Kugelmühle. Der so vorbereitete



(Abb. 13)

Bauxit wird in einem Mischgefäß mit konzentrierter Natronlauge versetzt und in einem Druckgefäß bei einem Druck von 7 atü auf 150 bis 180 °C erhitzt. Dabei entsteht eine Natrium-Aluminatlauge, die unter Rühren in Tonerdehydrat und Natronlauge zerlegt wird; durch einen Filter werden beide voneinander getrennt. Die Natronlauge wird dem Betrieb wieder zugeführt. Der Tonerde wird in einem Drehofen das Wasser entzogen. Die Reduktion der Tonerde zu Aluminium, d.h. die Entziehung des Sauerstoffes aus dem Aluminiumoxyd (Tonerde), erfolgt auf elektrolytischem Wege. Das Zersetzen der geschmolzenen Tonerde durch den elektrischen Strom geschieht in einem Elektrolyseofen. Als Elektrolyt dient ein Gemisch von Natrium- und Aluminiumfluorid (s.o.), das der Tonerde beigemischt wird, wodurch der Schmelzpunkt auf 900 bis 950 °C sinkt. Das Gemisch schmilzt man in besonderen Trögen, die mit Kohle ausgekleidet sind. Die Kohle dient zugleich als Kathode (Minuspol). Als Anode (Pluspol) werden Kohleelektroden verwendet. Das abgeschiedene Aluminium sammelt sich auf dem Boden des Troges, während

der freiwerdende Sauerstoff an der Elektrode zu Kohlenoxyd und Kohlendioxyd umgewandelt wird.

Zur Herstellung von einer Tonne Aluminium benötigt man zwei Tonnen Tonerde, die aus vier Tonnen Bauxit gewonnen werden. Der Strombedarf beträgt hierfür bei 120 Arbeitsstunden 18000 kWh. Die Betriebsspannung im Ofen beträgt 5 bis 6 Volt bei einer Stromstärke von 30000 bis 50000 Ampere. Wegen des hohen Strombedarfs findet man Aluminiumhütten nur dort, wo billiger elektrischer Strom zur Verfügung steht, 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.

3. Verwendung

Der Schmelzpunkt des Aluminiums liegt bei 658 °C. Sein spezifisches Gewicht hat den Wert 2,7 kg/dm³, und darin liegt sein besonderer Vorzug. Hinzu kommen noch der niedrige Preis und die hohe Korrosionsbeständigkeit. Außerdem zeichnet es sich aus durch gute Leitfähigkeit für den elektrischen Strom, leichte und billige Formgebungsmöglichkeiten in der spanlosen und spanabhebenden Verarbeitung, die Fähigkeit zur Veredelung und Oberflächenhärtung (Legierungen). Alle die Vorzüge sichern dem Aluminium einen sehr großen Verwendungsbereich.

Aus der Vielzahl der Verwendungsgebiete sollen hier nur die wichtigsten herausgegriffen werden:

Aluminium und seine Legierungen lassen sich galvanisieren, in allen Tönen färben, schleifen, polieren. In Pulverform sind sie ein ausgezeichneter, wetterfester Anstrich.

In den **Luftfahrzeugbau** haben sie sehr schnell Eingang gefunden, dank ihres geringen Gewichtes bei verhältnismäßig hoher Widerstandsfähigkeit. Das gleiche gilt für den Fahrzeugbau überhaupt.

Im **Bauwesen** haben sich Leichtmetalldächer bewährt, desgleichen Fensterbleche, Abfallrohre, Regenrinnen, Verkleidungen von Außenfronten und Schaufenstern. In der Innenarchitektur werden Aluminiumwerkstoffe als Treppengeländer, Heizkörperverkleidungen, Kleiderablagen, Zierleisten, Beschläge und Beleuchtungskörper verwendet.

In der **Elektrotechnik** (auch Fernmeldetechnik) haben Aluminium und seine Legierungen ebenfalls große Bedeutung erlangt. So werden aus Leichtmetallen hergestellt: Freileitungen, Blitzableiter, Sammelschienen, Magnetspulen, Kondensatoren und Läuferwicklungen, Ventilatorflügel, Schalterkästen und Gehäuse aller Art.

Wenn Aluminium auch in der reinen Fernmeldetechnik nicht die Bedeutung hat wie Kupfer, Zinn, Blei u.a., so sollte hier doch etwas näher auf

fernmeldelehrling.de

Vorkommen, Gewinnung und Verwendung eingegangen werden, weil es uns heute auch in der Form von Legierungen (meist nur Leichtmetall genannt) auf Schritt und Tritt begegnet. Nicht ohne Grund sprach man noch bis vor kurzem vom Leichtmetallzeitalter (heute allerdings vom Begriff des Atomzeitalters abgelöst).

VI. Edelmetalle

Die wichtigsten Edelmetalle sind Silber, Gold und Platin. Geringere Bedeutung haben die zur Gruppe der Platine gehörenden Metalle: Iridium, Osmium, Palladium, Ruthenium und Rhodium.

1. Silber

Silber hat ein spezifisches Gewicht von 10,5 kg/dm³, sein Schmelzpunkt liegt bei 960 °C. Bleche aus Feinsilber werden in der galvanischen Industrie verwendet zum Versilbern von Gegenständen aus Metall (Schmuckstücke, Eßbestecke usw.). Drähte aus Feinsilber werden hauptsächlich in der Elektrotechnik für Sicherungspatronen verwendet, in Verbindung mit Silberplättchen werden sie als sogenannter Kenndraht benutzt.

Silber hat die **beste elektrische Leitfähigkeit** und **Wärmeleitfähigkeit.** In der Fernmeldetechnik findet Feinsilber Verwendung in der Form von Nieten, Schrauben und Kontakten. Silber ist außerdem ein nicht unwesentlicher Bestandteil der Silberlote (siehe unter B. I. 3.).

2. Gold

Gold hat ein spezifisches Gewicht von 19,3 kg/dm³, sein Schmelzpunkt liegt bei 1064 °C. Es ist säurebeständig und löst sich nur in Königswasser auf (Königswasser ist ein Gemisch aus 3 Teilen Salzsäure und 1 Teil Salpetersäure).

Reines Gold wird fast nur in der Zahnheilkunde verwendet. Der weitaus größte Teil des Goldes dient zur Herstellung von Legierungen (Schmuckgegenstände, Münzen, Kunstseidenspinndüsen u.a.m.). Ferner wird es zur Glasmalerei, Porzellanmalerei und zur Verzierung von Büchern (Goldschnitt) gebraucht. Bei Doublé wird eine Goldlegierung auf ein anderes Metall (meist Tombak) aufgewalzt.

3. Platin

Platin hat ein spezifisches Gewicht von 21,5 kg/dm³, sein Schmelzpunkt liegt bei 1765 °C. Platin ist das schwerste Metall. Es oxydiert auch bei Weißglut nicht, läßt sich aber in diesem Zustand schweißen. Platin ist grauweiß, stark glänzend und läßt sich gut verarbeiten. Wie Gold ist es säure- und laugenbeständig und löst sich ebenfalls nur in Königswasser auf.

Platin hat gute mechanische Eigenschaften. Es läßt sich gut walzen, ziehen und pressen (Folien bis zu 0,0025 mm und Drähte bis zu 0,015 mm). Wegen seiner Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Laugen wird Platin zu Schalen, Blechen und Draht für chemische Laboratorien verwendet. In der Elektrotechnik dient Platin zur Herstellung von Kontakten für hohe Stromstärken und von Thermoelementen (Temperaturmessung bis 1600 °C).

VII. Kadmium

Kadmium erhält man als Nebenprodukt bei der Zinkgewinnung; es hat ein spezifisches Gewicht von 8,6 kg/dm³, sein Schmelzpunkt liegt bei 320 °C.

Kadmium wird vielfach zur Herstellung von niedrigschmelzenden Legierungen verwendet (Woodsches Metall), die bei 55 bis 65 °C schmelzen. Es dient als Elektrodenwerkstoff für Normalelemente (Nickel-Kadmium-Akku). Galvanisch aufgetragene Kadmiumüberzüge auf Eisen, Stahl und Aluminium können sehr dünn sein und sind trotzdem haltbar (verkadmen). Die Überzüge sind mattglänzend, von gutem Aussehen und eignen sich für Schraublehren, Meßtrommeln an Werkzeugmaschinen usw.

VIII. Wismut

Wismut ist ein stark glänzendes, rötlichweißes Metall; es hat ein spezifisches Gewicht von 9,8 kg/dm³, sein Schmelzpunkt liegt bei 270 °C.

Wismut ist der Hauptbestandteil leichtschmelzender Legierungen (im Woodschen Metall sind 50% Wismut). Ferner wird es als Spiegelbelag bei Lampenreflektoren verwendet.

IX. Kobalt

Kobalt kommt in Erzen meist in Verbindung mit Arsen, Schwefel und Sauerstoff vor. Es ist rötlichweiß bis stahlgrau; sein spezifisches Gewicht hat einen Wert von 8,6 kg/dm³, der Schmelzpunkt liegt bei 1480 °C.

Kobalt wird zur Herstellung sehr guter Dauermagnete verwendet. Wegen seiner härtenden Wirkung wird es als Zusatz für Schnellstähle benutzt. Weiterhin dient es zur Verkobaltung (Rostschutz) von ärztlichen Geräten. Die Legierung mit Wolfram ist sehr hart, sie ritzt sogar Glas.

X. Nickel

Nickel hat ähnliche Eigenschaften wie Kobalt. Der Schmelzpunkt liegt bei 1455 °C, es hat ein spezifisches Gewicht von 8,9 kg/dm³.

fernmeldelehrling.de

Neben seiner Verwendung für galvanische Überzüge haben seine Legierungen die weitaus größere Bedeutung:

Nickel-Kupfer-Legierungen mit etwa 50% Nickel und 30% Kupfer besitzen besonders hohe Korrosionsbeständigkeit. In der Elektrotechnik haben sie unter dem Namen **Nickelin** ihre Bedeutung als Werkstoff für die Herstellung von Widerständen (spez. Widerstand 0,3 bis 0,5).

Chrom-Nickel-Legierungen mit 8 bis 30% Chrom und 70 bis 92% Nickel haben einen noch höheren spezifischen Widerstand als die vorgenannten, nämlich 1,0. Diese Legierungen werden bevorzugt als Widerstandswerkstoffe für elektrische Heizgeräte, aber auch als Baustoffe für Teile von Elektronenröhren, für Widerstände, Thermoelemente, Meßwandler u.a.m. verwendet.

Das gleiche gilt auch für die Chrom-Nickel-Eisen-Legierungen, wobei noch die Verwendung in der chemischen Industrie sowie in der Werkzeug- und Fahrzeugindustrie erwähnenswert ist.

XI. Wolfram

Wolfram hat den höchsten Schmelzpunkt aller Metalle, nämlich 3400 °C; sein spezifisches Gewicht beträgt 19 kg/dm³.

Wegen seines hohen Schmelzpunktes wird Wolfram als Werkstoff für die Glühfäden in elektrischen Lampen verwendet. Als Legierungszusatz dient es bei der Herstellung von Bau- und Werkzeugstählen. Es gibt den Stählen hohe Wärmebeständigkeit und damit gute Schneidhaltigkeit.

Wolfram ist auch ein guter Kontaktwerkstoff für elektrische Geräte, wie Schalter, Relais, Wechselrichter, für Zündunterbrecher u.a.m.

XII. Quecksilber

Quecksilber ist das einzige Metall, das bei Raumtemperatur flüssig ist; es hat ein spezifisches Gewicht von 13,5 kg/dm³, der Schmelzpunkt liegt bei —39,5 °C. Da der Verdampfungspunkt nur 357 °C beträgt, entwickeln sich leicht Dämpfe, die äußerst giftig sind. Quecksilber besitzt die Eigenschaft, fast alle Metalle, außer Eisen, Nickel, Wolfram und Molybdän, aufzulösen und mit ihnen **Amalgame** zu bilden[1]).

[1]) Amalgame sind Lösungen aus Metallen in Quecksilber, sie werden als Metallkitt und Zahnplomben gebraucht.

Wegen seiner großen Wärmeausdehnung wird Quecksilber für Thermometer verwendet. In der Elektrotechnik findet es als Kontaktflüssigkeit in den Qeucksilberschaltern, in den Quecksilberdampfgleichrichtern und in den Quecksilberdampflampen (Leuchtstoff-Lampen) Verwendung. Quecksilber spielt auch in der Medizin eine Rolle. Am bekanntesten ist die Verbindung mit Chlor als Sublimatlösung zur Desinfektion.

XIII. Übungsaufgaben

1 Nenne die für die Fernmeldetechnik wichtigsten Nichteisenmetalle! **2.** Nenne die wichtigsten Kupfererze! **3.** Schildere kurz die Kupfergewinnung! **4.** Nenne die wichtigsten Kupferlegierungen! **5.** Was ist Leitungsbronze? **6.** Welche Verwendungsmöglichkeiten gibt es für Kupfer in der Elektro- und Fernmeldetechnik? **7.** Schildere die Vorgänge bei der Zinngewinnung! **8.** Was versteht man unter „Woodsches Metall"? **9.** Nenne die Verwendungsmöglichkeiten für Zink! **10.** Beschreibe die Vorgänge bei der Bleigewinnung! **11.** Nenne die Ausgangsstoffe bei der Aluminiumgewinnung! **12.** Nenne einige Beispiele für die Verwendung von Aluminium! **13.** Nenne die wichtigsten Edelmetalle! **14.** Warum werden Kadmium und Wismut als Legierungsbestandteile im Woodschen Metall verwendet? **15.** Welche Legierungen werden als Widerstandswerkstoffe bevorzugt?

fernmeldelehrling.de

C. Werkstoffprüfung

Vor der Verarbeitung von Werkstoffen muß man sich darüber klar sein, ob sie den später an sie gestellten Ansprüchen auch gewachsen sein werden. Durch die Werkstoffprüfung werden deshalb bestimmte Eigenschaften der Werkstoffe, wie Festigkeit, Zähigkeit, Elastizität, Härte usw., sorgfältig geprüft.

I. In der Werkstatt

Die in der Werkstatt möglichen Prüfverfahren lassen ohne umfangreiche Vorbereitungen bestimmte Verarbeitungs- und Verwendungsformen für die verschiedenen Werkstoffe mit einiger Sicherheit erkennen. Man erhält durch diese „werkstattmäßigen" Versuche natürlich kein zahlenmäßiges Ergebnis wie bei der Werkstoffprüfung im Laboratorium. Bei diesen Werkstattversuchen werden lediglich Arbeitsvorgänge, wie Biegen, Strekken, Stauchen usw., an einem Versuchsstück aus **gleichem** Werkstoff in kaltem oder warmem Zustand nachgeahmt und danach die Werkstoffe beurteilt.

1. Aussehen der Oberfläche

Die vom Hüttenwerk gelieferten Werkstoffe sind meistens mit bestimmten Gütezeichen versehen. Fehlen diese Zeichen, dann kann das Aussehen der Oberfläche zum Erkennen der Werkstoffart dienen.

An ihrem Aussehen können folgende Werkstoffe deutlich erkannt werden:

Gewalzter Baustahl hat eine verzunderte Oberfläche, seine Form und die Maße sind ungenau.

Gewalzter Werkzeugstahl hat scharfe Kanten, seine Oberfläche ist schwarzgrau glänzend und wenig verzundert.

Gezogener Werkzeugstahl hat genaue Formen und Maße, seine Oberfläche ist blank und silberweiß glänzend.

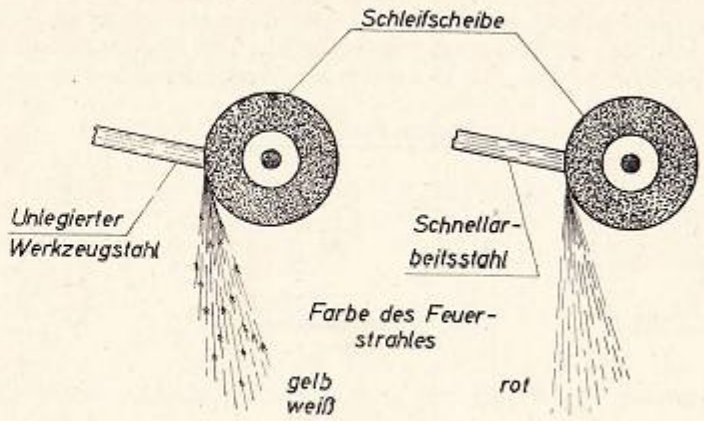
Grauguß hat eine schwarzgraue bis graublaue, rauhe und körnige Oberfläche.

2. Funkenprobe

Bei der Funkenprobe kann man aus der Form und der Farbe der Schleiffunken bis zu einem gewissen Grade auf die Zusammensetzung eines Stahles schließen (Abb. 14).

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 Stahles anzuschleifen. Die Funkenprobe beschränkt sich auf die Beurteilung von Eisen und Stahl.

Funkenprobe



(Abb. 14)

3. Sonstige Proben

Bei der **Bruchprobe** gibt die frische Bruchfläche wertvolle Hinweise über Art, Zusammensetzung und Vorbehandlung eines Werkstoffes. **Grauguß** hat einen grauen, grobkörnigen Bruch. Stahl im Anlieferungszustand hat geringe Festigkeit und Härte, wenn seine Bruchfläche grobes Korn zeigt, feines Korn weist auf hohe Festigkeit und Härte hin, stark vergrößertes Korn läßt auf eine Überhitzung des Stahls schließen.

Hin- und Herbiegeprobe ist ein Versuch, bei dem Bleche, Rund- und Flachprofile auf ihre Zähigkeit untersucht werden (Abb. 15). Die Anzahl der Biegungen bis zum Bruch läßt auf Festigkeit, Zähigkeit und Formveränderungsvermögen des Werkstoffes schließen.

Durch die **Biege- und Faltprobe** prüft man Flach-, Rund- und Vierkantstäbe sowie Blechstreifen auf ihre Verformbarkeit. Walzzunder und Rost müssen vor der Prüfung entfernt werden. Der bis zum Einreißen erreichte Biegewinkel gibt Aufschluß über die Zähigkeit des Probestückes. Manchmal wird auch ein vollständiges Falten verlangt (Abb. 15).

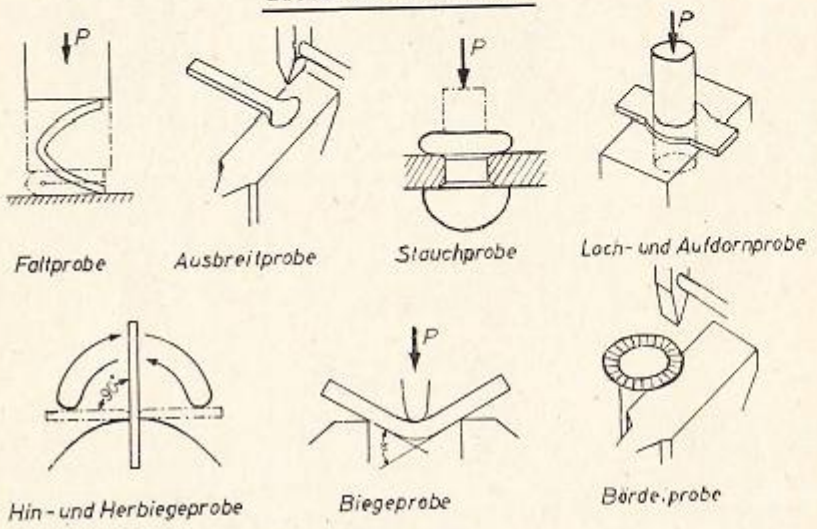
Bei der **Streck- und Ausbreitprobe** (Abb. 15) wird Flachstahl mit der Hammerfinne auf seine zwei- bis dreifache Breite ausgehämmert. Werkstoffe mit guter Verformbarkeit dürfen dabei nicht einreißen.

Die **Stauchprobe** gibt darüber Aufschluß, wie sich ein Nietstahl beim Anstauchen des Kopfes verhalten wird. Bei der Stauchung des zylindrischen Probekörpers auf ein Drittel seiner ursprünglichen Höhe dürfen keine Risse auftreten (Abb. 15).

fernmeldelehrling.de

Bei der **Bördelprobe** wird der Rand eines Rohrstückes mit dem Hammer um 60 oder 90° ausgebördelt (Abb. 15). 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.

Proben der Werkstücke



(Abb. 15)

Die **Loch- oder Aufdornprobe** ist ebenfalls in Abb. 15 dargestellt. Ein Stück Flachstahl wird gelocht und mit einem kegeligen Dorn (Steigung 1:10) auf den doppelten Durchmesser aufgeweitet. Die Dicke des Probestückes muß bei diesem Versuch ein Fünftel seiner Breite betragen; der Lochdurchmesser muß vor dem Aufdornen gleich 2mal Probestückdicke sein (Abb. 15).

Um die Schmiedbarkeit eines Werkstoffes festzustellen, bedient man sich der **Warmproben.** Dabei werden die Probestücke 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. Sie sollten deshalb besser im Laboratorium durchgeführt werden.

Mit einer guten, aber nicht zu neuen Schlichtfeile sollte man die **Feilprobe** machen. Dabei wird der ungefähre Härtegrad eines Werkstückes festgestellt, da die Feile um so weniger angreift, je härter der Stahl ist.

Ob ein Stahl gut oder schlecht ist, kann man durch die **Klangprobe** feststellen. An das freischwebende Probestück wird mit einem Hammer geschlagen. Bei hochwertigem Stahl ertönt ein reiner, langanhaltender Ton, schlechter Stahl gibt einen unreinen, kurzen Ton.

II. Werkstoffprüfung im Laboratorium

Die Beschreibung aller in einem Laboratorium möglichen Prüfverfahren würde den Rahmen dieses Bandes sprengen. Es sollen hier deshalb nur die wichtigsten Verfahren und auch diese nur im wesentlichen beschrieben werden.

1. Mechanische Prüfung

Man unterscheidet hier nach den **statischen** und den **dynamischen** Versuchen. Bei der statischen Untersuchung unterliegt das Werkstück einer ruhenden Belastung, bei der dynamischen Untersuchung ist es dagegen Belastungsschwankungen unterworfen.

a) Statische Untersuchungen

Der Werkstoff wird auf Zug, Druck, Biegung, Verdrehung oder Schub beansprucht.

Durch den **Zugversuch** werden Festigkeit, Dehnung und Elastizitätsgrenze ermittelt.

Der Versuch wird an einem Normalstab (Abb. 16) des zu prüfenden Metalls durchgeführt. Dieser Probestab wird in eine Zerreißmaschine eingespannt und so hoch belastet, bis er reißt. Meßeinrichtungen stellen die Belastung des Stabes und seine Dehnung fest. Moderne Prüfmaschinen zeichnen den Ablauf des Versuches im Spannungs-Dehnungs-Schaubild (Abb. 16) auf. Jedes Metall hat das ihm eigene Schaubild. Man kann deutlich die Absätze in der Kurve erkennen, die die Streckgrenze (S), die Bruchgrenze (B) und die Zerreißgrenze (Z) markieren.

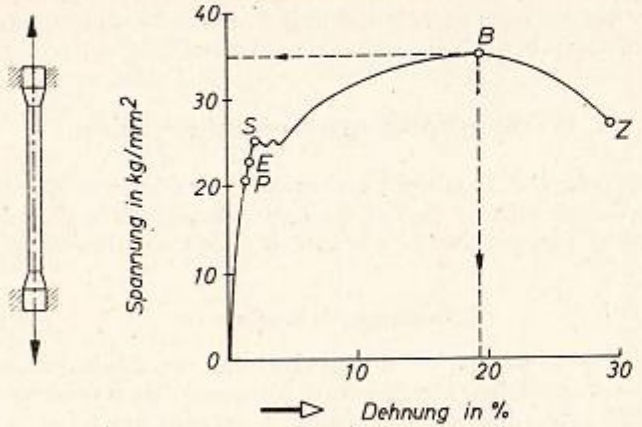
Die Tiefziehfähigkeit eines Werkstoffes in kaltem Zustand wird nach dem **Tiefungsversuch** festgestellt. In einem Prüfapparat wird an einer Blechprobe eine Vertiefung erzeugt. Bei Eintritt des Bruches wird die Tiefung in mm an einer Skala abgelesen. Die Tiefziehfähigkeit hängt mit der Zugfestigkeit, der Dehnung und der Fließgrenze eines Werkstoffes zusammen.

Der **Härteprüfung** liegt folgender Satz zugrunde: **Härte ist der Widerstand, den ein Körper dem Eindringen eines anderen Körpers entgegensetzt.**

Dieser Widerstand wird mit entsprechenden Einrichtungen gemessen, und dadurch die Härte des Werkstoffes bestimmt. Zur Prüfung von Stahl und

fernmeldelehrling.de

Stab und Schaubild



Spannungs-Dehnungs-Schaubild für weichen Stahl

(Abb. 16)

Nichteisenmetallen werden hauptsächlich drei Verfahren angewendet: **die Brinellprobe, die Rockwellprobe und die Vickersprobe** (Abb. 17).

Bei der **Brinellprobe** wird eine gehärtete Stahl- oder Hartmetallkugel in die glatte Oberfläche des Probestückes eingedrückt. Der Kugeldurchmesser D und der Prüfdruck P richten sich nach der Art und der Härte des zu prüfenden Werkstoffes. Mit modernen Geräten kann der Kugeleindruck auf $^1/_{100}$ mm genau gemessen werden.

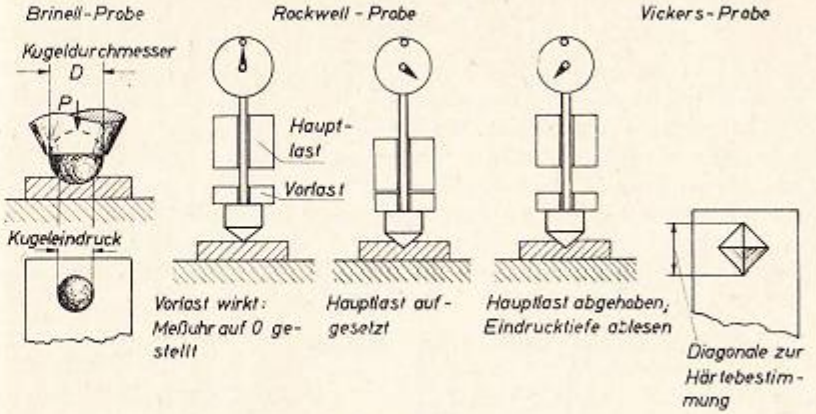
Die Brinell-Härtezahl (HB) wird gefunden, indem man die Prüflast P durch die Oberfläche des erzeugten Kugeleindrucks F teilt:

$$\text{HB} = \frac{P}{F} \text{ kg/mm}^2$$

Von der Brinellhärte kann auch auf die Zugfestigkeit des Werkstoffes geschlossen werden. Durch Versuche sind für jeden Werkstoff Verhältniszahlen gefunden worden, die man aus einer Tabelle (DIN-Normen) ablesen kann, z.B. hat Stahl nach DIN 50351 eine Zugfestigkeit von 0,35 HB, d.h. bei einer Brinellhärte HB = 300 kg/mm² hätte der Stahl eine Zugfestigkeit von 0,35 mal 300 = 105 kg/mm².

Bei der **Rockwellprobe** arbeitet man entweder mit einer Kugel oder mit einem Diamantkegel, wobei die Kugel für ungehärtete, der Kegel für gehärtete Werkstücke verwendet wird. Maßgebend für die Bestimmung des Härtegrades ist die Eindringtiefe der Kugel bzw. des Diamantkegels.

Härteprüfung



(Abb. 17)

Das Zifferblatt einer Meßuhr wird nach Aufbringen einer Vorlast mit seinem Nullpunkt auf den Zeiger eingestellt. Dann wird die Hauptlast stoßfrei aufgelegt. Nach Beruhigung des Tiefenmesserzeigers wird die Hauptlast wieder abgenommen und die Eindringtiefe, aus der die Härtezahl errechnet wird, an der Meßuhr abgelesen. Bei modernen Geräten kann die Rockwell-Härtezahl (HR) unmittelbar abgelesen werden.

Die **Vickersprobe** wird auf der gleichen Maschine wie die Brinellprobe durch das Eindrücken einer Diamantprobe in das Prüfstück durchgeführt. Der Eindruck wird vergrößert auf eine Mattscheibe projiziert, und mit feinsten Meßeinrichtungen werden die Diagonalen auf $^1/_{1000}$ mm genau ausgemessen. Die Vickers-Härtezahl (HV) wird wie bei der Brinellprobe aus der Beziehung Prüflast zu Eindringoberfläche errechnet.

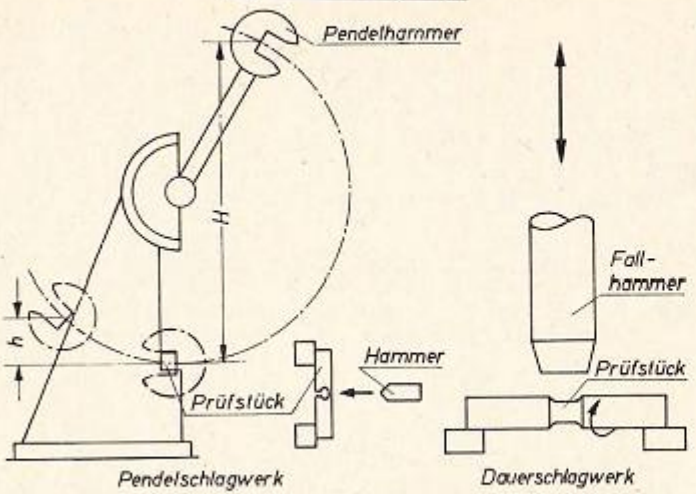
b) Dynamische Untersuchungen

Die wichtigsten Prüfungen sind die Schlag- und Dauerproben (Abb. 18). Beim **Kerbschlagversuch** wird ein eingekerbtes Werkstück in ein Pendelschlagwerk gelegt. Ein Hammer fällt aus der Höhe H, zerschlägt den Probestab und schwingt durch bis zur Höhe h. Das Verhältnis von h zu H (h : H) gibt die Kerbschlagzähigkeit des Werkstoffes an. Je größer h ist, um so geringer ist die Kerbschlagzähigkeit.

Bauteile, die einer dauernd wechselnden Belastung ausgesetzt sind (Wellen, Pleuel, Radschenkel) zeigen nach längerem Gebrauch Ermüdungserscheinungen, die zum **Ermüdungsbruch** führen können. Die an solchen Werkstücken auftretenden Lastwechsel werden im **Dauerversuch** nachgeahmt. Ein Werkstoff ist dauerfest, wenn er eine bestimmte Zahl von Lastwechseln aushält. Bei Stahl sind es bis zu 50 Lastwechsel in der Sekunde.

fernmeldelehrling.de

Dynamische Prüfung



(Abb. 18)

2. Metallographische Prüfung

Alle Metalle bestehen aus kleinen Kristallen, von deren Art, Form und Gefüge die Eigenschaften der Werkstoffe abhängig sind. Durch Verformungs- und Warmbehandlungsvorgänge wird das Gefüge verändert. Die richtige oder falsche Behandlung eines Werkstoffes kann an der Veränderung des Gefüges festgestellt werden.

Für die metallographische Untersuchung werden dem zu prüfenden Werkstoff durch Absägen, Ausschneiden usw. kleine Probestücke entnommen. Diese werden geschliffen, poliert und mit Säuren geätzt. Der Schliff wird unter dem Mikroskop betrachtet (es werden Mikroskope bis zu 3000facher Vergrößerung benutzt).

3. Chemische Prüfung

Die chemische Untersuchung eines Werkstoffes (Analyse) dient hauptsächlich zur Ermittlung der Zusammensetzung von Legierungsbestandteilen und zur Feststellung der Gattungszugehörigkeit von Metallen. Außerdem werden chemische Verfahren (maß- und gewichtsanalytische Messungen) zur Mengenbestimmung von Legierungselementen **aller** Stoffe angewendet.

4. Prüfung ohne Zerstörung

Bei den meisten Prüfverfahren wird das Probestück völlig zerstört, oder zumindest wird seine Oberfläche beschädigt. Die zerstörungsfreie Prüfung dient der Feststellung von Werkstoffehlern (Blasen, Risse usw.). Das

Werkstück bleibt dabei unbeschädigt, weil durchdringende Strahlen, magnetische oder elektrische Kraftfelder sowie Ultraschallwellen verwendet werden (Abb. 19).

Die bei der **Durchstrahlungsprüfung** verwendeten **Röntgenstrahlen** durchdringen die meisten Werkstoffe. Sie erzeugen auf einem Leuchtschirm das Röntgenbild des Probestückes oder belichten eine fotografische Platte. Werkstoffehler, wie Risse, Lunker, Gasblasen usw., machen sich infolge ihrer geringeren Dichte durch stärkere Schwärzung des Filmes bemerkbar. Die Durchdringungsgrenze liegt für Stahl bei 80 mm, für Kupfer bei 50 mm und für Leichtmetalle bei 400 mm. **Radium** und **Isotope**[1]) strahlen kräftiger als die Röntgenstrahlen, sie durchdringen z. B. Stahlguß bis zu 200 mm Dicke.

Bei der **magnetischen Prüfung** wird das Probestück zwischen die Pole eines Elektromagneten gelegt, so daß die magnetischen Kraftlinien durch das Prüfstück hindurchgeleitet werden können. Sind Fehler im Werkstück, so verdichten sich die Kraftlinien durch den höheren Widerstand an diesen Stellen. Übergießt man das Probestück nun mit Petroleum, in dem Eisenfeilspäne enthalten sind, so sammeln sich die Späne infolge der höheren Kraftliniendichte hauptsächlich um die Fehlerstellen. Feine Haarrisse an wichtigen Bauteilen aus Stahl und Eisen können auf diese Weise schnell und sicher gefunden werden.

Bei der **Ultraschallprüfung** werden durch das Prüfstück Ultraschallwellen geschickt, die am Ende des Stückes zurückgeworfen werden (Rückwandecho). Befinden sich im Werkstück Fehlerstellen, so werden die Schallwellen hierdurch zeitlich früher zurückgeworfen (Fehlerecho). Der gemessene Zeitunterschied zwischen der Laufzeit des Rückwand- und der des Fehlerechos ermöglicht die genaue Feststellung der Lage und des Umfangs der Werkstoffehler.

III. Übungsaufgaben

1. Wodurch unterscheiden sich ihrem Aussehen nach gewalzter Baustahl, gewalzter Werkzeugstahl, gezogener Werkzeugstahl und Grauguß? **2.** Welche Werkstoffe können mit Hilfe der Funkenprobe beurteilt werden? **3.** Erläutere die „Hin- und Herbiegeprobe" und die „Biege- und Faltprobe" und gib an, welche Werkstoffe man mit Hilfe dieser Verfahren prüft! **4.** Welche einfachen Verfahren wendet man zur Prüfung von Stählen an (Werkstattprüfung)? **5.** Gib den grundsätzlichen Unterschied an zwischen einer statischen und einer dynamischen Untersuchung! **6.** Wozu dient die chemische Prüfung der Werkstoffe?

[1]) Isotope sind Stoffe, z. B. Kobalt, die durch Einwirkung radioaktiver Strahlen selbst zu einer Strahlungsquelle geworden sind.

fernmeldelehrling.de

D. Oberflächenschutz der Metalle

Die metallischen Werkstoffe werden im Laufe der Zeit durch äußere Einflüsse zersetzt. Diese Zersetzung geschieht von der Oberfläche her nach innen, deshalb muß die Oberfläche besonders geschützt werden. Den Vorgang der Zersetzung nennt man **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.

I. Korrosion

Die Korrosion oder Zersetzung beruht auf rein chemischen oder 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 **rein chemischer Vorgang.**

Bei der **elektrochemischen Korrosion** spielen sich ähnliche Vorgänge ab wie in einem galvanischen Element. Aus der Elektrotechnik (Galvanische Elektrizität) kennen wir die Voltasche Spannungsreihe. Wir wissen, daß von zwei Metallen, die man miteinander in einen Elektrolyten stellt, immer das eine positiv und das andere negativ wird; wir wissen ferner, daß das negative Metall durch den vom positiven Metall kommenden elektrischen Strom zerfressen wird. Das, was in der Elektrotechnik zur Erzeugung elektr. Energie gewünscht wird, ist anderswo wegen der Zerstörung der Metalle äußerst unerwünscht. Unerwünschte Elektrolyte sind dabei See-, Leitungs- und Regenwasser, Handschweiß, Luftfeuchtigkeit, Rückstände von Schweiß- und Lötmitteln usw.

Tritt am Berührungspunkt zweier Metalle ein Elektrolyt auf, so nennt man den entstehenden Korrosionsvorgang auch **Kontaktkorrosion.** Ein Nagel in einer Dachrinne, ein Eisendraht auf einer Bronzeleitung, Metallspäne des einen auf einem anderen Metall u.a.m. können zur Kontaktkorrosion führen.

Korrosion zwischen Metallkristallen wird als **kristalline Korrosion** bezeichnet. Tritt Feuchtigkeit zu stofflich verschiedenen Kristallen eines Werkstoffs hinzu, so entsteht zwischen diesen Kristallen ein galvanischer Strom. Dabei werden die Minuskristalle zerfressen und dadurch das Gefüge des Werkstoffes zerstört.

In wenigen Fällen kann man Metalle auch so legieren, daß ihre Kristalle in der Spannungsreihe nahe beieinanderliegen, bzw. daß sie so einheitlich sind, daß keine galvanische Wirkung auftritt. In den meisten Fällen wird man aber durch Schützen der Oberfläche den Zutritt eines Elektrolyten verhindern müssen.

II. Oberflächenschutz

Beim Schutz der Oberfläche unterscheidet man: Einölen und Einfetten, Anstriche, Emaillieren, chemisch erzeugte Überzüge, Metallüberzüge und Kunststoffüberzüge.

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

Bevor **Anstriche** zur Anwendung kommen, müssen die anzustreichenden Flächen von Rost oder anderen Korrosionsschichten und Verunreinigungen befreit werden (Spezialentrostungsmittel, Sandstrahlen oder Stahlbürsten). Außerdem sind die Flächen noch zu entfetten (Waschbenzin, Benzol oder sonstige Entfettungsmittel).

Je nach dem Verwendungszweck und nach der erforderlichen Güte kommt ein einmaliger oder mehrfacher Anstrich in Frage. **Mehrfachanstrich** wendet man dort an, wo hohe Qualität des Farbschutzes verlangt wird; hierbei wird unterschieden zwischen dem Grund-, Zwischen- und Deckanstrich. Der **Grundanstrich** muß sich zum Werkstück chemisch neutral verhalten; er muß gut haften und gleichzeitig selbst 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 Werkstückes nicht abplatzen. Zum Anstreichen wird **Ölfarbe** oder **Lackfarbe** verwendet (Grundanstrich mit Mennige). Bei Lackanstrichen werden **Nitro-Zelluloselacke** oder Kunstharzlacke verwendet. Sie sind elastisch, sehr widerstandsfähig und ergeben ein schönes Aussehen. Die Lufttrocknung nach dem Lackieren dauert 5 bis 6 Stunden, die Ofentrocknung (Einbrennen bei 120 bis 140 °C) 50 bis 60 Minuten. Die Farben werden entweder durch **Streichen** oder durch **Aufspritzen** aufgetragen. Vielfach werden die Werkstücke auch in ein Farbbad **getaucht.**

Emailliert werden hauptsächlich Haushaltsgeräte und chemische Apparate aus Stahl oder Grauguß. Emaille ist eine Masse aus Glaspulver und Farbstoffen. Die gespritzten oder getauchten Werkstücke werden im Emailofen gebrannt bei 600 bis 900 °C. Die Emaille ist sehr hart, hitzebeständig und chemisch widerstandsfähig, aber sehr spröde.

Chemische Überzüge werden sowohl bei Stahl als auch bei Leichtmetallen verwendet. Auf Stahl bildet sich durch Bestreichen mit Mineralöl und Bienenwachs nach mehrmaligem Erhitzen auf etwa 450 °C eine schwarze

fernmeldelehrling.de

Schicht, die gegen Korrosion schützt. Man nennt dieses Verfahren **Schwarzbrennen**; es ergibt jedoch keinen dauerhaften Schutz. Ein besserer Schutz wird durch das **Phosphatieren** erreicht. Bei diesem Verfahren 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.

Bei Leichtmetallen wird das **Eloxalverfahren** angewendet (Eloxal = **e**lektrisch **o**xydiertes **Al**uminium). Bei Verwendung von Schwefelsäure als Elektrolyt wird ein Aluminium-Werkstück als Anode und eine Bleiplatte als Kathode an eine Gleichstromquelle angeschlossen. Durch den am Werkstück freiwerdenden Sauerstoff bildet sich auf diesem eine Oxydschicht, die **Eloxalschicht.** Diese Schicht besitzt eine große Härte. Sie ist gegen chemische Einflüsse sehr widerstandsfähig und leitet den elektrischen Strom nicht. Der Korrosionsschutz kann durch Fetten, Wachsen oder Streichen noch erhöht werden.

Sehr gebräuchlich sind **Metallüberzüge.** Wenn Stahl z. B. vor Rost geschützt werden soll, wird er verzinkt. Soll ihm der Metallüberzug ein besseres Aussehen verleihen und ihn gleichzeitig vor Korrosion bewahren, so wird er verzinnt, vernickelt oder verchromt. Zur Verhinderung chemischer Einflüsse wird Stahl verbleit.

Bei allen Metallüberzügen ist das elektrochemische Verhalten des Schutzmetalles zum Grundmetall des Werkstückes außerordentlich wichtig (Voltasche 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, während die Zerstörung des Grundmetalles verzögert wird. 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 (größeres Volumen) abgesprengt wird. Elektrische positive Schutzmetalle müssen deshalb stets besonders dicht und fest auf die Grundmetalle aufgetragen werden.

Zur Herstellung von Metallüberzügen kommen verschiedene **Metallauftragsverfahren** zur Anwendung, wobei die zu überziehenden Werkstücke vorher gereinigt und entfettet sein müssen:

Bei **Tauchverfahren** taucht man die Werkstücke in flüssiges Metall, das sich als dünne Schicht auf der Oberfläche des Werkstückes festsetzt.

Das **galvanische Vermetallen** geschieht mit Hilfe der Elektrolyse (siehe Seite 24), wobei das Werkstück als Kathode dient. Auf diese und ähnliche Weise wird verkupfert, vernickelt, verchromt, verkadmet u. a. m. Schutzmetalle kann man auch durch Zerstäuben des flüssigen Metalls mittels Druckluft **aufspritzen.**

Beim **Plattieren** wird das Schutzmetall auf die Oberfläche des zu schützenden Werkstückes warm aufgewalzt.

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 aufgerauht.

III. Übungsaufgaben

1. Erläutere den Begriff Korrosion! 2. Wodurch unterscheidet sich die elektrochemische von der kristallinen Korrosion? 3. Wie schützt man die Oberfläche der Metalle gegen Korrosion? 4. Worauf ist beim Anstreichen der Metalloberfläche besonders zu achten? 5. Was ist eine Eloxalschicht?

fernmeldelehrling.de

E. Nichtmetallische Werkstoffe

Hierunter müßte eine Vielzahl von Werkstoffen aufgeführt werden, wollte man keinen vergessen. Deshalb sollen in den folgenden Abschnitten nur die für die Fernmeldetechnik so wichtigen **Isolierstoffe** und die im Fernmeldebaudienst hauptsächlich verwendeten **Baustoffe** besprochen werden.

I. Isolierstoffe

Die Isolierstoffe haben keine elektrisch leitenden Eigenschaften und werden deshalb als Schutz für oder auch gegen Elektrizität und Wärme verwendet. Sie haben also die Aufgabe, die Zu- und auch die Ableitung von Wärme und Elektrizität zu verhindern.

Von den Isolierstoffen verlangt man:

a) hohen elektrischen Widerstand,
b) hohe Durchschlagsfestigkeit gegenüber hohen Stromstößen,
c) hohe Dielektrizitätskonstante und
d) mechanische Festigkeit und Wetterbeständigkeit.

Je nach Art und Beschaffenheit der Isolierstoffe werden unterschieden:
Feste Isolierstoffe:

a) **natürliche Isolierstoffe:**
Schiefer, Glimmer, Marmor usw.
b) **keramische Isolierstoffe:**
Ton, Porzellan, Speckstein (Steatit) und außerdem Glas.
c) **Gummiisolierstoffe:**
Hart und Weichgummi.
d) **Kunststoffe:**
Phenolplaste, Thermoplaste.
e) **Faserstoffe:**
Papier, Baumwolle, Zellwolle, Asbest, Seide u. a. m.

Flüssige Isolierstoffe:

a) **Isolierlacke, Harz** und **Wachs,**
b) **Öl** in Transformatoren und Schaltern.

Gasförmige Isolierstoffe:

Trockene Luft und verschiedene **Gase.**

Aus der Reihe der oben aufgeführten Isolierstoffe sollen die wichtigsten herausgestellt werden:

1. Asbest

Asbest ist ein nicht brennbares Mineral, das im Laufe großer Zeiträume aus Hornblende und Glimmer entstanden ist. Es besteht aus weißen, biegsamen Fasern, die im Gestein gefunden werden. Sehr ergiebig sind die Asbestvorkommen in Kanada (bekannt sind die Gruben von Quebec), Rußland und Südafrika. Deutschland hat keine Vorkommen, wenn man von den minderwertigen Asbestablagerungen in Thüringen absieht.

Asbestfasern werden zu nicht brennbaren Geweben versponnen (feuerfeste Kleidungsstücke) oder zur Herstellung der feuerfesten Asbestpappe verwendet. Es läßt sich leicht mit anderen Stoffen binden, so z. B. mit Zement zu Eternit (Dachabdeckungen).

Asbest ist ein schlechter Wärmeleiter und findet daher in der Schwach- und Starkstromtechnik als Isoliermaterial Verwendung (Schmelzsicherungen, Spulen- und Widerstandskörper u. a. m).

2. Glas

Glas ist ein vielbenutzter Werkstoff. Es ist hart und durchsichtig, unempfindlich gegen Säuren und Laugen und leitet Wärme und Elektrizität schlecht. Nachteilig ist seine Empfindlichkeit gegen Stöße.

Glas wird in Glashütten hergestellt. Der eigentliche glasbildende Stoff ist **Quarzsand** (Kieselsäure). Er wird fein gemahlen. **Soda** und **Pottasche** werden als Flußmittel beigegeben. **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 °C zu einer teigigen Masse geschmolzen. Erkaltet die Masse, so erstarrt sie zu einem durchsichtigen oder, bei Zusatz von Metalloxyden, zu einem farbigen Werkstoff, dem Glas. Zum Färben werden folgende Oxyde verwendet: Gold färbt rot, Kobalt blau, Eisen grün oder braun, Kupfer grün, Mangan violett. Milchglas erhält man durch Zusatz von Trübungsmitteln, wie z. B. Zinnoxyd oder Knochenasche. Kristallglas enthält einen Zusatz von Bleioxyd.

Glas läßt sich in teigigem Zustand gut verarbeiten. Die Formgebung erfolgt durch **Blasen** (Flaschen, Gläser) mittels Glasbläserpfeife und Holzform oder mit Blasmaschinen. Bei der Herstellung von Flachglas (Fensterscheiben, Spiegelglas) wird die teigige Masse entweder **gezogen, ausgewalzt** oder bei dickeren Sorten gegossen. Die im Bauwesen benutzten Glasziegel und Glasbausteine werden in Formen **gepreßt.** 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.

fernmeldelehrling.de

3. Porzellan

Porzellan besteht aus einem Gemisch von **Porzellanerde** (Kaolin), feinem **Quarz-** und **Feldspatpulver.** Kaolin ist verwitterter Feldspat[1]) und hat in Mitteldeutschland seine Hauptfundstätten. Alle diese 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. Der erste Brand, auch **Glühbrand** genannt, erfolgt bei etwa 800 °C (Rotglut) und festigt die Masse, die jedoch noch eine rauhe, poröse Oberfläche hat. Nach dem Erkalten der vorgeglühten Gegenstände werden diese in eine Glasurbrühe getaucht, die der Porzellanmasse ähnlich ist, jedoch überwiegend Feldspatpulver enthält und leichter schmilzt. Wenn die Glasurbrühe angetrocknet ist, erfolgt der zweite Brand, der **Glasbrand.** Bei einer Temperatur von 1300 bis 1500 °C erweicht die Porzellanmasse, backt zusammen und wird dicht. Gleichzeitig schmilzt die Glasurmasse, füllt die Poren der Stücke und überzieht sie mit einer glatten Haut, die nach dem Erstarren die Glasur bildet. Der Schwund vom sogenannten Formling bis zum Fertigstück beträgt 17 bis 20%. Bei Porzellangegenständen muß deshalb für die Fertigung eine Maßtoleranz von 2,3 bis 5% zugestanden werden.

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 Sicherungskästchen, Schaltern, Schalttafeln, Röhrchen, Spulenkörper u. a. m. Verwendung.

4. Papier

Bereits vor etwa 2000 Jahren wurde in China unter Verwendung von Baumwolle und Bambusfasern Papier hergestellt. Später verarbeitete man auch Leinenlumpen, die im Jahre 1290 als Ausgangsmaterial für die erste Papierherstellung in Deutschland Verwendung fanden.

Erst 1765 gelang in Deutschland der erste Versuch, Holz für die Papierherstellung zu verwenden. Die Lumpenfasern wurden dann nur noch für feinste Papiersorten als Grundstoff benutzt.

Heute bildet der **Zellstoff** die Grundlage der Papierfabrikation. Zellstoff (Zellulose) ist gleichzeitig ein wichtiger Rohstoff für die Herstellung von

[1]) Feldspat ist die Sammelbezeichnung für Mineralgruppen.

Vulkanfiber, Kunstseide, Zelluloid (leicht entflammbar), Zellon (durch Behandlung mit Essigsäure heute nicht mehr feuergefährlich), Zellophan und Trolit.

Der Zellstoff (Hauptbestandteil aller Pflanzen) wird aus Fichtenholz, neuerdings auch aus Buchenholz und Stroh gewonnen. Die Ausgangsstoffe werden zerkleinert, zerdrückt und in Natronlauge oder einer Sulfitlösung unter Druck gekocht. Die fremden Bestandteile werden abgelassen, und übrig bleibt der Zellstoff, der gewaschen und mit Chlor gebleicht wird.

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 Papierröhrchen, als Bindfaden und als Isoliermaterial bei der Herstellung von Kondensatoren, Spulen usw. Verwendung.

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 gewinnt man den 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 werden bei 5 atü Druck und einer Temperatur von etwa 140 °C gepreßt, wodurch der Schwefel gebunden und eine Art Härtung erreicht wird. Der Schwefel war vor dem Vulkanisieren zugemischt, ebenfalls Füllstoffe, die dem Gummi seine Eigenschaften (Festigkeit, Elastizität und Abriebfestigkeit) geben. Bei einem Zusatz von 2 bis 10% Schwefel erhält man **Weichgummi,** bei einem Zusatz von 25 bis 50% Schwefel erhält man **Hartgummi. Schaumgummi** wird hergestellt, indem man Gummimilch mit Schwefelpulver und anderen Füllstoffen in Rührwerken schaumig schlägt und anschließend in Formen vulkanisiert.

Neben dem natürlichen Kautschuk verwendet man den **synthetischen Kautschuk,** der aus Isopren, einem Steinkohlenprodukt, hergestellt wird. 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.

fernmeldelehrling.de

Abgesehen von der sehr vielseitigen Verwendung im allgemeinen (Wasserschläuche, Gummimatten, Bereifung) kann Gummi in der Fernmeldetechnik als Isoliermaterial nur dort Verwendung finden, wo an seine Wärmebeständigkeit, die zwischen 40 und 70 °C schwankt, keine allzu hohen Anforderungen gestellt werden, also in der Schwachstromtechnik.

6. Textilien

Alle Textilien eignen sich als Isolierstoffe, wobei ein großer Teil von ihnen als Grundstoff dient (Papierherstellung). Textilien sind Gewebe aus Naturfasern, wie z. B. Wolle, Baumwolle, Seide, oder aus Kunstfasern, wie z. B. Kunstseide.

In der Fernmeldetechnik dienen 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 Bau 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.

II. Kunststoffe

In diesem Buch sollen die Kunststoffe nur wegen ihrer Bedeutung als Isolierstoffe behandelt werden; wir führen daher nur die wichtigsten an. Wer sich genauer unterrichten will, bediene sich der einschlägigen Literatur.

Als Kunststoffe bezeichnet man Stoffe, die durch eine chemische Behandlung von Naturstoffen (umgewandelte Naturstoffe) oder die künstlich (synthetisch) aus den Grundstoffen Erdöl, Kohle, Kalk, Luft und Wasser gewonnen werden.

1. Chemisch behandelte Naturstoffe

Der erste Naturstoff, der künstlich verändert worden ist, ist der Kautschuk. Im Naturzustand ist er klebrig und weich. Durch Zusetzen von Schwefel machte der Amerikaner Goodyear um 1850 den Kautschuk mehr oder weniger elastisch federnd, ja sogar fest. Der durch dieses sogenannte **„Vulkanisieren"** entstandene **Hartgummi** war jahrzehntelang ein begehrter Werkstoff des Elektro-Maschinenbaus. Das Vulkanisieren wird heute noch in der Kunststoffverarbeitung angewandt.

a) Vulkanfiber

Etwa zur gleichen Zeit wie der Hartgummi in Amerika wurde in England ein Werkstoff aus der Zellulose von Holz oder Baumwoll-Linters[1]) gewonnen. Aus der Zellulose werden Papierbahnen hergestellt, deren Fasern

[1]) Linters (englisches Wort) sind kurze Baumwollfasern, die beim Entkörnen auf dem Samen verbleiben. Sie sind zum Verspinnen nicht geeignet, stellen jedoch eine fast reine Zellulose dar.

durch Behandlung mit Zinkchlorid (heute mit Chlorzinklauge oder Schwefelsäure) anquellen. Durch Pressen wird eine enge Verbindung der Fasern miteinander erreicht. Die Chemikalien werden ausgewaschen und die Werkstücke getrocknet und gerichtet.

Weil man sich den chemischen Vorgang früher als Vulkanisation vorstellte, wurde der Werkstoff „vulcanized fibre" genannt und ist heute noch als **Vulkanfiber** bekannt. Er ist lederhart und sehr zähe und wird zur Herstellung von Transportbehältern (Koffer), Papierkörben und technischen Werkstücken (Elektrotechnik) verwendet.

b) Kunststoffe aus Zellulose

Durch Einwirken von Laugen und Säuren auf Zellulose, deren Ausgangsstoffe hauptsächlich das Holz und andere Pflanzen sind, entstehen Kunststoffe, deren wichtigste nachstehend aufgeführt sind:

Wird Zellulose mit einer Lösung aus Natronlauge und Schwefelkohlenstoff behandelt, entsteht **Viskose**; bei Behandlung mit einer anderen Lösung, dem sogenannten „Schweizer Reagens", erhalten wir **Blaumasse.**

Aus der Viskose, durch feine Löcher gedrückt, werden feine Fäden, das **Reyongarn,** gebildet. Werden diese Fäden in kurze Stücke geschnitten und wie Wollflocken zu einem Faden versponnen, so spricht man von **Zellwolle,** bei Cupresafäden von **Cuprama.** Verwendet man an Stelle der feinen Lochdüsen sogenannte Schlitzdüsen, so erhält man **Zellglas,** das unter dem Namen **„Cellophan"** bekannt ist.

Durch Einwirkung eines Gemisches aus Salpeter- und Schwefelsäure auf die Zellulose entsteht **Zellulosenitrat.** Da die faserförmige Struktur der Zellulose bei diesem chemischen Vorgang erhalten bleibt, bezeichnet man das Entstehungsprodukt auch als **Collodiumwolle.** Diese hat in trockenem Zustand Sprengstoffeigenschaften (Schießbaumwolle) und muß deshalb immer feucht aufbewahrt werden.

Verknetet man die Collodiumwolle mit Kampfer und Alkohol, so entsteht ein vollkommen homogener, glasklarer Werkstoff, das **Celluloid.** Es ist leicht brennbar, wird aber trotzdem im Wege der Warmverformung zu Gebrauchsartikeln (Kämme, Bürsten, Spielzeuge usw.) verarbeitet.

Aus Celluloidmasse werden **Filme** gegossen. Diese Filme werden trotz ihrer Feuergefährlichkeit verwendet, weil ihre Zerreißfestigkeit und Lagerfähigkeit unerreicht sind.

Der in großen Mengen verarbeitete **Nitrolack** wird gewonnen, indem man stark nitrierte Collodiumwolle in Amylacetat löst. Nitrolack ist zunächst farblos (**Zaponlack**); ihm können aber Farbpigmente zugesetzt werden. Er trocknet sehr schnell.

Wirken auf die Zellulose Essigsäure und Essigsäureanhydrid ein, so entsteht **Zellulose-Acetat,** dessen Anwendungsgebiete die gleichen wie die

fernmeldelehrling.de

des Zellulose-Nitrats sind. Filme aus Zellulose-Acetat haben den Vorteil der schweren Entflammbarkeit.

Ein sehr wichtiges Anwendungsgebiet des Zellulose-Acetats ist die Verarbeitung zu **Kunstseide,** die heute fast nur noch **„Acetat"** genannt wird.

c) Kunststoffe aus Eiweiß

Von allen Eiweißverbindungen eignet sich hauptsächlich das Eiweiß der Milch, das **Kasein,** unter Versetzung mit Formaldehyd zur Herstellung eines festen Stoffes.

Seit 1900 ist die Herstellung von **Kunsthorn** bekannt, das auch **„Galalith"** genannt wird. Das gewonnene Kasein wird pulverisiert und mit Wasser und Farbpigmenten verknetet. Nach einer bestimmten Quellzeit wird die Masse in heißen Formen oder in der Strangpresse zu Platten, Stäben, Knopfrohlingen usw. geformt. Die Teile werden in einem Formaldehydbad gehärtet, was je nach der Dicke der Teile sehr lange (Wochen und Monate) dauern kann. Die Fertigprodukte sind Knöpfe, Schnallen, Griffe, Möbelbeschläge, Schreibgeräte und Spielzeuge. Die Verarbeitung zu technischen Werkstücken ist wegen der leichten Wasseraufnahme nicht zu empfehlen.

Aus Eiweißstoffen werden weiter noch Wursthüllen und Leime hergestellt.

2. Synthetische Kunststoffe

Es gibt Kunststoffe, die nach der Formgebung im Warmzustand (plastischer Zustand, daher auch die Bezeichnung Plaste) durch einen chemischen Vorgang ausgehärtet werden; diese Kunststoffe können aber nicht wieder in den plastischen Zustand zurückverwandelt werden. Andere Kunststoffe können durch Erwärmen beliebig oft weich gemacht werden; diese Stoffe lassen sich jedoch nicht aushärten.

Es werden also bei den Kunststoffen zwei Hauptgruppen unterschieden: die aushärtbaren **Phenolplaste** und die nicht aushärtbaren **Thermoplaste.** Eine Untergruppe der Phenolplaste sind die **Schichtpreßstoffe.**

a) Phenolplaste

Die aushärtbaren Kunststoffe sind synthetische Harze. Die wichtigsten Kunstharze sind Phenolharz, Harnstoffharz, Melaminharz und Polyesterharz. Für die Kunststoffherstellung haben nur die beiden erstgenannten Bedeutung. Die Verarbeitung der Phenolharze (Phenolplaste) und der Harnstoffharze (Aminoplaste) ähneln sich so sehr, daß nachfolgend nur noch von Preßstoffen gesprochen werden soll.

Der deutsche Chemiker Adolf von Bayer stellte bereits 1872 einen Kunststoff aus Phenol und Formaldehyd her, den er Gußharz nannte. Jedoch erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts gelang dem amerikanischen Chemiker Baekeland (Bakelit) die Verformung der Kunstharze zu Kunstharzpreßstoffen.

Diese **Preßstoffe** bestehen aus einer Mischung von Phenol- oder Harnstoffharz, einem Füllstoff und Formaldehyd. Die **Füllstoffe** sind Gesteinsmehl, Holzmehl, Zellstoff, Gips, Textil- oder Asbestfasern.

Aus Preßmassen mit pulverförmigen Füllstoffen (Holzmehl, Gesteinsmehl usw.) werden Preßstoffe hergestellt, die im Bruch ein Gefüge zeigen, das dem Bruch keramischer Stücke ähnlich ist. Diese Preßmassen lassen sich in heißen Formen gut pressen. Ihre Fertigprodukte begegnen uns als formgepreßte Gegenstände in den vielfältigsten Arten für den allgemeinen, den technischen und besonders den elektrotechnischen Gebrauch.

Bei Verwendung gröberer Füllstoffe (Holz-, Asbest-, Textilfasern, -schnitzel und -flocken) entstehen je nach dem Gefüge festere Preßteile als bei Verwendung pulverförmiger Füllstoffe. Je gröber der Füllstoff, desto weniger gut läßt er sich pressen, so daß bei ganz groben Füllstoffen nur noch einfach gestaltete Preßteile hergestellt werden können.

Die Füllstoffe sind nicht etwa als Ersatzstoffe oder Streckmittel anzusehen, die die Preßmasse preiswert machen sollen, sie bestimmen vielmehr die erwünschten Eigenschaften und Verwendungszwecke der Preßstofferzeugnisse. Man kann die Füllstoffe im Kunststoff etwa mit den Zuschlägen im Beton vergleichen.

Nach der Art der als Bindemittel verwendeten Harze bezeichnet man auch die Preßstoffe als Naturharz- und Kunstharzpreßstoffe.

Für die Herstellung von Preßstoffen wird zunächst die Schnellpreßmasse aus dem o. a. Gemisch hergerichtet. Diese teigige Masse wird von einer Maschine durchgeknetet, gewalzt, getrocknet und gemahlen. Die Preßmasse wird in geheizte, hochglanzpolierte Stahlformen eingebracht. In diesen Formen wird sie bei hohem Druck (200 bis 600 kg/cm²) und bei einer Temperatur von 150 bis 170 °C zunächst plastisch, erstarrt aber nach wenigen Minuten zu einer festen, glänzenden Masse, die keiner weiteren Nachbehandlung bedarf. Metallteile, Schrauben, Lötstifte, Klemmen usw. können während des Herstellungsvorgangs gleich in die Masse eingepreßt werden und brauchen nicht, wie z. B. bei Porzellanerzeugnissen, nachträglich angebracht zu werden.

Preßmassen haben eine Wärmebeständigkeit etwa bis zu 300 °C. Wegen ihrer guten Isolierfähigkeit finden die Erzeugnisse in der Fernmeldetechnik vielseitige Verwendung, z. B. in Form von Schalttafeln, Klemmleisten, Verteilerdosen, Nummernschaltern, Handapparatkörpern, Apparatgehäusen, Lampensockeln, Installationsmaterial u. a. m.

b) Schichtpreßstoffe

Die Schichtpreßstoffe sind eine Untergruppe der Preßstoffe. Bei der Herstellung werden die Füllstoffe nicht gemahlen, sondern ganze Bahnen aus Papier, Textil- oder Asbestgewebe durch das Kunstharz schichtförmig

fernmeldelehrling.de

miteinander verbunden, so daß ein aus zahlreichen Lagen aufgebautes kunstharzgebundenes Erzeugnis entsteht.

Zur Aushärtung benutzt man eine sogenannte Etagenpresse, zwischen deren Heizplatten die mit Kunstharz bestrichenen Bahnen in der gewünschten Stärke unter hohem Druck und höherer Temperatur zusammengepreßt und ausgehärtet werden. In ähnlicher Weise stellt man auch Stangen, Rohre und Profile verschiedener Art her. Die Schichtpreßstoffe lassen sich wie die Preßstoffe nicht wieder weichmachen, ihre Bearbeitung kann nur noch auf mechanischem Wege erfolgen.

Werden beim Aufbau der Schichtstoffe Papierbahnen benutzt, so erhält man **Hartpapier** (z. B. Pertinax). Nimmt man an Stelle von Papierbahnen Gewebebahnen, so wird **Hartgewebe** (z. B. Novotext) gewonnen.

Schichtpreßstoffplatten erreichen Festigkeiten, die an die von Gußeisen oder Porzellan heranreichen. Sie haben dabei jedoch alle Vorzüge der Kunststoffe, wie leichtes Gewicht, Wasser- und Chemikalienfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Schlagfestigkeit und als Bau- und Dekorationsplatten sogar noch ein hervorragendes Aussehen. Für technische und besonders elektrotechnische Zwecke sind die Schichtpreßstoffe unentbehrliche Bau- und Isolierwerkstoffe geworden.

c) Thermoplaste

Während die härtbaren Phenolplaste nicht mehr in einen weichen Zustand zurückverwandelt werden können, lassen sich die nicht härtbaren Kunststoffe, die Thermoplaste, bei Erwärmung auf etwa 80 °C immer wieder verformen, ohne zu härten. Sie sind wärmebildsam oder thermoplastisch.

Ausgangsstoff für die Gewinnung der Thermoplaste ist das Gas **Azetylen**, das die Muttersubstanz einer großen Anzahl von organischen Verbindungen darstellt, unter denen sich zahlreiche Zwischenprodukte für Kunststoffe befinden. Azetylen stellt man durch die Einwirkung von Wasser auf Karbid her (Kalziumkarbid entsteht durch Umsetzen von Koks mit Kalk im elektrischen Lichtbogenofen). Neben dem Azetylen spielt heute auch das **Äthylen** als Ausgangsmaterial für Kunststoffe eine zunehmende Rolle. Dieses Äthylengas gewinnt man aus dem Azetylen oder aus Koksofen- und Raffinerieabgasen der Erdölverarbeitung.

Die nicht härtbaren Kunststoffe, die Thermoplaste, werden aus den genannten Grundstoffen durch verschiedene chemische Vorgänge gewonnen, die man **Polymerisation** nennt. Sie haben zwar eine geringe Wärmebeständigkeit (60 bis 80 °C), aber ihre Isolationseigenschaften sind hervorragend. Neben hoher Kältefestigkeit zeigen sie gute Elastizität, ausgezeichnete dielektrische Eigenschaften und große Wasserdichtigkeit. Thermoplastische Kunststoffe haben in unserem Wirtschaftsleben eine außerordentliche Bedeutung erlangt. Es gibt kaum noch einen

Wirtschaftszweig, in dem man ihnen nicht begegnet, sei es als Rohstoff, sei es als Fertigteil. Aus der Fülle der Anwendungsmöglichkeiten sollen hier nur einige herausgestellt werden: Verpackungsfolien, medizinische Geräte, Herstellung von Klebstoffen, Zusätze zu Schmieröl und Bitumen, Isoliermaterial im Bauwesen, Schmuckherstellung, Oberflächenschutz für Metalle, Haushaltsartikel und viele andere mehr.

In der Elektrotechnik und insbesondere in der Fernmeldetechnik finden thermoplastische Kunststoffe Verwendung als Isolationsmaterial zum Ummanteln von Kabeln und Drähten (PVC-Mantel), besonders zur Adernisolation in der Hochfrequenztechnik (Styroflex, Frequenta), zur Verhinderung von Korrosion der Lötstellen (Coroplastbinde), zur Isolation von Werkzeugen u. a. m.

3. Bearbeitungsverfahren

a) 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 Kunststoffes 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 können die Bearbeitungswerkzeuge unbrauchbar werden. Außerdem können thermoplastische Kunststoffe schmierig werden oder sogar ihre Zersetzungstemperaturen erreichen.

b) 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 aufgerauht werden.

fernmeldelehrling.de

c) 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.

d) 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. Hier soll nur die **Heißgasschweißung** kurz beschrieben werden:

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

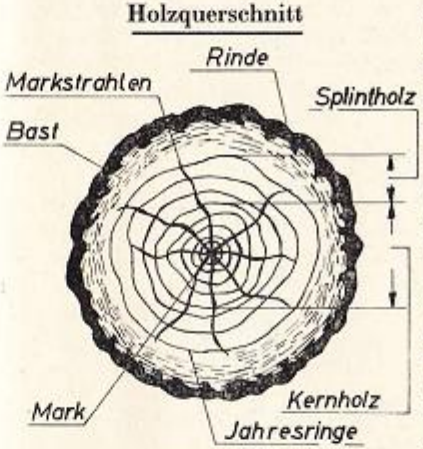
e) Warmverformen

Das Warmverformen wird nur bei thermoplastischen Kunststoffen angewendet. Es ähnelt zum Teil den Methoden der spanlosen Metallverformung. Die in einem Wärmeofen gummielastisch gemachten Halbzeuge (Platten, Rohre, Stäbe usw.) kann man durch Abkanten, Biegen, Blasen, Drücken und Tiefziehen verformen.

III. Baustoffe

Neben den metallischen Werkstoffen werden in der Fernmeldetechnik, oder besser gesagt im Fernmeldebaudienst, Stoffe verwendet, die man gemeinhin als Baustoffe bezeichnet. Die wichtigsten sind Holz, Ziegel, Kalk, Zement und Gips. Diese Baustoffe sollen hier besprochen werden, jedoch nur in dem Umfang, in dem sie im Fernmeldebaudienst Verwendung finden.

1. Holz



(Abb. 19)

Sägt man einen Baum durch, so zeigen sich im Querschnitt, von innen her gesehen, das **Mark,** das **Kernholz,** das **Splintholz,** der **Bast** und die **Rinde;** Abb. 19 läßt die einzelnen Schichten erkennen. Am Querschnitt eines Baumes läßt sich auch an den deutlich sichtbaren **Jahresringen** sein Alter abzählen. Die größte Bedeutung im Fernmeldebaudienst hat das Holz in seiner Verwendung als Holzmast in den oberirdischen Fernmeldelinien. Hier eignen sich am besten die harzreichen Holzarten mit dichtem Gefüge, z. B. Kiefern, Lärchen, Fichten und Edeltannen. Die Maste werden gegen Fäulnis und andere Schädigungen in besonderen Verfahren mit Chemikalien behandelt. Zur Tränkung von Kiefern und Lärchen verwendet man das **Teeröl-Tränkverfahren,** bei dem die Maste in Kesseln unter einem Druck von 5 bis 7 atü getränkt werden. Beim **Osmoseverfahren** werden die Maste 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 Maste gepreßt wird.

Die bei der DBP verwendeten Maste werden nach Größen eingeteilt, die sich nach dem Fuß- und Zopfdurchmesser richten. Weitere Einzelheiten über Holzmaste bitten wir dem Band C 2 des Handbuches für den Fernmeldehandwerker der DBP zu entnehmen.

fernmeldelehrling.de

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 und Zusätzen (Sand, Sägemehl usw.) zusammensetzt. Je nach der Oberflächenbeschaffenheit unterscheidet man zwischen Vollziegeln, Hochlochziegeln und Langlochziegeln. 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 (altes Reichsformat 250 mal 120 mal 65 mm.)

Im Fernmeldebaudienst werden die Ziegel zum Abdecken von Erdkabeln, zum Schutz von Lötstellen und beim Bau von Kabelschächten verwendet. Im Kabelschachtbau werden Vormauerziegel VMz 250, auch Hartbrandziegel genannt, verwendet. Diese Ziegel gehören schon der besten Ziegelqualität an. Neben hoher Druckfestigkeit und ausreichender Dichte wird von diesen Ziegeln auch gefordert, daß sie frei von Stoffen sind, die späteres Abblättern und schädliches Ausblühen verursachen können.

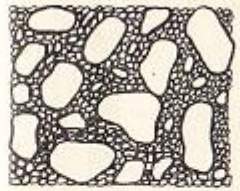
3. Kalk und Zement

Kalk wird durch Erhitzen (Brennen) von Kalkstein gewonnen. Dieser gebrannte Kalk macht bei der Berührung mit Wasser unter starker Wärmeentwicklung eine chemische Wandlung durch, es entsteht **gelöschter Kalk.** Dieser gelöschte Kalk wird durch Beimischen von Sand zur Herstellung von **Mörtel** verwendet. Mörtel ist das Bindemittel zwischen den Mauerziegeln beim Bau von Häusern, gemauerten Kabelschächten usw.

Zement besteht im wesentlichen aus Verbindungen von Kalziumhydrat mit Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd. Er wird für die Herstellung von **Beton** und als Bindemittel im **Zementmörtel** benötigt. Zement hat die Eigenschaft, an der Luft und auch unter Wasser zu erhärten. 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 Kabelkanalformsteinen, Schachtabdeckungen und vielem anderen mehr. Unter dem Fernmeldezeug nehmen die Betonteile (Betonzeug) eine eigene wichtige Abteilung ein. Es sei deshalb kurz noch die Zubereitung von Beton erwähnt.

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 festen Gestein, dem

Betongefüge



(Abb. 20)

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 möglichst wenige Hohlräume entstehen (Abb. 20). Bei der Herstellung von Stahlbeton werden zur Erhöhung der Festigkeit des Bauwerks oder Bauteils Eisen- und Stahlteile (Baustahlgewebe) 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.

4. Gips

Gips besteht hauptsächlich aus wasserhaltigem, schwefelsaurem Kalk. Er kommt in Form von durchscheinenden großen Kristallen (Gipsspat), als blättrige Tafeln (Fraueneis) und in körnig-kristallinischer 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 mehr oder weniger schnell, weswegen er, auch mit Sand vermischt, zum Ausfüllen von Löchern und zum Eindübeln genommen wird.

IV. Übungsaufgaben

1. Nenne einige feste Isolierstoffe! **2.** Was ist Asbest? **3.** Nenne die Grundstoffe für die Glasherstellung! **4.** Was versteht man in der Porzellanherstellung unter Glühbrand und unter Glasbrand? **5.** Beschreibe kurz die Papierherstellung! **6.** Erkläre den Unterschied zwischen Naturkautschuk und synthetischem Kautschuk! **7.** Nenne einige Anwendungsgebiete für Textilien in der Fernmeldetechnik! **8.** Was ist Vulkanfiber? **9.** Nenne einige Zellulose-Kunststoffe! **10.** Wodurch unterscheiden sich die Phenolplaste von den Thermoplasten? **11.** Was sind Schichtpreßstoffe? **12.** Was ist bei der spanabhebenden Verformung der Kunststoffe zu beachten? **13.** Skizziere einen Holzquerschnitt und markiere die einzelnen Schichten! **14.** Gib das Normalmaß für Mauerziegel an! **15.** Von welchen Faktoren sind die Güte und die Druckfestigkeit des Betons abhängig?

fernmeldelehrling.de

Arbeits- und Werkzeugkunde

A. Messen und Anreißen

Schon die Völker des Altertums kannten bestimmte Maße und Gewichte für ihren Handel mit Gütern aller Art. Vom Mittelalter bis weit in das 19. Jahrhundert hinein wurden die Maße vom menschlichen Körper abgeleitet (Elle, Fuß usw.). Weil diese Naturmaße aber stark voneinander abwichen, wurde im Jahre 1875 von einer internationalen Meterkonvention als einheitliches Längenmaß der Meter festgelegt. Der **Urmeter** wird in Paris aufbewahrt, er ist der 40 000 000. Teil des Erdumfangs. Die der Meterkonvention angeschlossenen Staaten erhielten je eine Kopie des Urmeters. Der Urmeter besteht aus einer Platin-Iridium-Legierung, sie hat eine sehr geringe Wärmeausdehnungszahl. 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.

I. Messen

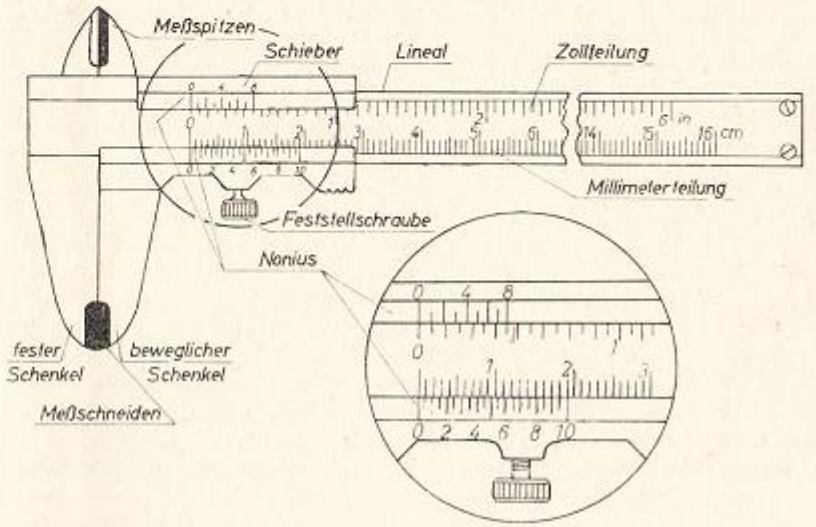
Messen heißt vergleichen mit einer bestimmten, gesetzlich festgelegten Maßeinheit. Man unterscheidet zwischen **unmittelbarem Messen** und **mittelbarem Messen.** Beim ersten wird der zu messende Gegenstand mit dem bekannten Maß unmittelbar verglichen, beim zweiten erfolgt das Messen durch Zwischenschalten eines weiteren Meßgerätes, z. B. eines Innentasters beim Messen des Innendurchmessers eines Hohlzylinders.

Dem metrischen **Maßsystem** liegt der Urmeter als Ausgangsmaß zugrunde. In einigen Ländern ist nicht der Meter, sondern der Zoll (″) die Maßeinheit, 1″ = 25,4 mm. Teile des Zolls werden in echten Brüchen angegeben ($^1/_8$″, $^1/_4$″, $^1/_2$″, $^3/_4$″ usw.).

Vom Meter sind die anderen Maßeinheiten abgeleitet. 1 m = 10 dm = 100 cm = 1000 mm. Die Maße auf Zeichnungen sind in mm angegeben, werden andere Maßeinheiten benutzt, so muß die Benennung angegeben werden (z. B. 15,75 m). Die kleinste Maßeinheit ist 1 mm : 1000 = 0,001 mm = 1 Mikron (1 µ).

Wir verwenden im allgemeinen Längenmeßzeuge in der Art der Stabmaße, Rollmaßstäbe, Gliedermaßstäbe (Zollstöcke), Stahlbandmaße usw. Diese Maßgeräte werden für gröbere Messungen benutzt, wobei noch Fehler bis 1 mm auf 1 m Länge zulässig sind. Bei einer Vielzahl von Längenmeßzeugen, wie z. B. Meßschieber, Schraublehre, Tiefenschraublehre, Meßuhren, Grenzlehren, Endmaße usw., soll hier nur der Meßschieber besondere Beachtung finden.

Universalmeßschieber



(Abb. 21)

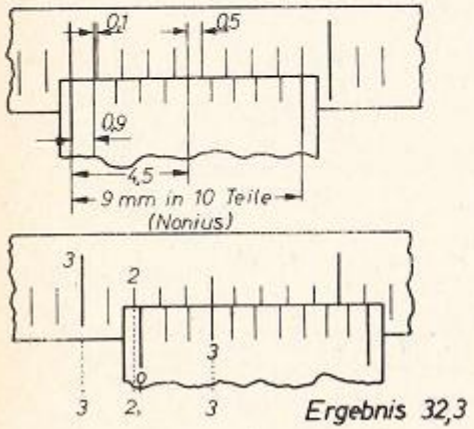
Der **Meßschieber** ist eines der wichtigsten Meßinstrumente. Er besteht aus zwei Meßschenkeln, von denen der eine mit dem Maßstab verbunden und der andere als Schieber beweglich ist. Es gibt verschiedene Ausführungen von Meßschiebern. Am bekanntesten und zweckmäßigsten ist der **Universalmeßschieber** (Abb. 21), er ist für verschiedene Messungen, wie Innen-, Außen- und Tiefenmessung, geeignet.

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, so zieht man den Meßschieber vorsichtig ab und stellt erst dann das Meßergebnis fest. Die Meßgenauigkeit beträgt bei normalen Schiebern $^1/_{10}$ mm oder auch $^1/_{20}$ mm, bei Sonderanfertigungen sogar $^1/_{50}$ mm. Zur Ablesung der Millimeterbruchteile befindet sich auf der Maßeinteilung des Meßschiebers ein **Nonius.**

fernmeldelehrling.de

Der Nonius ist ein Hilfsmaßstab; mit seiner Hilfe kann man kleinere Meßgrößen, die nicht mehr von der Teilung des Hauptmaßstabes direkt abgelesen werden können, ermitteln. Man unterscheidet zwischen Zehner-, Zwanziger- und Zoll-Nonius. Der gebräuchlichste Nonius, der **Zehner-Nonius,** soll in Abb. 22 näher beschrieben werden: 9 mm sind in **10 Teile** geteilt, ein Noniusteil ist also 9 mm : 10 = 0,9 mm lang. Da die Teilung auf dem Hauptmaßstab 1 mm beträgt, kann durch den Unterschied der beiden Teilungen auf $^1/_{10}$ mm genau abgelesen werden. Der Nullstrich des Nonius wird als Komma betrachtet. Man liest also erst **links** vom Nullstrich auf dem Hauptmaßstab die vollen Millimeter ab und sucht dann **rechts** vom Nullstrich den Teilstrich des Nonius, der sich mit einem Teilstrich des Hauptmaßstabes deckt. Dieser gibt dann die Zehntel mm an. Der Nullstrich des Nonius darf dabei natürlich nicht mitgezählt werden.

Zehner-Nonius

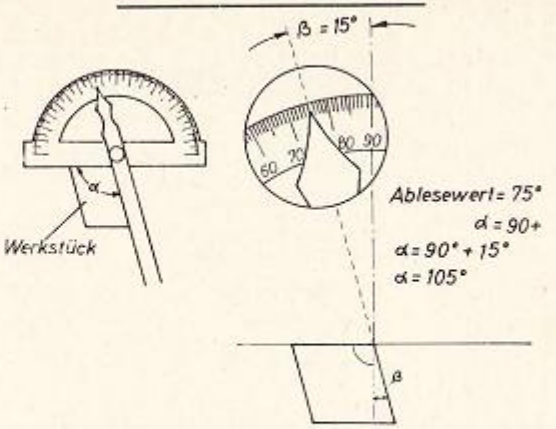


(Abb. 22)

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

Zur **Flächenprüfung** werden verschiedene Geräte benutzt. In der Werkstatt verwendet man **Tuschierplatten** und **Lineale** mit besonders sorgfältig gearbeiteten Meßflächen. Ein **Werkstattlineal** oder bei größerer Genauigkeit ein **Haarlineal** werden mit ihrer feinen, genau gerichteten Kante in verschiedenen Richtungen über die zu prüfende Fläche geführt. Unebenheiten der Fläche erkennt man an dem zwischen Fläche und Lineal auftretenden Lichtspalt. Mit Hilfe eines Haarwinkels werden nach dem gleichen Verfahren Werkstücke geprüft, deren Flächen nicht nur genau eben, sondern außerdem noch winklig sein sollen. Mit der **Wasserwaage** wird geprüft, ob eine Fläche waagerecht oder senkrecht steht. Mit Hilfe von **Dosenlibellen** können Flächen nach allen Richtungen ausgerichtet werden. Zum Messen gehört auch das **Winkelmessen.** Die Maßeinheit des Winkels ist der Grad (1°). Ein Grad ist der 360. Teil des Kreisumfangs, im Bogenmaß gemessen. Ein Grad wird unterteilt in 60 Minuten zu je 60 Sekunden.

Ablesen des Winkelmessers



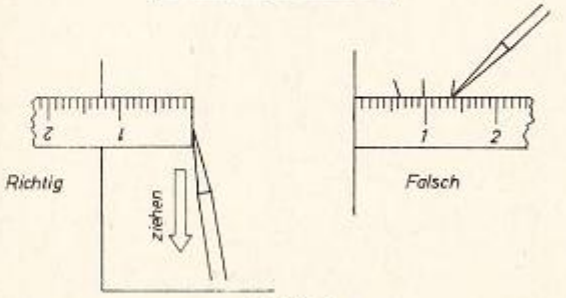
(Abb. 23)

Die in der Werkstatt verwendeten **Prüfwinkel** (feste Winkel) haben 30°, 45°, 60°, 90° und 120°. Der 90°-Winkel ist der meist benutzte Winkel. 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. Abb. 23 läßt das Messen eines Winkels mit Hilfe eines Winkelmessers erkennen.

II. Anreißen

Der Zweck des Anreißens ist die Übertragung von Maßen und Formen aus der Zeichnung auf das Werkstück, wie in Abb. 24 gezeigt wird. Nicht angerissen werden Werkstücke, die man messen kann. Anreißwerkzeuge

Antragen von Maßen

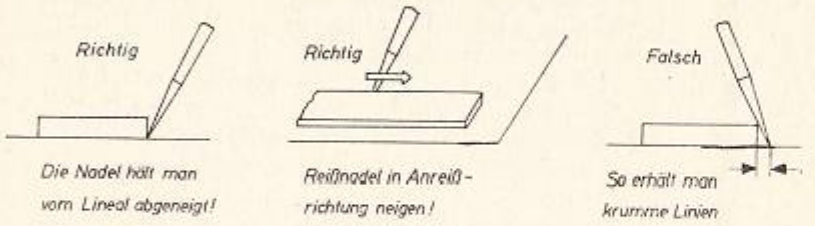


(Abb. 24)

fernmeldelehrling.de

sind die Stahlreißnadel, die Messingnadel, der Zirkel, der Körner, der Reißstock u. a. m.

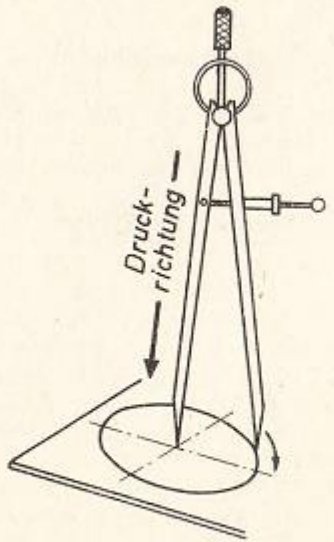
Anreißen mit der Reißnadel



(Abb. 25)

Abb. 25 zeigt das Anreißen mit der Reißnadel. Wird durch die Bearbeitung des Werkstückes die Reißlinie wieder ausgelöscht, so verwendet man eine **Stahlnadel.** Soll keine Kerbwirkung entstehen, wird die **Messingnadel** benutzt. Leichtmetallbleche und dünnwandige Leichtmetallwerkstücke werden mit dem **Bleistift** angerissen. Die Spitzen der Anreißnadeln sollen die Form eines schlanken Kegels haben, dann entstehen gute Anrißlinien.

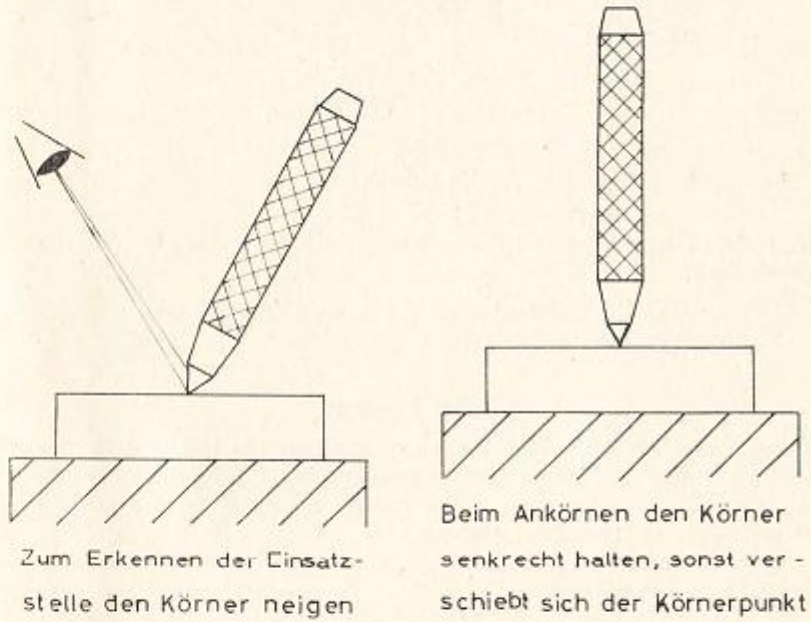
Anwendung des Zirkels



(Abb. 26)

Zum Anreißen **großer Werkstücke** werden Stahllineale benutzt, das Anreißen mit Anschlagwinkeln wird bei kleinen Werkstücken angewendet. Während der **Stangenzirkel** für das Übertragen größerer Maße benutzt wird, dient der **Spitzzirkel** (Abb. 26) zum Übertragen kleinerer Maße auf das Werkstück, zum Anreißen von Kreisen und zum Abtragen gleicher Teilstrecken. Die Zirkel sind aus Stahl gefertigt, ihre Spitzen sind gehärtet. Der Druck auf den Zirkel soll auf den Schenkel ausgeübt werden, der im Mittelpunkt steht.

Anwendung des Körners



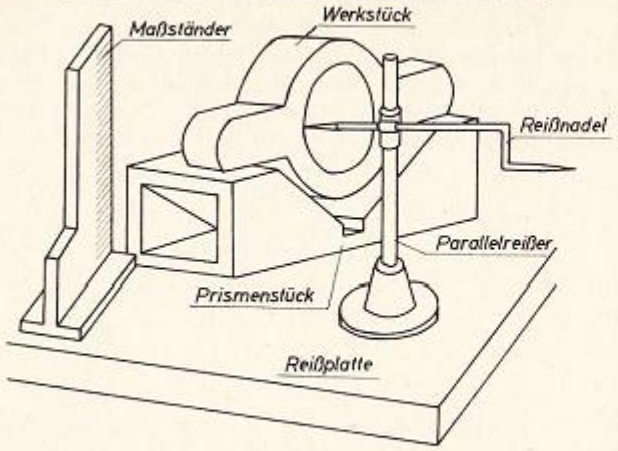
(Abb. 27)

Der Körner wird zum Ankörnen von Lochmitten und von Rißlinien benutzt (Abb. 27). Die Bohrlochmittelpunkte werden kräftig, die Rißlinien leicht angekörnt.

Mit dem Reißstock kann jedes beliebige Maß von einem Maßständer abgenommen und auf das Werkstück übertragen werden (Abb. 28). Als Unterlage dient eine Tuschierplatte. Runde Körper werden in Prismenstücken gelagert. Weitere Hilfsmittel für die Lagerung von Werkstücken

fernmeldelehrling.de

Anreißen mit Maßständer und Reißstock



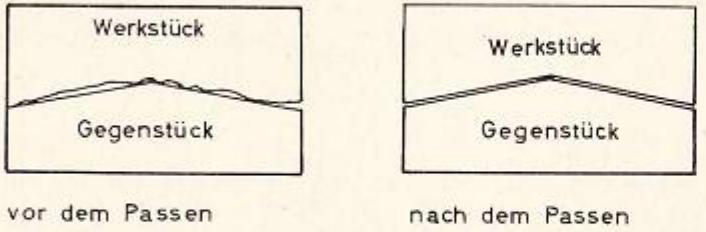
(Abb. 28)

sind Parallelstücke und kleine Unterlegscheiben, die ein Verrutschen verhindern.

Die anzureißenden Flächen werden mit Kupfervitriol oder mit Anreißlack behandelt, um die Anrißlinien gut sichtbar zu machen.

III. Passen

Passen heißt **Fertigbearbeiten** eines vorbearbeiteten Werkstücks, das mit einem anderen zugeordneten Werkstück ruhend oder gleitend verbunden werden muß. Dabei müssen sich die aufeinanderliegenden Flächen – die **Paßflächen** – gleichmäßig berühren.



(Abb. 29)

Das Werkstück wird an den Paßflächen so lange durch Feilen, Reiben, Schaben, Schleifen und andere Arbeitsmethoden bearbeitet, bis es zu dem zugeordneten Teil paßt. Die **Paßfuge** muß entweder als gleichmäßiger Lichtspalt erscheinen oder lichtdicht sein (Abb. 29).

IV. Übungsaufgaben

1. Was versteht man unter Messen? **2.** Wieviel mm sind 15 Mikron? **3.** Erkläre den Zehnernonius eines Meßschiebers! **4.** Welche Geräte benutzt man zur Flächenprüfung? **5.** Worauf ist beim Anreißen mit der Reißnadel zu achten? **6.** Wozu verwendet man einen Reißstock? **7.** Was versteht man unter Passen? **8.** Erkläre den Begriff Paßfuge!

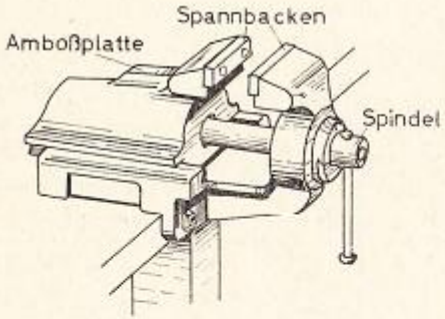
fernmeldelehrling.de

B. Spannwerkzeuge

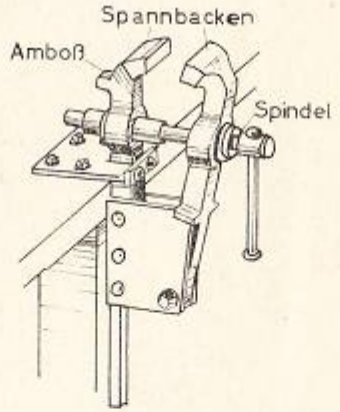
Zum Festhalten der Werkstücke während des Bearbeitungsvorgangs spannt man sie in Vorrichtungen ein, die man **Spannwerkzeuge** nennt. Nachfolgend sollen die wichtigsten Spannwerkzeuge mit Ausnahme der Spezialvorrichtungen an den Werkzeugmaschinen kurz beschrieben werden.

I. Schraubstöcke

Es gibt Schraubstöcke mit Parallelführung oder mit Radialführung der Spannbacken. Der **Parallelschraubstock** (Abb. 30) wird hauptsächlich für Schlosser- und Mechanikerarbeiten verwendet. Die Backenbreite beträgt 50 bis 200 mm.

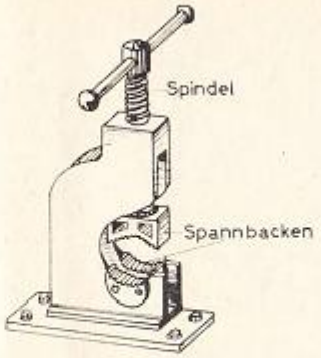


(Abb. 30)



(Abb. 31)

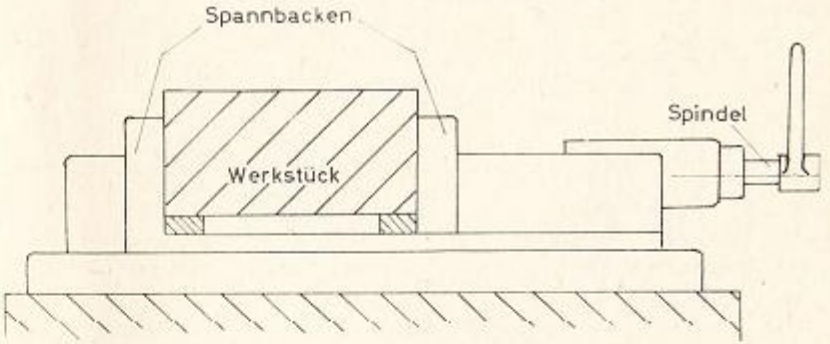
Der **Zangenschraubstock** (Abb. 31) ist sehr stabil und kann hohen Belastungen standhalten. Er findet vorwiegend bei Schmiede- und Biegearbeiten Verwendung. Die Backenbreite kann 100, 125, 150 und 200 mm betragen.



(Abb. 32)

Der **Rohrschraubstock** (Abb. 32) dient zum Einspannen von Rohren. Er wird hauptsächlich bei Installations- und Schlosserarbeiten verwendet. Die Backenbreite beträgt 40 bis 200 mm.

Der **Maschinenschraubstock** (Abb. 33) ist ein Parallelschraubstock, mit dessen Hilfe Werkstücke schnell, sicher und fest eingespannt werden können, damit sie während der Bearbeitung an Werkzeugmaschinen



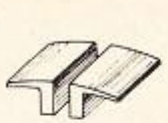
(Abb. 33)

nicht durch den Schnittdruck in ihrer Lage verschoben werden.

II. 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 sind Schutzbacken (Abb. 34a), Spannkloben (Abb. 34b), Reifkloben (Abb. 34c), Spannschienen (Abb. 34d) und Gewindebacken (Abb. 34e).

fernmeldelehrling.de

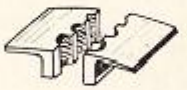


a) Schutzbacken

b) Spannkloben

c) Reifkloben

d) Spannschienen



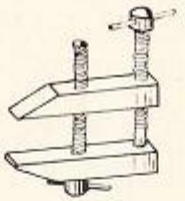
e) Gewindebacken

(Abb. 34a bis e)

III. Hilfsspannzeuge

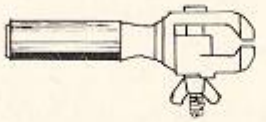
Hilfspannzeuge dienen sowohl zum Spannen der Werkstücke als auch zum Spannen der Werkzeuge. Abb. 35 zeigt einige Hilfsspannzeuge:

a) Schraubzwinge



b) Parallelzwinge

c) Feilkloben



d) Stielfeilkloben

(Abb. 35a bis d)

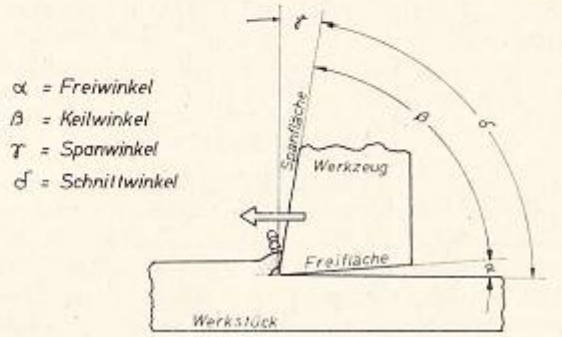
IV. Übungsaufgaben

1. Skizziere einen Parallelschraubstock! 2. Für welche Arbeiten wird ein Zangenschraubstock verwendet? 3. Nenne einige Hilfszeuge für das Einspannen in den Schraubstock! 4. Zu welchem Zweck benutzt man die einzelnen Hilfszeuge? 5. Nenne einige Hilfsspannzeuge und skizziere eines davon!

C. Spanabhebende Verformung

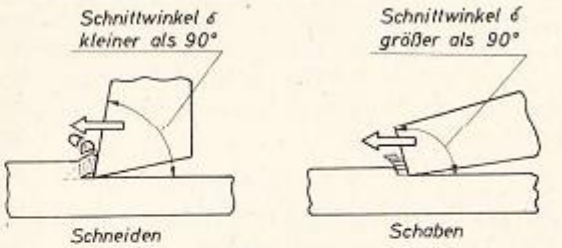
Feilen, Sägen, Schaben, Meißeln, Bohren, Drehen, Fräsen usw. zählen zu den spanabhebenden Bearbeitungsarten. Alle Werkzeuge, mit denen eine spanabhebende Verformung des Werkstückes ausgeführt wird, trennen mit ihrer Schneide Späne vom Werkstoff ab. Für den Vorgang der Spanabtrennung sind die Winkel an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

Grundform und Winkel der Werkzeugschneide



(Abb. 36)

Schnittwinkel beim Schneiden und Schaben



(Abb. 37)

I. Grundsätzliches

1. Keilwinkel

Der Keilwinkel (Abb. 36) ist der Winkel des Werkzeugkeiles, der in das Werkstück eindringt. 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

fernmeldelehrling.de

also um so kleiner gehalten werden, je weicher der Werkstoff des Werkstückes ist.

2. Freiwinkel

Der Freiwinkel (Abb. 36) ist der Winkel zwischen Schneiderücken des Werkzeugs und der Oberfläche des Werkstückes. Wäre dieser Freiwinkel 0°, so würde der Rücken der Werkzeugschneide auf der zu bearbeitenden Fläche aufliegen und stark reiben, wodurch die Schneide schnell stumpf werden würde. Abb. 36 zeigt, daß Frei-, Keil- und Spanwinkel zusammen einen rechten Winkel (90°) ergeben. Daraus ist ersichtlich, daß die günstigste Größe des Freiwinkels nur auf Kosten einer Verminderung der anderen Winkel möglich ist. Deshalb wählt man den Freiwinkel im allgemeinen nur so groß, daß das Werkzeug genügend frei schneidet, ohne sehr zu reiben und sich zu erwärmen.

3. Spanwinkel

Der Span gleitet an der **Span-** oder **Brustfläche** entlang. Der Winkel zwischen dieser Spanfläche und einer gedachten Linie senkrecht zur Bearbeitungsrichtung heißt **Spanwinkel** (Abb. 36). 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. In den meisten Fällen wird deshalb ein **mittlerer Spanwinkel** gewählt. Der hier entstehende Span bröckelt in kurzen Stücken ab, er läßt aber auch ein Schwingen der Werkzeugschneide nicht zu. Diesen gewünschten Span nennt man **Scherspan.**

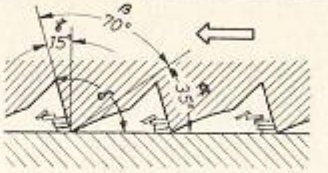
4. Schnittwinkel

Der **Schnittwinkel** (Abb. 36) setzt sich zusammen aus dem Freiwinkel und Keilwinkel. Bei bestimmtem Keilwinkel kann man einem Werkzeug einen größeren oder kleineren Schnittwinkel geben, je nachdem, welche Neigung man ihm gibt. Große Schnittwinkel ergeben großen Schnittdruck, weil der Werkstoff stark gestaucht wird. Ist der Schnittwinkel **kleiner als 90°, schneidet** das Werkzeug, ist er **größer als 90°**, spricht man vom **Schaben** (Abb. 37).

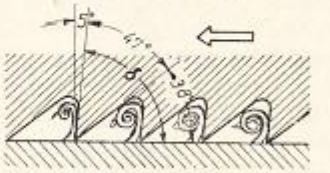
II. Feilen

Die Feilen sind trotz Anwendung moderner Werkzeugmaschinen aus der Metallbearbeitung nicht fortzudenken.

Gehauener und gefräster Feilenzahn



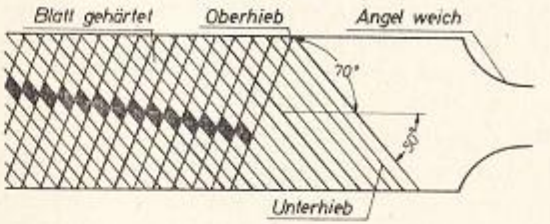
Schabwirkung



Schneidwirkung

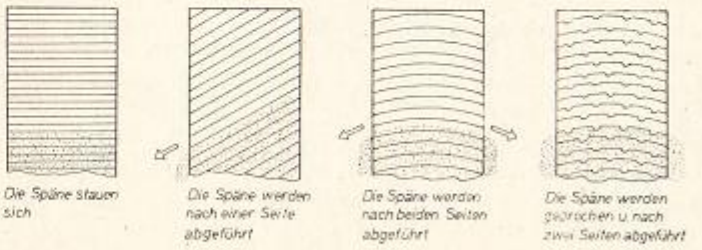
(Abb. 38)

Kreuzhieb



(Abb. 39)

Hiebanordnung



(Abb. 40)

fernmeldelehrling.de

Die Feile besteht aus dem Feilenkörper oder Feilenblatt mit den eingehauenen oder eingefrästen Zähnen und der Angel, die zur Befestigung des Feilengriffes oder -heftes dient (Abb. 38 u. 39). Die gehauene Zahnform hat eine um 5 bis 15° nach hinten liegende Schneide (Abb. 38). 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° (Abb. 38). Dadurch entsteht eine schneidende Wirkung.

Abb. 40 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. Die Feilen mit einer Hiebanordnung nach Abb. 40 nennt man **einhiebige Feilen,** sie werden vorwiegend als Säge- und Schärffeilen und zur Bearbeitung weicher Werkstoffe (Zinn, Zink, Blei, Aluminium usw.) benutzt.

Der **Doppel-** oder **Kreuzhieb** (Abb. 39) wird angewendet bei den sogenannten **Universalfeilen,** 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:

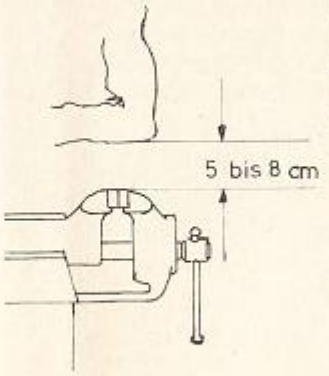
Schruppfeilen mit	8 bis 15 Hieben auf 1 cm Länge,
Halbschlichtfeilen	15 bis 25 Hieben auf 1 cm Länge,
Schlichtfeilen	30 bis 80 Hieben auf 1 cm Länge,
Doppelschlichtfeilen	80 bis 120 Hieben auf 1 cm Länge.

Ihrer Größe nach werden die Feilen eingeteilt in Armfeilen, Handfeilen Schlüsselfeilen und Nadelfeilen. Abb. 41 zeigt die gebräuchlichsten Feilenarten.

Die gebräuchlichsten Feilenarten (Querschnitte)

(Abb. 41)

Beim Feilen wird das Werkstück in einen Parallelschraubstock (Abb. 30) eingespannt. Der Schraubstock hat die richtige Höhe, wenn seine Oberkante etwa ¼ der Oberarmlänge (das sind 5 bis 8 cm) unter der Ellenbogenhöhe liegt (Abb. 42). Unter Umständen ist ein Höhenausgleich erforderlich. Diesen Ausgleich erreicht man für große Personen durch Unterlegen von Hartholzplatten unter den Schraubstock, für kleine Personen durch Stehen auf einem Holzrost.



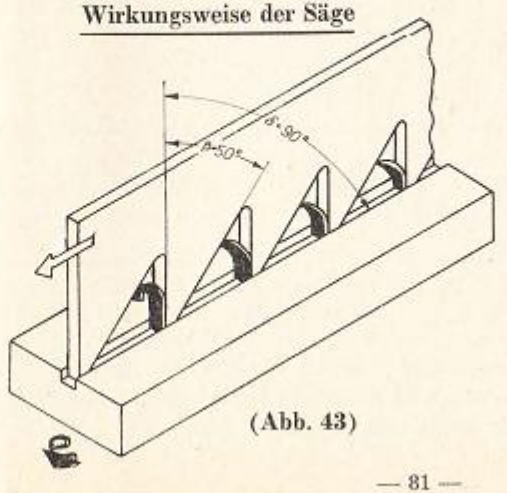
(Abb. 42)

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

III. Sägen

Sägen werden zum Trennen von Werkstoffen und zum Einschneiden von Nuten und Schlitzen verwendet. Es gibt Sägen mit gestanzten und mit gefrästen Zähnen. Das Sägeblatt ist gehärtet; damit es nicht springt, ist es angelassen. Das **Sägeblatt** (Abb. 43) hat viele hintereinanderliegende Zähne mit meißelartigen Schneiden. Beim Sägen kommen die Zähne nacheinander zum Eingriff und nehmen dabei kleine Spänchen ab. Die Form und Größe der Zähne sind von großem Einfluß auf die Schnittleistung. Der Keilwinkel beträgt etwa

Wirkungsweise der Säge



(Abb. 43)

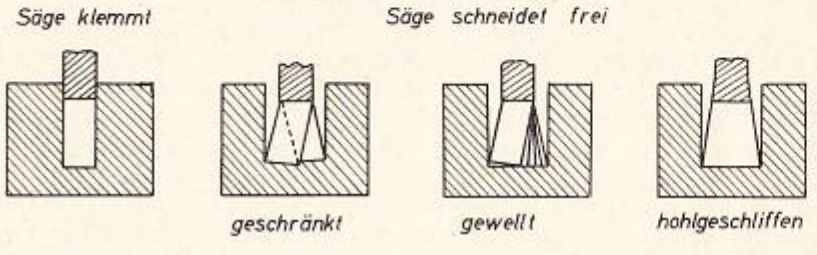
fernmeldelehrling.de

50° und der Schnittwinkel etwa 90°. Die Spänchen werden von den Zahnlücken aufgenommen und fallen außerhalb des Werkstückes heraus.

Bei tieferem Eindringen eines ebenen Sägeblattes in den Werkstoff würde es sich durch die Reibung an den Seiten in der Schnittfuge festklemmen (Abb. 44a). Deshalb wird das Sägeblatt **geschränkt,** d. h. die Zähne sind abwechselnd nach rechts und nach links abgebogen (Abb. 44b).

Ein Festklemmen des Sägeblattes wird auch verhindert durch ein **wellenförmig geschränktes** Blatt, d. h. man biegt eine Anzahl von Zähnen abwechselnd bogenförmig nach rechts und nach links (Abb. 44c). Außerdem werden noch **gestauchte** Sägeblätter verwendet (Abb. 44d).

Sägeblatt in Schnittfuge



(Abb. 44)

Die Wirkung der Säge wird verstärkt, je mehr Zähne sie hat und je größer der Druck ist, der auf sie wirkt. Das Ansägen kann man durch leichtes Anfeilen des Werkstückes erleichtern. Beim Sägen darf nur bei der Vorwärtsbewegung ein Druck ausgeübt werden, weil sonst beim Zurückziehen die Zähne stumpf werden oder gar ausbrechen. Beim Sägen von Hand darf kein Öl verwendet werden, weil verschmierte Sägeblätter schlecht schneiden; außerdem besteht Unfallgefahr.

Maschinensägen arbeiten entweder auf Zug oder neuerdings auch 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.

Kaltsägen sind alle spanabhebenden Sägen, gleichgültig, ob sie von Hand oder von Maschinen bewegt werden. Warmsägen sind zahnlose, aufgerauhte, schnellumlaufende Stahlscheiben, die den Werkstoff infolge der bei der Reibung entstehenden Wärme an der Berührungsstelle zum Schmelzen bringen und ihn somit trennen. Diese **Reib-** oder **Schnelltrennsägen** brauchen nie geschärft zu werden.

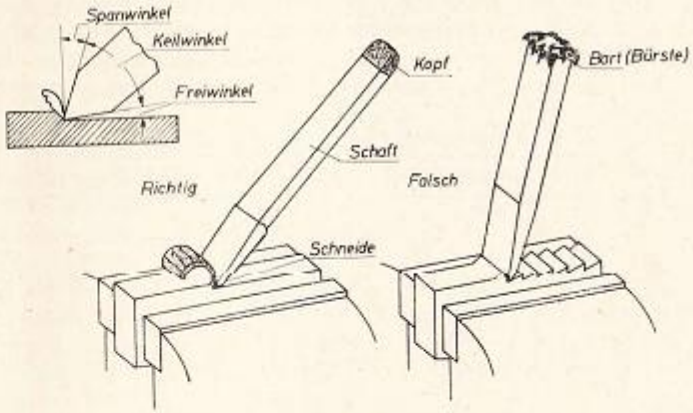
IV. Schaben

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. Weitere beim Schaben gebräuchliche Gegenstände sind vor allem die **Tuschierplatte** und das **Tuschierlineal,** mit deren Hilfe im Lichtspaltverfahren die Güte der geschabten Fläche von Zeit zu Zeit geprüft wird.

V. Meißeln

Der **Meißel** dient zum Trennen und zur Spanabnahme. Er besteht aus **Schneide, Schaft und Kopf** (Abb. 45). Die den Meißel treibende Kraft wird durch Hammerschläge erzeugt.

Meißelhaltung



(Abb. 45)

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 (Abb. 45). Bei zu steiler Meißelhaltung überschreitet der Freiwinkel den Mittelwert, der Meißel dringt zu tief in den Werkstoff ein. Eine einwandfreie, richtig geschliffene Meißelschneide ist die Voraussetzung für eine saubere Arbeit.

fernmeldelehrling.de

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 werden auf die Mitte des Meißelkopfes gesetzt.

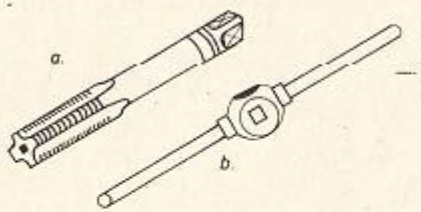
Beim **Trennen** mit dem Meißel wird das Werkstück **spanlos** getrennt. Das Trennen erfolgt auf einer schweren Unterlage (Amboß). Zum Schutz der durchtretenden Meißelschneide wird zwischen Werkstück und Unterlage ein Stück Blech gelegt.

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.**
Wo größere Meißelarbeiten anfallen, werden **Preßluft-Meißelhämmer** oder elektrisch angetriebene Meißelhämmer verwendet.

VI. Gewindeschneiden

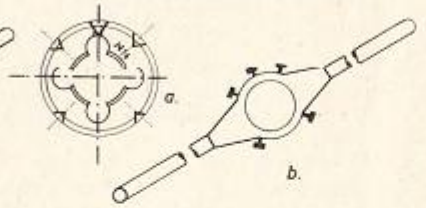
Hier handelt es sich um das Gewindeschneiden von Hand. Es kommt häufig vor, daß man Gewinde mit Gewindebohrern und Schneideisen herstellen muß. Man unterscheidet **Innengewinde** (Muttergewinde) und **Außengewinde** (Bolzengewinde). Die Gewindeschneidwerkzeuge sind aus bestem Stahl hergestellt, sie sind sehr hohen Belastungen ausgesetzt.

a) Gewindebohrer
b) Kugelwindeisen



(Abb. 46)

a) Schneideisen
b) Schneideisenhalter



(Abb. 47)

Zum **Schneiden von Innengewinden** wird der **Gewindebohrer** (Abb. 46) verwendet. Auf seinen Zapfen ist das entsprechende Gewinde aufgeschnitten. An seinem Schaftende hat er einen Vierkant, auf den das **Windeisen** gesetzt wird. Die Gewindegänge des Bohrers sind durch drei oder vier Längsnuten aufgeteilt. Dadurch wird ein günstiger Keilwinkel, guter Spanabfluß und der Zutritt von Schmiermitteln erreicht. Die vorderen Gewindegänge sind leicht angeschrägt, sie fassen so besser an.

Ein **dreiteiliger Handgewindebohrersatz** besteht aus dem Vor-, dem Mittel- und dem Fertigschneider, die alle dem in Abb. 46 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. Sie werden in der Reihenfolge dieser Kennzeichnung angewendet. Erst der Fertigschneider erzeugt ein voll ausgeschnittenes Gewinde, während Vor- und Mittelschneider die Vorarbeit zu leisten haben.

Die **Bohrung** für ein Gewinde muß immer etwas größer sein als der Durchmesser des Gewindekernes. Beim Schneiden drückt nämlich der Gewindebohrer das Gewinde auf. Den richtigen Bohrerdurchmesser zum Bohren von Gewindekernlöchern kann man Tabellen entnehmen. Im allgemeinen rechnet man den Kerndurchmesser nach folgender Faustformel aus:

> Gewindelochdurchmesser mal 0,8 ist gleich dem Kernlochdurchmesser.

Nach dem Bohren wird das Kernloch an beiden Seiten angesenkt. Dadurch wird ein besseres Ausschneiden des Gewindebohrers erreicht und gleichzeitig verhindert, daß der erste und der letzte Gewindegang aus dem Kernloch herausgedrückt werden.

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. Diese Löcher haben die gleiche Aufgabe wie die Längsnuten beim Gewindebohrer. Man arbeitet in der Hauptsache mit **geschlossenen** Schneideisen (Abb. 47) und erhält dabei ein einwandfreies maßhaltiges Gewinde. Der Steg des Schneideisens kann auch durchgeschliffen werden. Man erhält dann ein **geschlitztes** Schneideisen, das in geringen Grenzen nachgestellt werden kann. Das Schneideisen wird im Schneideisenhalter gehalten. Beim Schneiden ist das Schneideisen so auf den Bolzen zu setzen, daß die Gewindebezeichnung der anschneidenden Seite gegenüberliegt.

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 $^2/_{10}$ der Gewindetiefe), weil auch hier der Werkstoff beim Schneiden etwas aufgeworfen wird.

Gewindeschneidkluppen 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.

fernmeldelehrling.de

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

VII. Übungsaufgaben

1. Nenne die für den Vorgang der Spanabtrennung wichtigen Winkel an der Schneide des Werkzeugs und erläutere sie! 2. Was versteht man unter Feilenhieb? 3. Nenne die gebräuchlichsten Feilenarten und skizziere ihren Querschnitt! 4. Warum wird ein Sägeblatt geschränkt? 5. Zu welchem Zweck werden Werkstücke durch Schaben bearbeitet? 6. Worauf ist beim Meißeln besonders zu achten? 7. Welches Werkzeug wird zum Schneiden von Innengewinden und welches zum Schneiden von Außengewinden verwendet? 8. Was ist bei der Bohrung für ein Gewinde zu beachten?

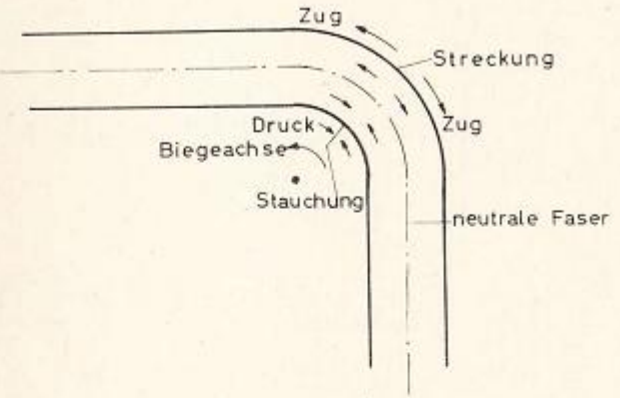
D. Spanlose Verformung

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

I. Richten und Biegen

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

Draht kann man in den meisten Fällen durch **Recken** richten. Man spannt ein Ende des Drahtes in den Schraubstock und befestigt am anderen Ende ein Stück Holz. Durch mehrmaliges, ruckartiges Anziehen streckt sich der Draht und wird gerade.



(Abb. 48)

Beim **Biegen** eines Werkstoffes wird die äußere Faser gestreckt, die innere dagegen gestaucht (Abb. 48). Zwischen äußerer und innerer Faser befindet sich die **neutrale Faser**, deren Länge beim Biegen unverändert bleibt. Beim Biegen ist auf die Walzrichtung des Werkstoffes zu achten; die Biegekante soll möglichst quer zur Walzrichtung liegen. Nach dem Biegen

fernmeldelehrling.de

tritt je nach Werkstoff, Biegeradius und Walzrichtung eine Rückfederung ein. Das Werkstück muß deshalb überbogen werden, damit man nach der Auffederung den gewünschten Biegewinkel erhält.

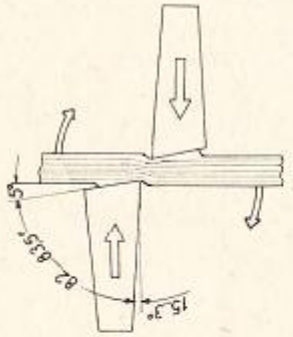
Schmale Werkstücke werden im Schraubstock, über die Kante des Amboss oder über ein Rundeisen gebogen. Beim Biegen von Rohren in kaltem Zustand werden diese mit trockenem Sand, Blei, Kolophonium oder Treibkitt ausgefüllt. Für größere Bleche verwendet man die Blechkluppe. Diese wird mit dem einen Ende in einen Schraubstock gespannt, am anderen Ende klemmt eine Schraube oder ein Feilkloben das Werkstück zwischen 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.

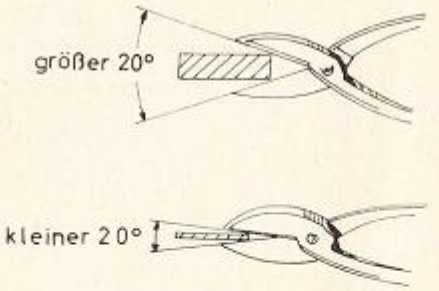
II. Schneiden und Scheren

Beim Schneiden setzt der Werkstoff den eindringenden Schermessern einen Widerstand entgegen, den man **Scherfestigkeit** nennt. Im Gegensatz

Winkel an Schermessern



(Abb. 49)



(Abb. 50)

zum Meißeln dringen hier zwei Messer gegeneinander in den Werkstoff ein. Die Schermesser durchschneiden im allgemeinen $^{6}/_{10}$ bis $^{7}/_{10}$ der Werkstoffdicke, dann erfolgt der Bruch. Die mittlere Scherfläche ist daher rauh und zerrissen; der äußere Anschnitt ist glatt und sauber. Die Schneiden der Schermesser erhalten einen Spanwinkel von etwa 5° zur Erleichterung des Eindringens in den Werkstoff. Ein Freiwinkel von 1,5 bis 3° verringert die Reibung beim Durchschneiden. Der günstigste Keilwinkel ist also 82 bis 83,5° (Abb. 49). Bei **Handscheren** erfolgt das

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° sein (Abb. 50).

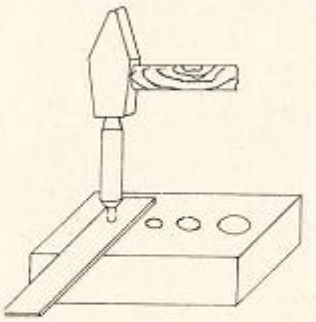
Die Schneiden von Hebel- und Maschinenscheren müssen sich aneinander vorbeibewegen, damit ein gegenseitiges Aufsetzen der Schermesser vermieden wird und keine Reibung der Schermesser aneinander entsteht. Den Abstand, mit dem sich die Schermesser aneinander vorbeibewegen, nennt man **Schneidenspiel.** In fast jeder Werkstatt findet man **die Hebelschere.** Sie schneidet Bleche bis zu 6 mm Dicke. Das Verkanten des Bleches wird durch einen verstellbaren Niederhalter verhindert.

III. Lochen

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

Zum Herstellen von Löchern geringerer Genauigkeit verwendet man den **Durchschlag.** Er hat die Form des herzustellenden Loches. Als Unterlage nimmt man einen Hartholzklotz oder eine Bleiplatte. Die mit einem Durchschlag gelochten Bleche sind oft verbeult; das Loch ist ausgerissen und nicht gratfrei.

Lochen mit Lochplatte



(Abb. 51)

Dieser Nachteil wird bei Verwendung einer Lochplatte (Abb. 51) vermieden. Der Lochstempel muß etwas kleiner sein als der Durchbruch der Lochplatte. Zum Lochen dickerer Werkstücke werden Handhebelpressen oder Maschinenpressen eingesetzt.

fernmeldelehrling.de

IV. Stanzen

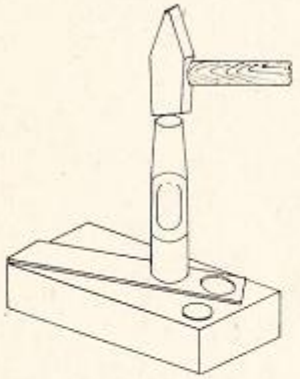
In der **Stanzereitechnik** gibt es Werkzeuge, die den Werkstoff trennen oder schneiden; man nennt sie **Schnitte.** Werkzeuge, die den Werkstoff nur verformen, bezeichnet man als **Stanzen.** Zum Ziehen dienen die **Ziehwerkzeuge.**

Das einzige noch von Hand zu bedienende Werkzeug ist das Locheisen (Abb. 52). Alle anderen Werkzeuge sind in mehr oder weniger große Pressen eingebaut. Der Vollständigkeit wegen sollen aber einige Beispiele skizziert werden:

Das **Locheisen** (Abb. 52) wird nur für untergeordnete Zwecke und zum Ausschneiden von Scheiben aus Leder oder Pappe benutzt. Der **Freischnitt** (Abb. 53) besteht aus Schnittstempel und Schnittplatte, er wird zum Ausschneiden großer Scheiben verwendet.

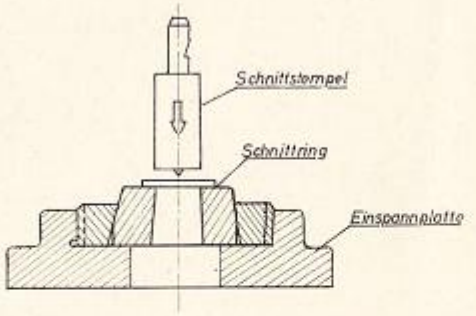
Die **Biegestanze** (Abb. 54) wird zum Umformen von Teilen verwendet, bei denen der Werkstoff in seiner Dicke nicht verändert wird. Sie besteht aus Stempelkopf, Oberstempel, Aufnahme, Unterstempel und Grundplatte.

Locheisen



(Abb. 52)

Freischnitt



(Abb. 53)

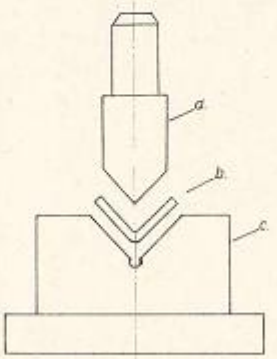
Mit dem **Ziehwerkzeug** (Abb. 55) werden Hohlkörper hergestellt. Es besteht im wesentlichen aus Ziehstempel, Niederhalter, Ziehring und Aufnahme. Bei tiefen Hohlkörpern sind mehrere Ziehstufen und ebenso viele Ziehwerkzeuge erforderlich.

Biegestanze

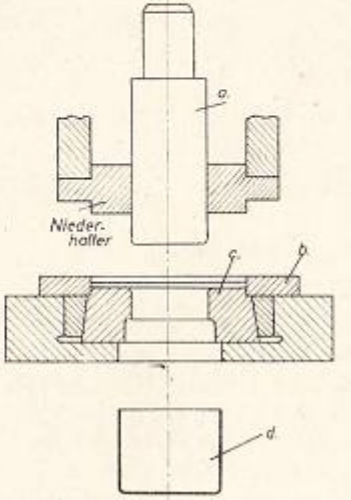
a) **Oberstempel** c) **Unterstempel**
b) **Werkstück**

Ziehwerkzeug

a) **Ziehstempel** c) **Ziehring**
b) **Aufnahme** d) **fertiges Teil**



(Abb. 54)



(Abb. 55)

V. Schmieden

Das Schmieden ist eine Warmbehandlung. 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; der am meisten geschmiedete Werkstoff ist Stahl. Die weiteren Ausführungen über das Schmieden beziehen sich deshalb auf das letztgenannte Metall.

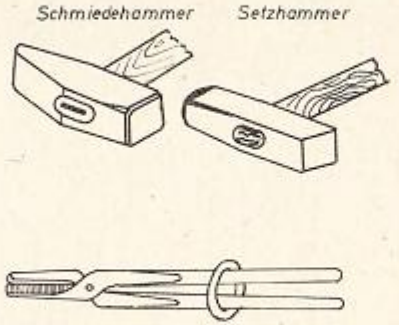
Die Schmiedetemperatur ist von der Stahlart abhängig (Baustahl 1300 bis 750 °C). Die hohe Temperatur ist die **Anfangsschmiedetemperatur,** bei ihr soll erst die Verformung beginnen. Die niedrige ist die **Endschmiedetemperatur,** unterhalb dieser soll keine Verformungsarbeit mehr stattfinden. Die Werkstücke werden in **Schmiedeherden** oder **-öfen** auf die richtige Temperatur gebracht.

Werkzeuge zum Schmieden sind der Amboß (Abb. 56) sowie verschiedene Zangen und Hämmer (Abb. 57).

fernmeldelehrling.de

Schmiedewerkzeuge

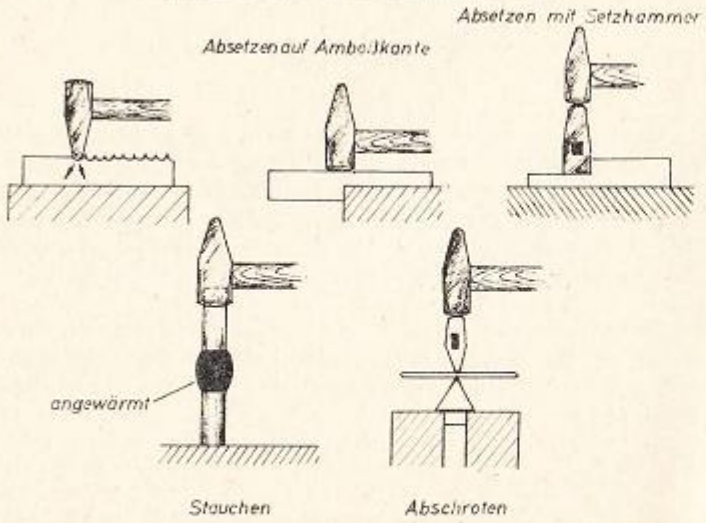
(Abb. 56)



(Abb. 57)

Es wird unterschieden zwischen Freiformschmieden und Gesenkschmieden. Beim **Freiformschmieden** wird die Form des Werkstückes 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 Werkstückes entsprechen.

Arbeitsvorgänge beim Schmieden



(Abb. 58)

Abb. 58 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.

Das **Stauchen** verursacht an der angewärmten Stelle des Werkstückes eine Querschnittsvergrößerung unter gleichzeitiger Verkürzung der Länge.

Durch **Abschroten** wird das angewärmte Stück getrennt.

VI. Federwickeln

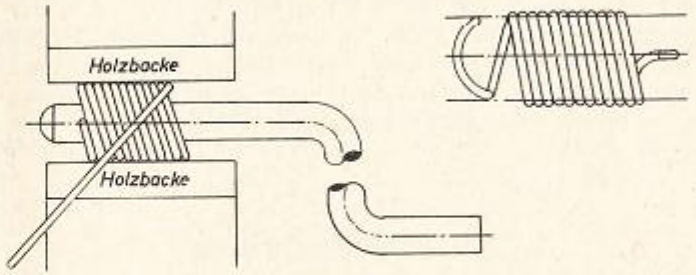
Federn haben die Aufgabe, Maschinenteile elastisch miteinander zu verbinden. Sie dienen auch zum Auffangen von Stößen (Stoßdämpfer) und als Kraftspeicher. Je nach ihrem Verwendungszweck unterscheiden wir zwischen:

Spiralfedern (Antrieb von Spielzeug, Uhren usw.),
Verdrehungsfedern (Gepäckhalter beim Fahrrad),
Blattfedern (Tragfedern beim Kraftfahrzeug) und
Schraubenfedern.

Die Schraubenfedern werden eingeteilt in Zug- und Druckfedern.

Bei großen Stückzahlen werden Schraubenfedern auf Automaten oder Wickelbänken hergestellt. Einzelne Stücke werden im Schraubstock oder auf der Drehbank gefertigt.

Wickeln einer Zugfeder



(Abb. 59)

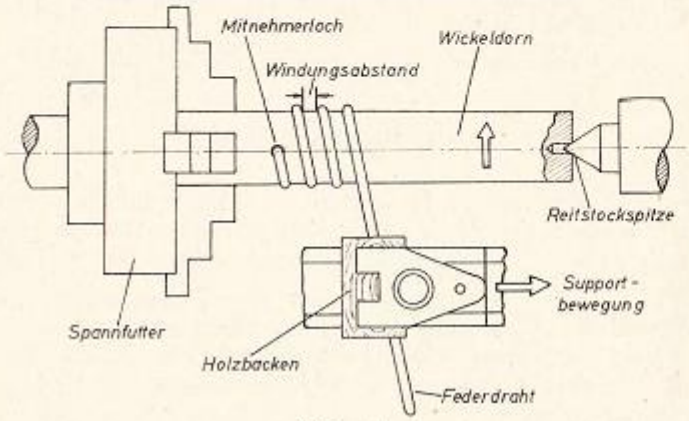
Abb. 59 zeigt das Wickeln einer Zugfeder im Schraubstock. Hierbei wird der Wickeldorn, dessen eines Ende die Form einer Kurbel hat, zwischen zwei Holzbacken in den Schraubstock eingespannt. Auf den Dorn wird

fernmeldelehrling.de

dann der Federdraht aufgewickelt. Die Auffederung ist so gering, daß sie unberücksichtigt bleiben kann.

Beim Wickeln der Feder auf der Drehbank (Abb. 60) spannen wir den Wickeldorn zwischen den Spitzen oder im Spannfutter ein. Der Feder-

Wickeln einer Druckfeder auf der Drehbank



(Abb. 60)

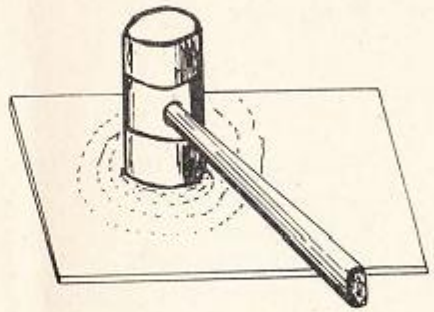
draht wird in das Mitnehmerloch des Wickeldornes eingeführt und die Feder bei langsam laufender Maschine durch Bewegen des Supports gewickelt. Die Steigung der Druckfeder wird durch den Vorschub bestimmt. Den gewünschten Windungsabstand kann man durch Einlegen eines Drahtstückes mit entsprechendem Durchmesser erreichen. Zugfedern werden ohne Windungsabstand gewickelt.

Die fertig gewickelte Druckfeder wird auf ein Rundeisen gesteckt. Der erste und der letzte Gang werden abgeschliffen. Durch die hierbei entstehende Wärme legt sich die letzte (oder erste) Windung an die folgende und bildet so eine tote Windung. Man erhält hierdurch eine gleichmäßige Druckfläche. Bei einer Zugfeder werden die beiden Enden der Feder aufgebogen.

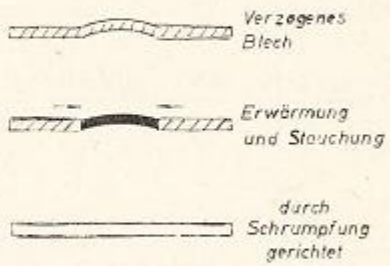
VII. Blechbearbeitung

Das Wesentliche ist schon unter „Richten und Biegen" gesagt worden. Arbeitsvorgänge wie Bördeln, Sicken, Falzen, Treiben, Ziselieren, Drükken usw. sind Praktiken, deren Beschreibung hier zu weit gehen würde. Auf das Spannen und Richten von Blechen soll jedoch etwas näher eingegangen werden.

Spannen von Blech **Flammrichten durch Schrumpfung**



(Abb. 61)



(Abb. 62)

Durch Transport oder Lagerung entstandene Verformung kann man durch Spannen des Bleches wieder beseitigen. Beulen im Blech richtet man, indem man das Blech am Rande der Beule streckt. Dabei werden Hammerschläge spiralförmig von innen nach außen um die Beule geführt (Abb. 61). Hat ein Blech mehrere Beulen, so werden diese durch Strecken des Werkstoffes zu einer Beule vereinigt und diese dann ausgerichtet. Gewellte Blechränder werden durch Strecken vom Rande zur Mitte hin wieder eben gerichtet.

Neuerdings werden Bleche auch durch das Flammrichten wieder in eine ebene Form gebracht. Durch 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 (Abb. 62).

VIII. Übungsaufgaben

1. Erkläre anhand einer Skizze die beim Biegevorgang am Werkstück auftretenden Kräfte! **2.** Worauf ist beim Scheren zu achten? **3.** Welche Werkzeuge benutzt man beim Lochen von Hand? **4.** Erkläre den Unterschied zwischen Schnitt-, Stanz- und Ziehwerkzeugen in der Stanzereitechnik! **5.** Wodurch unterscheidet sich das Freiformschmieden vom Gesenkschmieden? **6.** Erläutere die Arbeitsvorgänge Strecken, Absetzen, Stauchen und Abschroten! **7.** Erkläre das Wickeln einer Zug- und Druckfeder! **8.** Wie richtet man ein verbeultes Blech?

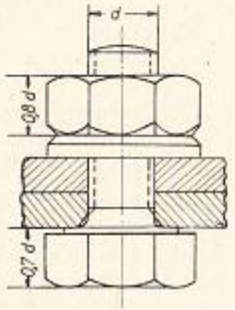
fernmeldelehrling.de

E. Verbindungsarten

I. Schraubenverbindungen

Schraubenverbindungen sind lösbare Verbindungen. Die Schraube ist das am häufigsten verwendete Maschinenelement.

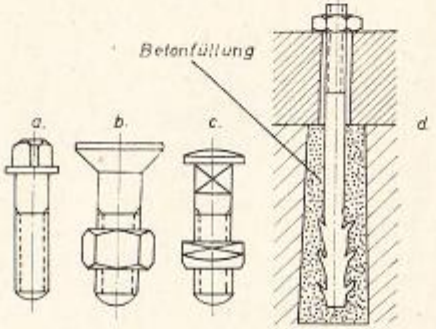
Sechskantschraube mit Mutter



(Abb. 63)

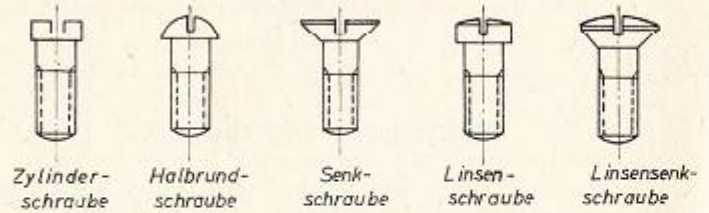
Schraubenarten

a) Vierkantschraube
b) Senkschraube
c) Flachrundschraube
d) Steinschraube



(Abb. 64)

Schlitzschrauben

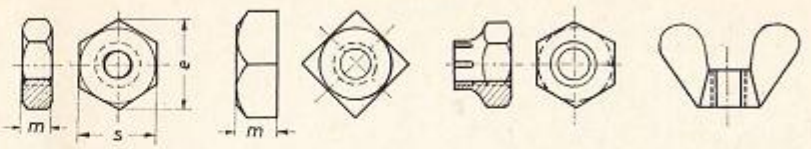


(Abb. 65)

Abb. 63 bis 65 zeigen die gebräuchlichsten **Schrauben.** Neben den dargestellten Arten gibt es u. a. noch Paß-, Stift-, Blech- und Holzschrauben.

Abb. 66 zeigt die am häufigsten verwendeten **Muttern.** Außerdem werden noch Hut-, Rändel-, Überwurf-, Nut-, Kreuzloch- und Annietmuttern verwendet.

Muttern



(Abb. 66)

Das Lockern der Muttern wird durch **Schraubensicherungen** verhindert. Zur Sicherung werden verwendet: **Federringe, federnde Zahnscheiben, Doppel- oder Gegenmuttern, Kronenmuttern mit Splint** u. a. m.

Zum Anziehen der Schlitzschrauben benutzen wir **Schraubenzieher.** Zur Schonung der Schraubenschlitze muß der Schraubenzieher die richtige Dicke und Breite haben und flach und nicht keilförmig angeschliffen sein.

Zum Anziehen der Muttern 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.**

II. Stifte

Stiftverbindungen gehören zu den lösbaren Verbindungen. Stifte haben die Aufgabe, Einzelteile in ihrer Lage genau festzulegen. Sie dienen auch als alleinige Befestigungsmittel. Ferner werden sie als Sicherung benutzt (an Stelle des Splintes). Stifte verhindern an empfindlichen Maschinen eine Überbeanspruchung. Man unterscheidet also je nach Aufgabe: **Paßstifte, Befestigungsstifte, Sicherungsstifte und Abscherstifte. Stiftarten sind Zylinder-, Kegel-, Kerb- und Spannstifte.**

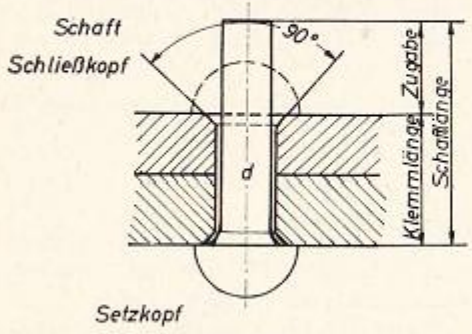
III. Keile und Federn

Keile und Federn dienen zur Verbindung von Welle und Nabe. Sie haben die Aufgabe, ein Verdrehen der Nabe auf der Welle zu verhindern. Der Keil sichert gleichzeitig die Nabe gegen ein Verschieben in der Längsachse.

fernmeldelehrling.de

IV. Nietverbindungen

Bezeichnungen an einem Niet



(Abb. 67)

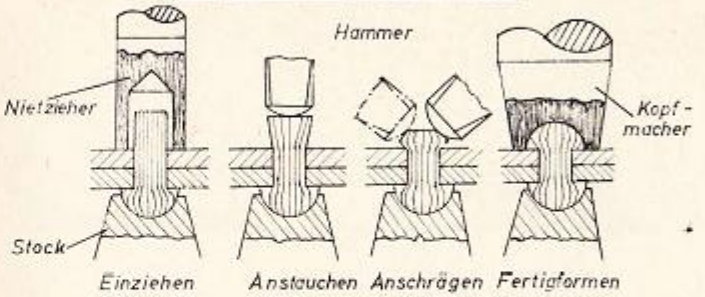
Die Nietverbindung ist eine feste Verbindung, die ohne Zerstörung des Nietes nicht zu lösen ist. Der Niet ist ein einfaches und billiges Verbindungselement. Er besteht aus Setzkopf, Schaft und Schließkopf. Der Schließkopf wird aus dem vorstehenden Ende des Schaftes in kaltem oder glühendem Zustand gebildet (Abb. 67). Die Formen und Abmessungen der Niete sind genormt. **Blechniete** haben einen Schaftdurchmesser unter 10 mm, Niete mit einem Schaftdurchmesser von 10 bis 43 mm heißen **Kessel-** und **Stahlbauniete.** Der Schaft des Kessel- und Stahlbaunietes ist kegelig, damit er besser in das Nietloch eingeführt werden kann.

Die **Kopfformen** wählt man je nach dem Verwendungszweck. Bei einer Nietverbindung kann z. B. 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.

Zur Verbindung von Werkstoffen, wie Kupfer, Aluminium, Kunststoff, Leder usw., verwendet man **Sonderniete,** wie Hohlniete, Sprengniete, Pilzniete, Riemenniete und andere. Die einfachste und gebräuchlichste Verbindung ist die **Überlappungsnietung.** Hierbei werden Bleche mit ihren Rändern übereinandergelegt und vernietet. Man unterscheidet ein- und zweireihige Überlappungsnietung. Bei der **Laschennietung** werden die gegeneinanderstoßenden Bleche mit einer über den „Stoß" gelegten Lasche vernietet. In diesem Falle spricht man von einer einreihigen, einfachen Laschennietung. Liegt **unter und über** den zu verbindenden Blechen je eine Lasche, so bezeichnet man die Nietung als einreihige Doppellaschennietung.

Abb. 68 zeigt die Arbeitsgänge bei einer Nietung. Die zu nietenden Werkstücke werden ausgerichtet und mit Feilkloben oder Schraubzwingen zusammengespannt. Die Löcher dürfen nur so groß sein, daß die Niete leicht eingeführt werden können. Die Lochränder werden angesenkt, damit die Nietköpfe gleichmäßig anliegen. Der Niet wird in das Nietloch eingeführt und der Setzkopf auf einen Setzstock aufgelegt. Mit Hilfe

Arbeitsvorgänge einer Nietung



(Abb. 68)

eines Nietziehers werden die Teile zusammengedrückt. Dann wird mit der Bahn des Niethammers der Nietschaft durch senkrechte Schläge vorgestaucht und der Schließkopf durch schräge Hammerschläge vorgeformt. Mit einem Kopfmacher wird der Schließkopf fertig geformt. Niete 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.**

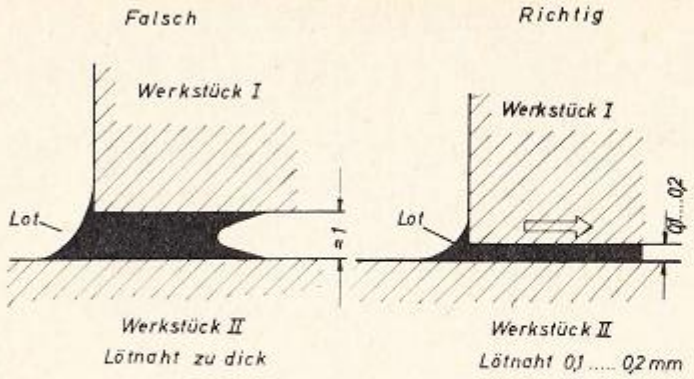
Das **Lösen einer Nietverbindung** kann nur durch Zerstören des Nietes erfolgen. Dies geschieht entweder durch Abmeißeln, Abbrennen oder Anbohren des Kopfes und Austreiben des Schaftes mit dem Durchschlag.

V. Lötverbindungen

Löten ist das Verbinden mehrerer Metallteile durch ein anderes 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 sind nicht lösbar.

Sollen zwei Bleche miteinander verlötet werden, so werden zunächst die zu verlötenden Blechkanten mit Schaber, Feile oder Schmirgelpapier metallisch gesäubert und gut zusammengepaßt. 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 (Abb. 69). Der Schmelzpunkt des **Lotes** muß immer niedriger sein als der der zu lötenden Metalle. Über Lote siehe Teil I unter Kupfer und Zinn.

fernmeldelehrling.de



(Abb. 69)

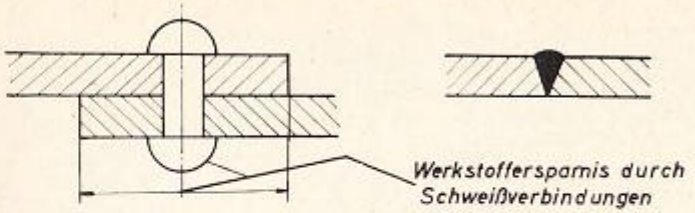
Flußmittel haben die Aufgabe, die Oxydhäute vom Metall zu lösen und die blanke Metallfläche während des Lötvorganges vor erneuter Oxydation zu schützen. Als Flußmittel werden verwendet: Lötwasser, Lötfett, Kolophonium, Stearin und Talg zum Weichlöten; gebrannter Borax sowie Streuborax zum Hartlöten,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

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. Wichtig ist die richtige Kolbentemperatur: bei zu kaltem Kolben kommt kein Fließen des Lotes zustande; bei überhitztem Kolben verbrennt das Lot, die Lötnaht wird rauh und körnig.

Werden an die Lötnaht hohe Ansprüche gestellt, so wird die **Hartlötung** angewendet. Zum Hartlöten in der Werkstatt bedient man sich der Lötpistole, der Lötlampe oder des Schweißbrenners. In größeren Betrieben erfolgt die Erwärmung in 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 Lötfuge einläuft. Die Werkstückteile werden dabei fest aneinandergedrückt; dabei ergibt sich dann eine dünne Lötfuge.

VI. Schweißverbindungen

Schweißen ist das Verbinden von meistens gleichartigen Metallen, die sich dabei in teigigem oder flüssigem Zustand befinden. Beim Schweißen wird gegenüber anderen Verbindungsarten erheblich an Werkstoff gespart (Abb. 70). Die Schweißung ist die beste unlösliche Verbindungsart für Metalle. Mit einer gut ausgeführten Schweißung wird eine feste, dichte und korrosionsbeständige Verbindung der Grundmetalle erreicht.



(Abb. 70)

1. Gasschmelzschweißen

Beim Gasschmelzschweißen bringt eine Schweißflamme von hoher Temperatur den Werkstoff zum Schmelzen. Zur Erzeugung der Schweißflamme wird ein Gemisch von Sauerstoff und Brenngasen verwendet. Das beste Schweißgas ist Azetylen (siehe Seite 60 unter Thermoplaste); es erreicht bei Verbrennung mit Sauerstoff Temperaturen von etwa 3300 °C. Wasserstoff wird selten zum Schweißen, sondern hauptsächlich zum Schneiden verwendet; es erzeugt bei Verbrennung mit Sauerstoff Temperaturen von etwa 2300 °C. Sauerstoff und Brenngase kommen in Stahlflaschen in den Handel (Azetylen aus Sicherheitsgründen in gelöstem Zustand unter einem Druck von 15 atü).

a) Gasflaschen

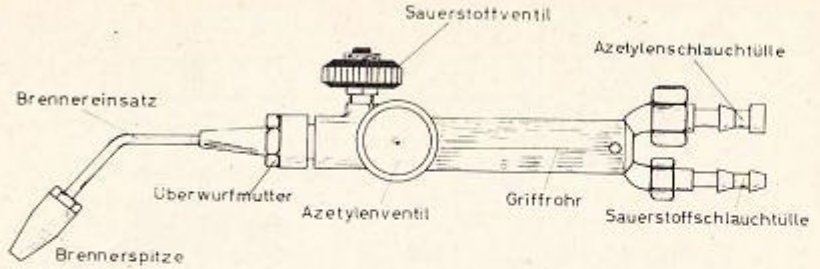
Gefüllte Gasflaschen können wie Sprengkörper wirken. Deshalb unterliegen sie behördlichen Vorschriften über Bau, Handhabung, Prüfung, Kennzeichnung usw., der sogenannten **Druckgasverordnung.** Die am häufigsten verwendete Normalflasche hat 40 Liter Rauminhalt. Das Flaschenventil ist in den Flaschenhals eingeschraubt, es wird durch eine Verschlußkappe geschützt. Die Flaschen sind durch eine Einstempelung am Flaschenhals, die Kennfarbe und die Art des Ventilschlusses gekennzeichnet:

Sauerstoff	blau	Rechtsgewinde R $^3/_4$"
Wasserstoff	rot	Linksgewinde W 21,8 × $^1/_{14}$"
Azetylen	gelb	Bügelanschluß

b) Schweißbrenner

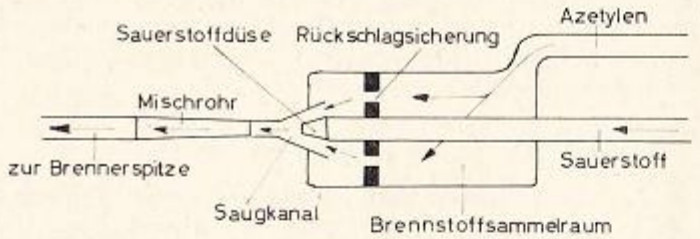
Im Schweißbrenner werden der Sauerstoff und das Brenngas im richtigen Verhältnis gemischt. Fast alle Schweißbrenner sind **Wechselschweißbrenner** (Abb. 71), auf deren Griffrohr verschiedene Brennereinsätze aufgeschraubt werden können. Der Schweißbereich richtet sich nach der

fernmeldelehrling.de



(Abb. 71)

Werkstoffdicke und ist auf jedem Einsatz angegeben (z. B. 2 – 4 mm). Die Schweißbrenner bestehen aus Messing und Leichtmetall, die Brennerspitzen aus Kupfer. Es werden Saug- und Druckbrenner verwendet. Hier soll nur der am häufigsten benutzte **Saugbrenner** kurz beschrieben werden (Abb. 72).



(Abb. 72)

Im Brenner wird das Brenngas durch Einspritzwirkung angesaugt. Der Sauerstoff wird unter einem Druck von 0,5 bis 3 atü durch eine Düse gepreßt, reißt dabei infolge seiner hohen Austrittsgeschwindigkeit das Brenngas mit und vermischt sich mit ihm im Mischrohr.

Bei **Inbetriebnahme** des Schweißbrenners wird **zuerst** das **Sauerstoffventil** und **dann** das **Gasventil** geöffnet, danach wird das Gemisch angezündet.

Zum **Löschen** der Schweißflamme wird **zuerst** das **Gasventil** und **dann** das **Sauerstoffventil** geschlossen. Bei umgekehrter Reihenfolge verrußt der Brenner. Verstopfte Brennerspitzen dürfen nur mit der passenden Düsennadel, jedoch niemals mit einem Draht oder der Reißnadel gereinigt werden.

c) Schweißflamme

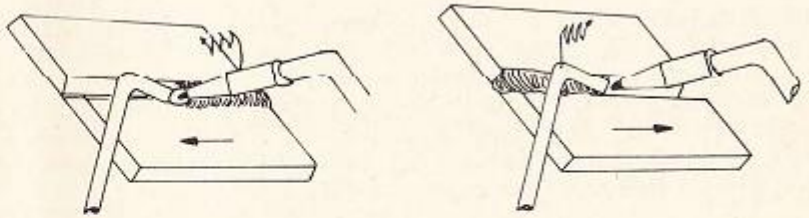
Nach dem Anzünden hat die Schweißflamme bei voll geöffnetem Gasventil einen gelbweißen, verschwommenen Flammenkegel (Abb. 73a). Beim Schweißen mit einer solchen Flamme würde die Schweißnaht verkohlen, Stahl würde spröde und hart werden. Deshalb wird die Gaszufuhr

(Abb. 73a-c)

so lange gedrosselt, bis ein langer, scharf abgegrenzter, weißleuchtender Flammenkegel entstanden ist (Abb. 73b). Nunmehr haben Sauerstoff und Azetylen das richtige Mischungsverhältnis. Die Schweißnaht wird fest und ohne Oxydschicht sein. Ist die Gaszufuhr zu gering, so entsteht eine zischende Flamme mit einem blauvioletten kurzen Kegel (Abb. 73c). Der Werkstoff würde verbrennen, was durch starkes Funkensprühen angezeigt wird. Außerdem würden sich Schlackeneinflüsse in der Schweißnaht bilden.

d) Schweißnaht

Man unterscheidet zwischen Nachlinks- und Nachrechtsschweißung. Bei dünnen Blechen, bis zu 4 mm Dicke, wird die **Nachlinksschweißung** angewandt (Abb. 74a). Der Schweißdraht wird geradlinig **vor** der Flamme geführt, während der Brenner halbkreisförmig bewegt wird.



(Abb. 74a u. b)

Bei Blechen über 4 mm Dicke wendet man die **Nachrechtsschweißung** an (Abb. 74b). Der Schweißdraht wird **hinter** der Flamme in halbkreisförmigen Schürfbewegungen geführt, während der Brenner geradlinig bewegt wird.

fernmeldelehrling.de

Wird die Naht nicht richtig durchgeschweißt, so besteht Bruchgefahr. Beim Durchfließen des Schweißgutes ergeben sich Schlackeneinflüsse.

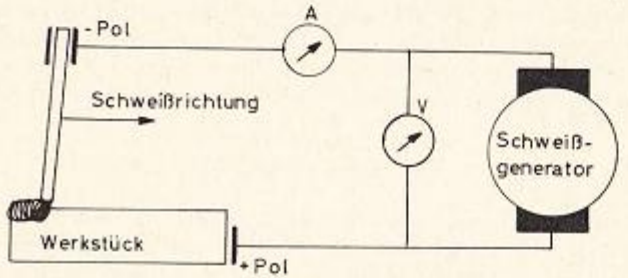
Merke:

Azetylenflaschen **niemals** legen, sondern nur stellen!
Flaschen und Ventile frei von Öl und Fett halten, **Explosionsgefahr!**
Ventile **nur** von Hand bedienen!
Brenner nicht an die Flasche legen!

2. Elektroschweißen

Beim Elektroschweißen wird die hohe Temperatur des elektrischen Lichtbogens oder die Erwärmung am Übergangswiderstand ausgenutzt. Hier sollen nur die wichtigsten Merkmale der beiden Verfahren geschildert werden, ohne auf Einzelheiten genauer einzugehen.

a) Lichtbogenschweißen



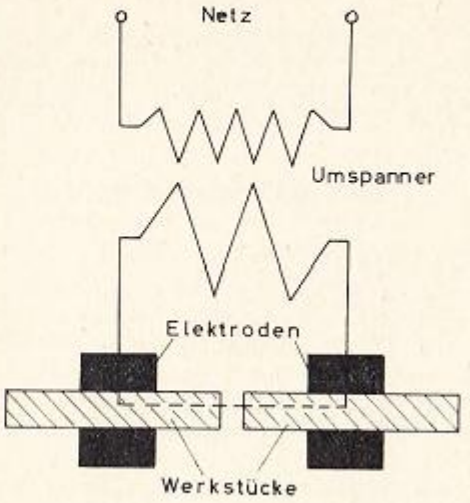
(Abb. 75)

Der Lichtbogen wird durch Gleich- oder Wechselstrom erzeugt. Er entsteht beim Berühren des Werkstücks mit der Elektrode, die wieder etwas abgezogen wird. Im Lichtbogen schmelzen die Schweißstelle und die Elektrodenspitze. Die Schmelztropfen der Elektrode bilden dabei die Schweißnaht. Die Schweißnähte in dickeren Werkstücken werden in mehreren wechselseitig übereinanderliegenden Lagen hergestellt. Abb. 75 zeigt das Schema einer Lichtbogenschweißanlage.

b) Widerstandsschweißen

Beim Widerstandsschweißen wird ein auf etwa 10 Volt umgespannter Netzstrom mit hoher Stromstärke durch zwei aneinanderstoßende Werkstücke geleitet. An der Übergangsstelle ist der Widerstand größer als in den Werkstücken, es entsteht hier in kürzester Zeit eine starke Erwärmung. Ist die erforderliche Schweißwärme erreicht, so wird die Schweißung durch Zusammendrücken der beiden Werkstücke vollzogen. Abb. 76 zeigt das Schema einer Widerstandsschweißung.

(Abb. 76)



Die Widerstandsschweißung wird bei Massenfertigung angewandt. Sie wird mit Schweißmaschinen durchgeführt. Man unterscheidet Stumpf-, Punkt- und Nahtschweißen.

VII. Übungsaufgaben

1. Nenne die wichtigsten Schrauben und Muttern! **2.** Wozu werden Keile und Federn verwendet? **3.** Wodurch unterscheidet sich die Überlappungs- von der Laschennietung? **4.** Beschreibe den Arbeitsvorgang des Nietens anhand einer Skizze! **5.** Was ist Löten? **6.** Welches ist der Unterschied zwischen Weich- und Hartlöten? **7.** Woran erkennt man eine Sauerstoff-Flasche und woran eine Azetylenflasche? **8.** Erkläre die Wirkungsweise eines Schweißbrenners! **9.** Welche Merkmale hat eine richtig eingestellte Schweißflamme? **10.** Wann wendet man die Nachlinks- und wann die Nachrechtsschweißung an? **11.** Was ist zur Unfallverhütung beim Gasschmelzschweißen unbedingt zu beachten? **12.** Was versteht man unter Lichtbogen- und was unter Widerstandsschweißen?

fernmeldelehrling.de

F. Wärmebehandlung

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

I. Behandlung der Stähle

Stahl wird **geglüht,** indem man ihn langsam auf eine bestimmte Temperatur erwärmt und ihn anschließend langsam wieder abkühlt. Durch mehrere Stunden währendes **Weichglühen** bei 680 bis 740 °C 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 geglüht und dann sehr langsam abgekühlt.

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

Durch das **Abschrecken** wird dem vorher erwärmten Werkstück sehr rasch Wärme entzogen. Dadurch soll die Rückbildung des Gefüges verhindert werden. 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, hangt ab von der Zusammensetzung des Stahls. 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. Je nach der Anlaßtemperatur wird die Zähigkeit des Stahls mehr oder weniger erhöht, gleichzeitig aber auch die Härte entsprechend verringert. Auf der blanken Stahlfläche entstehen beim Anlassen die sogenannten Anlaßfarben, deren jede einer bestimmten Temperatur entspricht. Sobald die gewünschte Anlaßfarbe auftritt, wird nochmals abgeschreckt. Der Stahl hat nun die für seinen Verwendungszweck richtige Härte und Zähigkeit bekommen. Glüh- und Anlaßfarben sind in Tabellen zusammengefaßt.

II. 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 man die Härte und Festigkeit, erhöht aber dafür die Dehnung und erreicht somit eine hohe Verformbarkeit. Aushärten lassen sich nur einige Aluminiumlegierungen, 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 der gleiche wie bei Aluminium. Für die Erwärmung von Leichtmetallen sind besondere Öfen erforderlich.

III. Behandlung der Kunststoffe

Wenn fertige Werkstücke in der Werkstatt durch Wärmebehandlung verformt werden sollen, ist darauf zu achten, daß die Erwärmung 80 °C nicht übersteigt. Zum Erwärmen ist möglichst eine rußfreie Flamme (Bunsenbrenner) zu verwenden. Das Werkstück wird erwärmt, indem man mit mäßiger Flamme darüber hinstreicht und dabei ständig die Richtung ändert. Dieses Verfahren wird nur zum Richten verbogener Stücke angewandt.

Über Warmverformung von Kunststoff-Halbzeugen siehe Seite 62.

IV. Übungsaufgaben

1. Beschreibe kurz die verschiedenen Glühvorgänge für Stahl! **2.** In welche drei Stufen wird das Härten von Stahl eingeteilt? **3.** Weshalb wird ein Werkstück abgeschreckt? **4.** Was bedeutet Anlassen? **5.** Zu welchem Zweck werden Aluminium und Aluminiumlegierungen warmbehandelt? **6.** Welche Temperatur darf bei der Warmbehandlung von Kunststoffwerkstücken nicht überschritten werden?

fernmeldelehrling.de

Werkzeugmaschinen

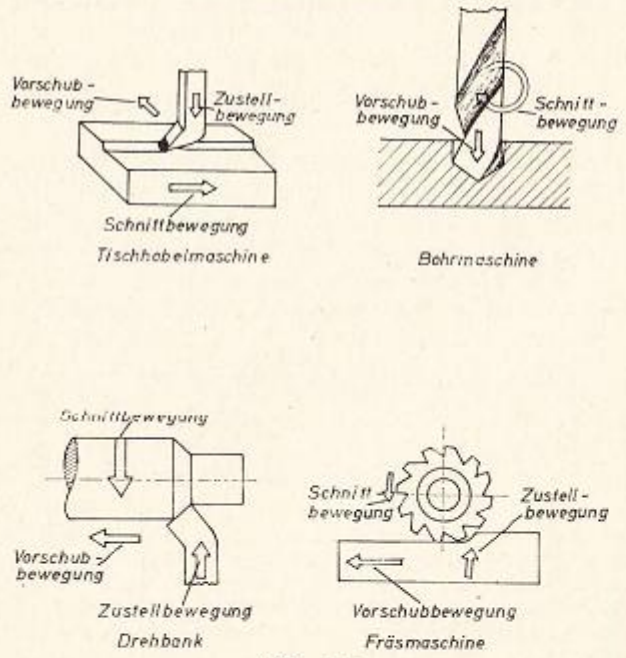
A. Allgemeines

Die auf Werkzeugmaschinen herzustellenden Werkstücke sollen ebene, zylindrische, kegelige oder gekrümmte Flächen haben. Deshalb werden an den Werkzeugmaschinen die entsprechenden Bewegungen mit einer bestimmten Geschwindigkeit ausgeführt.

I. Bewegungsvorgänge

Bei einer Werkzeugmaschine werden drei verschiedene Bewegungen unterschieden: die **Haupt- oder Schnittbewegung,** die **Vorschubbewegung** und die **Zustellbewegung.**

Bewegungsvorgänge



(Abb. 77)

Die **Haupt-** oder **Schnittbewegung** kann vom Werkstück oder vom Werkzeug ausgeführt werden. Beim Stoßen, Räumen und Hobeln ist sie geradlinig, beim Bohren, Drehen, Fräsen und Schleifen ist sie kreisförmig (Abb. 77). Die Geschwindigkeit der Hauptbewegung ist die **Schnitt-**

geschwindigkeit, mit ihr erfolgt die Spanabnahme. Die Maßeinheit für die Schnittgeschwindigkeit ist m/min (beim Schleifen m/s). Für jede maschinelle Bearbeitung eines Werkstückes ist die günstigste Schnittgeschwindigkeit zu wählen. Durch die **Vorschubbewegung** wird das Werkzeug oder das Werkstück ruckweise oder gleichmäßig verschoben. Die Bewegung erfolgt zwangsläufig durch die Maschine oder wird von Hand aus geregelt. Der Vorschub wird beim Bohren und Drehen in mm/Umdr., beim Fräsen und Schleifen in mm/min und beim Hobeln und Stoßen in mm/Hub angegeben. Die Größe des Vorschubs ist abhängig von der verlangten Oberflächengüte.

Mit Hilfe der **Zustellbewegung** wird die Spantiefe eingestellt. Die Bewegung ist abhängig von der Durchzugskraft der Maschine und von der Beschaffenheit des Werkzeugs und des Werkstückes. Eine Skala erleichtert das genaue Einstellen der Spantiefe.

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

II. Getriebe

Mit einem **Stufenscheibenantrieb** können nur soviel Drehzahlregelungen erzielt werden, wie die Riemenscheiben Stufen haben. Bei Keilriemenantrieben ist der Achsabstand der Riemenscheiben durch eine Wippe oder einen Exzenter verstellbar, damit der Riemen von einer auf die andere Stufe umgelegt werden kann. Bei den **Zahnradgetrieben** unterscheidet man Stufenrädergetriebe, Schwenkradgetriebe und Ziehkeilgetriebe. Die gewünschte Drehzahl wird beim **Stufenrädergetriebe** erzielt, indem die entsprechenden Räder durch seitliches Verschieben zum Eingriff gebracht werden. Bei **Schwenkradgetrieben** werden Zahnräder durch Schwenken der einen Zahnradachse in radialer Richtung zum Eingriff gebracht. Zu diesen Getrieben zählen die Zahnradvorgelege und Wendeherzgetriebe; das erste wird für die Herabsetzung der Drehzahl von Arbeitsspindeln, das zweite zum Umkehren der Drehrichtung von Vorschubspindeln angewendet. Beim Ziehkeilgetriebe wird in der hohlen angetriebenen Welle ein federnder Ziehkeil in axialer Richtung verschoben, dabei rastet er in Keilnuten der einzelnen Räder ein und nimmt die Welle mit. Der Nachteil bei diesem Getriebe ist, daß die auf der treibenden Welle festsitzenden Zahnräder dauernd mit den lose angeordneten Rädern der getriebenen Welle im Eingriff sind. Deshalb kann dieses Getriebe nur zur Übertragung kleiner Kräfte bei niedrigen Drehzahlen verwendet werden.

fernmeldelehrling.de

Durch das **Vorwählgetriebe** kann bereits während des Arbeitsganges die Drehzahl oder der Vorschub für den nächsten Arbeitsgang an einer Vorwähltrommel eingestellt werden. Die Maschine nimmt dann selbsttätig im rechten Augenblick die gewünschten Veränderungen vor.

Die **stufenlose Drehzahlregelung** kann mechanisch, durch Flüssigkeiten oder elektrisch erfolgen. Sie ermöglicht das Einstellen jeder gewünschten Drehzahl innerhalb des Drehzahlbereichs während des Laufes.

B. Bohren - Senken - Reiben - Schleifen

I. Bohren

Das Bohren ist eine spanabhebende Verformung eines Werkstückes; es dient zur Herstellung von runden Löchern durch schneidende 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.

1. Bohrwerkzeuge

Bei allen Bohrwerkzeugen ist die Grundform der Schneiden der Keil. Die wichtigsten Bohrwerkzeuge sind: **Spitzbohrer, Spiralbohrer, Kanonenbohrer, Tieflochbohrer, Zentrierbohrer** und **Bohrstangen.** Die Urform des Bohrers ist der **Spitzbohrer.** Er findet heute kaum noch Verwendung, weil sein Durchmesser sich beim Nachschleifen ändert. Das meistverwendete Bohrwerkzeug ist der **Spiralbohrer** (Abb. 79). Seine besonderen Vorteile sind:

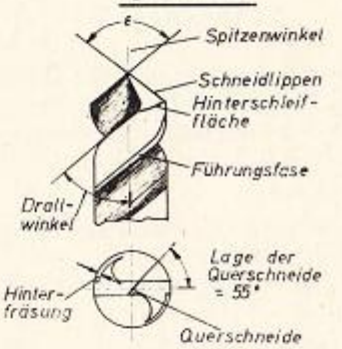
günstige Winkel an den Schneiden,
gleichbleibender Durchmesser beim Nachschleifen,
gute Führung im Werkstück,
gute Einspannmöglichkeit und
selbsttätige Spanabfuhr aus der Bohrung.

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 Drall- und Spitzenwinkels (Abb. 79).

Spitzbohrer und Kanonenbohrer

(Abb. 78)

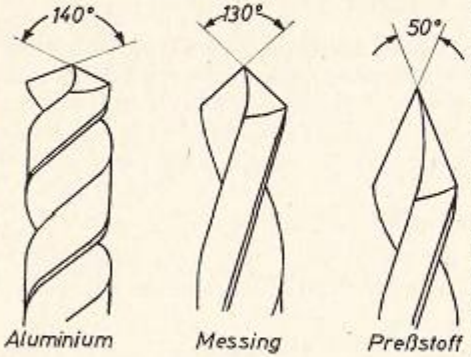
Spiralbohrer



(Abb. 79)

fernmeldelehrling.de

Sonderbohrer



(Abb. 80)

Der Spitzenwinkel und die Drallsteigung müssen der zu bearbeitenden Werkstoffart angepaßt sein. Abb. 80 zeigt Bohrer für Aluminium, Messing und Preßstoffe. Große Drallsteigung ergibt kleinen, kleine Drallsteigung großen Spitzenwinkel. Ein Spiralbohrer für Gußeisen- und Stahlbearbeitung hat einen Spitzenwinkel von 116 bis 118°. Der **Kanonenbohrer** wird zum Herstellen genauer Bohrungen verwendet.

Zum Zentrieren von Werkstücken, die zwischen Spitzen zu bearbeiten sind, dient der **Zentrierbohrer.** Das **Anschleifen der Spiralbohrer** muß sehr sorgfältig vorgenommen 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, ungleiche Schneidwinkel.

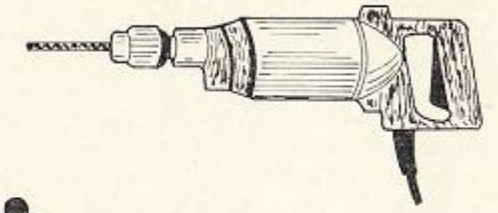
Bohrerbrüche können entstehen bei
zu großem Vorschub,
zu hoher Schnittgeschwindigkeit,
stumpfem Bohrer,
falschem Anschliff des Bohrers,
abgenutzter Führungsfase (Bohrer klemmt),
ungenügender Spanabfuhr (bei tiefen Löchern),
ungenau eingespanntem Werkstück,
bei schlecht festgehaltenem Werkstück u.a.m.

2. Bohrmaschinen

Brustleier und **Drillbohrer** sind als einfachste Bohrmaschinen jedem bekannt.

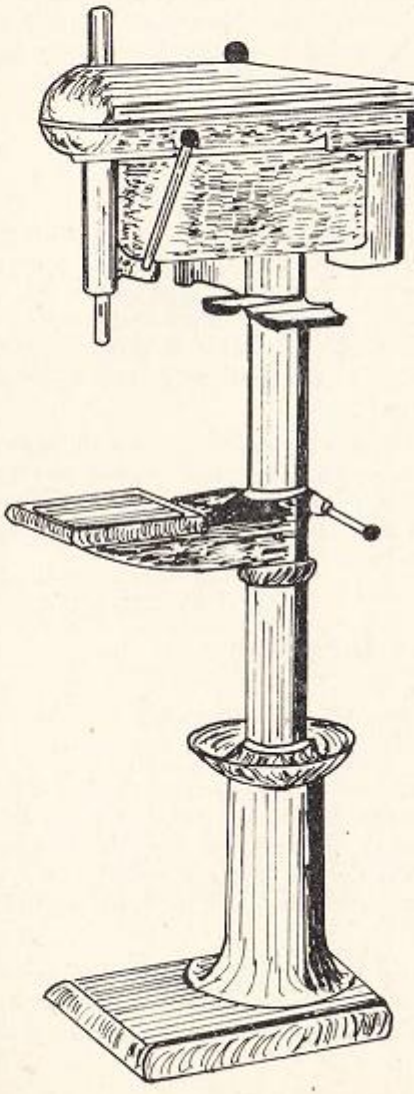
Die **Bohrknarre** wird zum Anbohren großer Teile und für Löcher an schlecht zugänglichen Stellen verwendet. Bei Montagearbeiten ist sie unentbehrlich. Heute werden jedoch nur noch selten handgetriebene Bohrmaschinen benutzt. Man bedient sich vielmehr der **elektrisch angetriebenen Handbohrmaschine** (Abb. 81); sie ist auch im Fernmeldebaudienst ein Universalgerät. Bei diesen Geräten ist ganz besonders auf gute Erdung der Maschine und auf schadhafte Stecker und Kabel zu achten, weil es sonst oft zu schweren Unfällen kommen kann.

Handbohrmaschine



(Abb. 81)

Ständerbohrmaschine



(Abb. 82)

fernmeldelehrling.de

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** (Abb. 82) verwendet. Der Tisch dieser Maschinen ist vertikal verstellbar und meistens auch noch schwenkbar. 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.

3. Spannen der Werkstücke

Bei Bohrarbeiten ist stets darauf zu achten, daß die Werkstücke vom Bohrwerkzeug nicht mitgerissen werden können. Bleche sollte man beim Bohren mit dem Feilkolben halten; kleinere Teile spannt man am besten in den Maschinenschraubstock ein. 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 Bohrerachse 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.

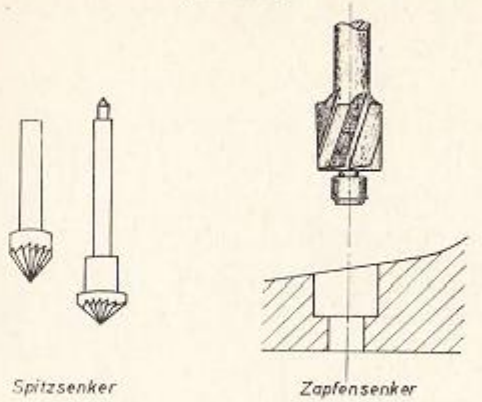
II. Senken

Senker werden zum Entgraten von Bohrungen und zum Herstellen von Aussenkungen für Schraubenköpfe, Niete usw. verwendet.

Der **Spitzsenker** oder **Krauskopf** (Abb. 83) dient zum Entgraten und zum Versenken von Nietköpfen. Die Senker zum Versenken von Schraubenköpfen haben den gleichen Durchmesser 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 (Abb. 83) 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.

Senker



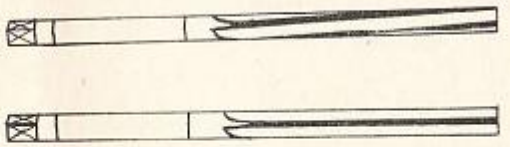
(Abb. 83)

Außerdem gibt es noch **Spiralsenker**; sie werden zum Fertigbohren von vorgebohrten oder vorgegossenen Löchern benutzt, wenn besonders saubere Lochwandungen verlangt werden.

III. Reiben

Wird bei Bohrungen hohe Oberflächengüte und genaues Maß (Passung) verlangt, so werden die Bohrlöcher aufgerieben. Die Werkstoffzugabe soll beim Reiben nicht mehr als 0,3 mm betragen. Man verwendet Reibahlen mit geraden oder schraubenförmigen Zähnen. Handreibahlen haben am Schaftende einen Vierkant zur Aufnahme des Windeisens (Abb. 84). Je nach dem Verwendungszweck unterscheidet man Hand- und Maschinenreibahlen, Pendel-, Aufsteck- und Kegelreibahlen sowie feste und verstellbare Reibahlen.

Gerade und schraubenförmig verzahnte Hand-Reibahlen



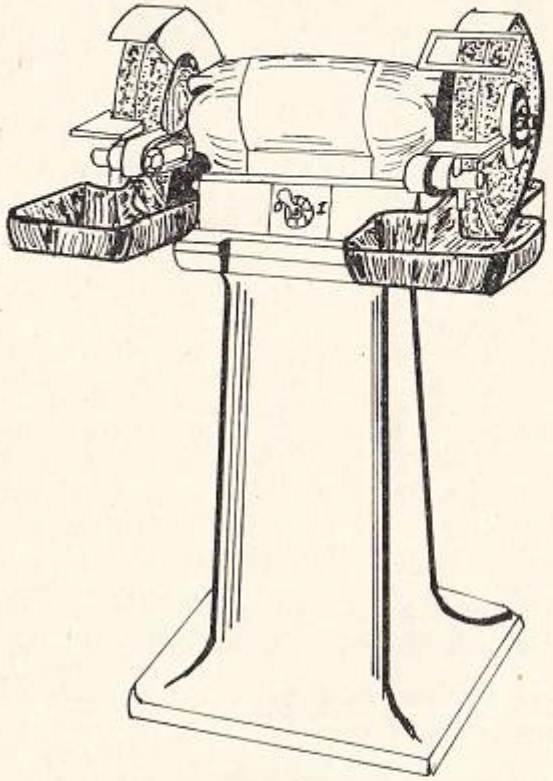
(Abb. 84)

IV. Schleifen

Das Schleifen von Maschinenteilen ist ein wichtiges Metallbearbeitungsverfahren durch Spanabnahme. Es gibt Rund- und Flächenschleifmaschinen. Hier soll jedoch nur der in Werkstätten zum Anschleifen von

fernmeldelehrling.de

Werkzeugen aufgestellte **Schleifbock** (Abb. 85) beschrieben werden, der vielfach auch mit zwei Schleifscheiben als Doppelschleifbock ausgeführt ist.



(Abb. 85)

Auf einem Ständer ist ein Elektromotor gelagert, auf dessen Achse eine oder zwei Schleifscheiben angebracht sind.

Schleifscheiben bestehen aus vielen kleinen Schleifkörnern (Schleifmittel), die durch ein Bindemittel zusammengehalten werden. Als Schleifmittel verwendet man **Karborund** (Silizium-Karbid) zum Schleifen von spröden und weichen Werkstoffen oder **Korund** (Aluminium-Oxyd) 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 folgende Faustregel:

weicher Werkstoff – grobes Korn – harte Scheibe
harter Werkstoff – feines Korn – weiche Scheibe

Außerdem 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.

V. Übungsaufgaben

1. Welche Bewegungen werden bei einer Werkzeugmaschine unterschieden? **2.** Nenne einige Getriebearten für Werkzeugmaschinen! **3.** Welche Vorteile bietet der Spiralbohrer gegenüber anderen Bohrerarten? **4.** Wodurch können Bohrerbrüche entstehen? **5.** Zu welchem Zweck werden Senker verwendet? **6.** Durch welche Bearbeitungsmethode erreicht man eine hohe Oberflächengüte bei einer Bohrung? **7.** Worauf ist beim Schleifen besonders zu achten?

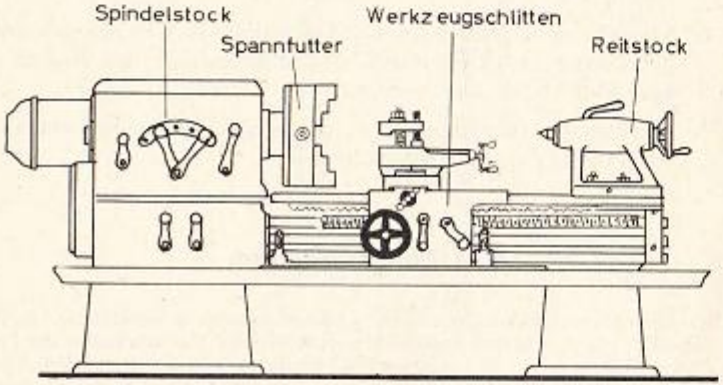
fernmeldelehrling.de

C. Drehen

Beim Drehen werden die Werkzeuge an der sich drehenden, zu bearbeitenden Fläche entlanggeführt, wobei Späne abgehoben werden. Man spricht von **Langdrehen,** wenn die Vorschubbewegung parallel zur Drehachse erfolgt; erfolgt sie senkrecht zur Achse, spricht man von Plandrehen.

I. Die Drehbank (Drehmaschine)[1])

Die Hauptteile einer Drehbank sind: **Gestell, Drehbankbett, Spindelstock, Werkzeugschlitten und Reitstock.**



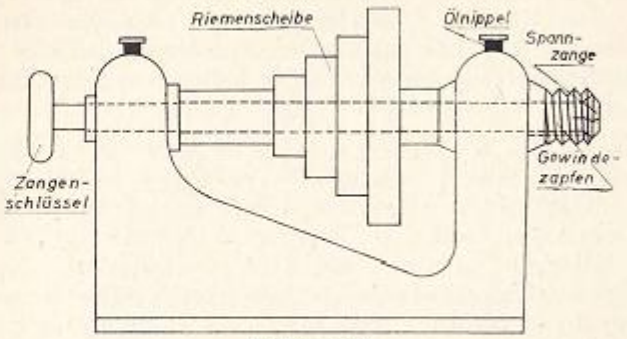
(Abb. 86)

Das **Gestell** dient zur Auflage des Drehbankbettes; es wird mit Füßen oder in Kastenform ausgeführt. Der **Spindelstock** befindet sich links auf dem Drehbankbett und ist mit diesem fest verbunden.

Der **Spindelstock** (Abb. 87) besteht aus dem Ständer, der Achse mit Gewindezapfen und der Riemenscheibe. Er hat an beiden Seiten Lager, die zur Aufnahme der Arbeitsspindel dienen. Die Arbeitsspindel ist der Länge nach durchbohrt, damit Stangenmaterial hindurchgeführt werden kann.

[1]) Drehmaschine ist die normgerechte Bezeichnung; sie wird in der Praxis jedoch nur wenig angewandt, deshalb ist im Text die alte Bezeichnung beibehalten worden.

Spindelstock

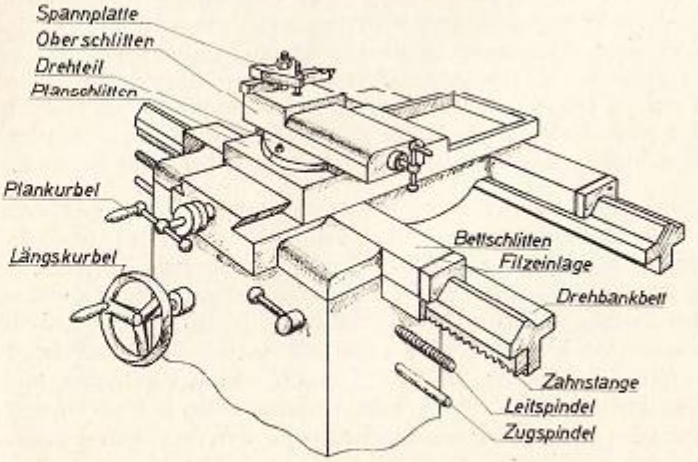


(Abb. 87)

Außerdem werden auf diese Weise das Zangenfutter und der Zangenhalter aufgenommen. Am Ende der Arbeitsspindel befindet sich ein kräftiges Rechtsgewinde zur Aufnahme der Futter und ein Innenkegel zur Aufnahme der Körnerspitze. Die Drehzahländerung erfolgt durch Umlegen des Riemens auf eine andere Stufe der Riemenscheibe.

Der **Werkzeugschlitten,** auch Support genannt, besteht aus dem Bettschlitten, dem Planschlitten und dem Oberschlitten mit der Spannplatte (Abb. 88).

Werkzeugschlitten (Support)



(Abb. 88)

fernmeldelehrling.de

Bett- und Planschlitten werden entweder von Hand oder selbsttätig durch die Zugspindel bzw. Leitspindel 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** (Abb. 86) dient zur Aufnahme von Drehwerkzeugen und als Gegenlager beim Drehen zwischen Spitzen. Er hat wie der Werkzeugschlitten eine Prismenführung und kann auf dem Drehbankbett in Längsrichtung verschoben werden. Der Reitstock kann durch einen Spannhebel an jeder beliebigen Stelle des Drehbankbettes festgestellt werden. Im Oberteil des Reitstockes befindet sich die Pinole, sie ist durch eine Spindel mit Handrad verschiebbar. In die Pinole werden die Körnerspitze oder Werkzeuge eingesetzt.

Ein weiters Zubehör ist die **Vorlage.** Sie dient als Handauflage oder als Auflage für das Werkzeug beim Drehen mit dem Handstichel. Die Vorlage hat ebenfalls eine Prismenführung und kann somit auf dem Drehbankbett verschoben bzw. an jeder beliebigen Stelle festgestellt werden.

II. Spannen der Werkstücke

Zum Einspannen von Werkstücken verwendet man hauptsächlich Spannzangen, Spannfutter und die Planscheibe.

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. Es ist darauf zu achten, daß nur zylindrisches Material eingespannt wird, und daß stets die passende Zange (Zangendurchmesser) verwendet wird. Zum Spannen unrunder Teile wird das **Zweibackenfutter** benutzt.

Im **Dreibackenfutter** werden runde oder regelmäßig geformte Werkstücke (3-, 6- oder 12eckig) gespannt. Das Futter wird von Hand auf die in Ruhe befindliche Arbeitsspindel (Abb.88) geschraubt. Beim Drehen zieht es sich selbsttätig fester. Mit einem Vierkantschlüssel werden die drei Bakken 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.

Das **Vierbackenfutter** ist im Aufbau und in der Wirkungsweise gleich dem Dreibackenfutter. Es darf nur zum Spannen genau runder, vier- oder achteckiger Werkstücke verwendet werden.

Zum Aufspannen größerer und unregelmäßig geformter Werkstücke dient die **Planscheibe.** Sie wird wie die Backenfutter auf die Arbeitsspindel aufgeschraubt. Die Planscheibe hat vier Spannbacken, die unabhängig voneinander einzeln verstellt werden können.

Neben den hier erwähnten gibt es noch eine Vielzahl anderer Spannmöglichkeiten, wie z. B. Spannen zwischen Spitzen, Spannen auf Drehdornen, Spannen mit Setzstock (Lünette) u. a. m.

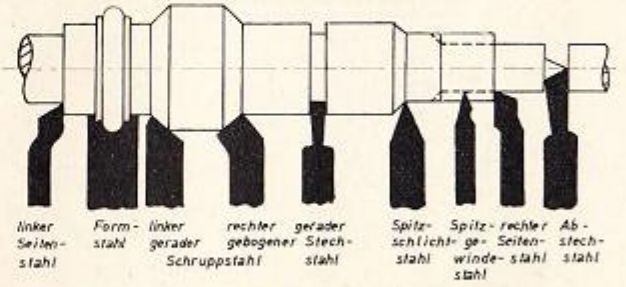
III. Drehstähle (Drehmeißel)[1])

Als Werkstoff für Drehstähle verwendet man meistens Schnellschnittstähle, die in Form kleiner Platten auf einen billigeren Schaftwerkstoff hart aufgelötet sind. Drehstähle mit aufgelöteten Hartmetallplättchen werden zum Bearbeiten von besonders harten Werkstoffen und von Kunststoffen benutzt.

Nach Form und Verwendung unterteilt man die Drehstähle in Schrupp-, Schlicht-, Seiten-, Ein- und Abstechstähle sowie Gewinde- und Formstähle. 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. Man findet die letztgenannte Bezeichnung, wenn man den Stahl so hält, daß 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 (Abb. 89) und Innendrehstähle.

Außendrehstähle



(Abb. 89)

[1]) Siehe Fußnote Seite 118.

fernmeldelehrling.de

Außendrehstähle:

Zum Abheben dicker Späne, zum Schruppen, werden **Schruppstähle** verwendet. **Schlichtstähle** dienen zum maßhaltigen und sauberen Fertigdrehen des Werkstückes. Man unterscheidet hier Spitz- und Breitschlichtstähle. **Seitenstähle** verwendet man zum Plandrehen und zum Ausdrehen von Ecken. Sie eignen sich nicht zum Abnehmen starker Späne, weil sie etwas schräg gestellt werden, und dadurch nur die Spitze im Eingriff steht. Mit dem Seitenstahl soll nur von innen nach außen gedreht werden. Zum Einstechen von Nuten dienen **Einstechstähle.** Ihre vordere Schneidkante liegt parallel zur Bearbeitungsfläche. Sie sind nach hinten und nach unten verjüngt, damit sie frei schneiden.

Abstechstähle werden zum Trennen von Werkstücken verwendet. Ihre vordere Schneidkante ist schräg zur Bearbeitungsfläche gestellt. Dadurch erreicht man, daß der beim Trennen entstehende „Knorpel" leicht mit weggenommen werden kann. Zur Herstellung bestimmter Formen dienen die **Formstähle.** Wegen der großen Schneidbreite darf der Vorschub nur klein sein. **Gewindestähle** sind ebenfalls Formstähle, deren Schneide der jeweiligen Gewindeform entspricht.

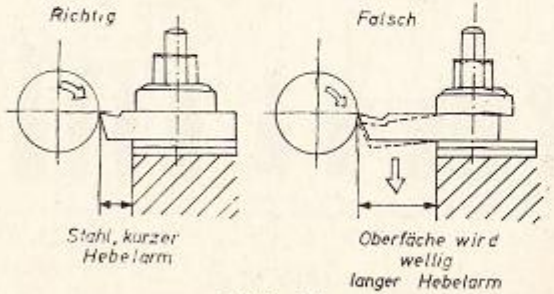
Innendrehstähle:

Zum Ausdrehen vorgeborter oder gegossener Bohrungen werden **Bohrstähle** verwendet. **Bohrstangen** benutzt man zum Ausdrehen von tiefen Bohrungen. **Hakenstähle** dienen zum Einstechen von Innennuten. **Stahlhalter** bestehen aus bestem Baustahl, in sie hinein werden sogenannte **Drehlinge,** das sind hochwertige Schnellschnittstähle, gespannt. Diese Drehlinge können immer wieder angeschliffen werden, bis sie bis auf einen geringen Rest aufgebraucht sind.

IV. Einspannen der Drehstähle

Bei der Spanabnahme wirkt auf den eingespannten Drehstahl ein sehr hoher Schnittdruck, der den Stahl stark auf Biegung beansprucht. Des-

Einspannen des Drehstahles



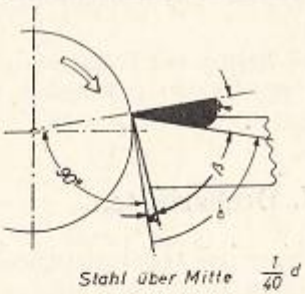
(Abb. 90)

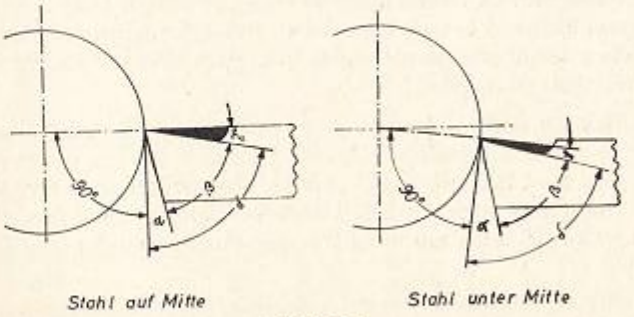
halb wird der Drehstahl fest und so kurz wie möglich eingespannt. Bei langem Hebelarm biegt sich der Stahl durch und federt wieder zurück. Dabei dringt die Schneide ungleichförmig in das Werkstück ein und erzeugt eine wellige Oberfläche (Abb. 90).

Die gewünschte **Höhenlage des Drehstahles** erreicht man durch Unterlegen einiger ebener Bleche. Normalerweise wird der Stahl **auf Mitte** Werkstück eingestellt (Abb. 91). In dieser Lage haben Frei-, Span- und Schnittwinkel normale Größe. Bei Einstellung des Stahles **über Mitte** wird der Freiwinkel kleiner, der Spanwinkel jedoch größer. Der Span kann leichter abfließen. Für die meisten Schrupparbeiten wird deshalb der Stahl um 2% des Werkstückdurchmessers höher gestellt (Abb. 91). 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.

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

Einstellen des Stahles auf Höhenlage

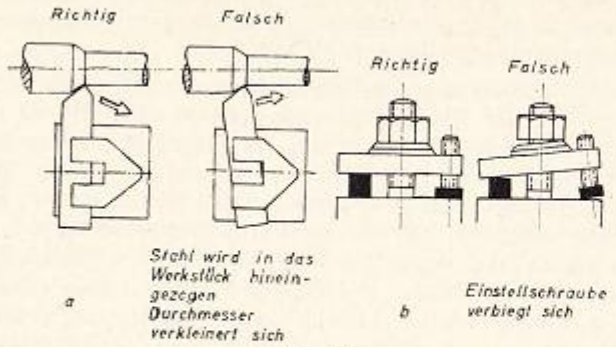




(Abb. 91)

fernmeldelehrling.de

Einspannen des Drehstahles



(Abb. 92)

Spannvorrichtung in den Werkstätten ist die **Spannplatte** (Abb. 92). Sie muß waagerecht und ganz auf dem Stahl aufliegen. Der Stahl soll so kurz wie möglich eingespannt werden. Er darf bei einer seitlichen Verschiebung nicht tiefer in das Werkstück eindringen. Dieses wird vermieden, indem man den Drehstahl genau senkrecht zur Drehachse einspannt.

Der **Vielstahlhalter** kann gleichzeitig vier Stähle aufnehmen. Der Halter wird ein- bis viermal um 90 ° geschwenkt, je nachdem, welcher Stahl zum Eingriff kommen soll.

V. Dreharbeiten

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

Durch **Schruppen** werden Werkstücke bearbeitet, wenn kein genaues Maß und keine besondere Oberflächengüte verlangt werden oder wenn sie noch weiter spanabhebend bearbeitet werden. Beim Schruppen wird mit großer Schnittiefe und mit höchstzulässigem Vorschub, aber mit geringer Schnittgeschwindigkeit gearbeitet.

Beim **Schlichten** wählt man geringe Spantiefe und kleinen Vorschub, dafür aber hohe Schnittgeschwindigkeit. Dadurch werden die Werkstücke auf ein genaues Maß gebracht, wobei außerdem noch eine glatte und saubere Oberfläche erzielt wird. Das beim Schruppen stehengebliebene Aufmaß (etwa 0,5 mm) soll möglichst mit **einem** Schlichtspan abgedreht werden.

Feinstdrehen wird hauptsächlich für Messing, Rotguß, Bronze und Leichtmetall angewandt. Durch dieses Arbeitsverfahren werden äußerst kleine

Toleranzen erzielt. Jegliche Nacharbeit, wie Reiben, Schaben usw., entfällt. Die Werkzeugschneiden bestehen aus Hartmetall, wenn nicht sogar wegen der auftretenden großen Reibungswärme Diamanten verwendet werden.

1. Lang- und Plandrehen

Beim **Langdrehen** bewegt man den Stahl parallel zur Achse des Werkstückes. Bei kurzen Stücken erfolgt die Bewegung des Stahls von Hand mit dem Oberschlitten (Abb. 88), bei langen Stücken durch den Längszug. Das Bearbeiten der Stirnflächen eines Werkstückes nennt man das **Plandrehen.** Dabei wird der Stahl von Hand oder selbsttätig (Planzug) senkrecht zur Achse des Stückes bewegt. Der Bettschlitten (Abb. 88) muß festgestellt werden. Die Werkzeugschneide ist genau auf die Mitte einzurichten, damit in der Werkstücksmitte kein Ansatz stehen bleibt.

2. Ein- und Abstechen

Einstechen nennt man das Herstellen einer schmalen Nut. Wird das Einstechen bis zur Mitte des Werkstückes fortgesetzt, so bezeichnet man diesen Vorgang als **Abstechen.** Zum Einstechen verwendet man Einstechstähle, zum Abstechen Abstechstähle (Abb. 89). Die Ecken der Schneiden müssen scharf sein, weil sie am meisten beansprucht werden. Die Hauptschneide des Abstechstahles wird schräg angeschliffen, damit an dem abgestochenen Teil kein Zapfen stehenbleibt. Beim Abstechen müssen die Schnittgeschwindigkeit und der Vorschub klein sein.

3. Bohren

Zum Herstellen von Bohrungen auf der Drehbank werden meist Spiralbohrer verwendet. Bohrer mit zylindrischem Schaft werden in ein Bohrfutter gespannt, solche mit kegeligem Schaft werden in die Pinole des Reitstockes eingesetzt. Der Vorschub erfolgt von Hand durch Drehen des Handrades am Reitstock. Lange Bohrungen, die genau fluchten müssen, werden von zwei Seiten gebohrt. Es ist darauf zu achten, daß der Bohrer einwandfrei geschliffen ist und gut schneidet, weil er sonst verläuft. Bei tiefen Bohrungen müssen die Bohrspäne von Zeit zu Zeit aus dem Bohrloch entfernt werden, sonst klemmt der Bohrer. Vorgebohrte Löcher oder Löcher in Gußstücken werden mit dem Innendrehstahl ausgedreht.

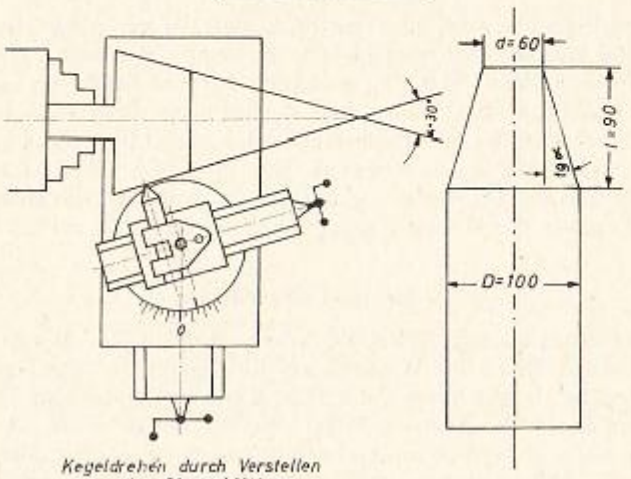
4. Kegeldrehen

Bei Dreharbeiten kommt es häufig vor, daß das Werkstück mit einem Kegel versehen werden muß, wie z. B. beim Körner, Nietzieher, Nietroller, Durchschlag u. a. m. Kegel können auf der Drehbank hergestellt werden durch Drehen des Oberschlittens, durch Verstellen des Reitstockes

fernmeldelehrling.de

und mit Hilfe eines Leitlineals. Für die Kegel der o.a. Werkstücke wird man immer die gebräuchlichste der Kegelherstellung wählen, das Drehen des Oberschlittens, das hier näher erläutert werden soll:

Das Kegeldrehen



Kegeldrehen durch Verstellen des Oberschlittens

(Abb. 93)

Die Verstellung des Oberschlittens nach seiner Gradeinteilung findet nur bei kurzen Kegeln Verwendung, weil hier der Vorschub von Hand erfolgt. Der Oberschlitten ist um seine Achse drehbar und mit einer Gradeinteilung versehen. Manche Drehbänke haben neben der vollen Gradeinteilung noch einen Gradnonius, mit dessen Hilfe auf 10′ genau eingestellt werden kann. Für die meisten Kegeldreharbeiten genügt diese Genauigkeit. Abb. 93 zeigt das Kegeldrehen durch Verstellen des Oberschlittens.

Ist der Einstellwinkel auf der Werkzeichnung nicht angegeben, so kann man ihn rechnerisch ermitteln, wenn die Länge des Kegels (l), der große Durchmesser (D) und der kleine Durchmesser (d) bekannt sind (Abb. 93). Der Tangens des Einstellwinkels ist dann gleich: Kegeldurchmesserunterschied (D — d) geteilt durch 2 mal Kegellänge (2 mal l):

$$\frac{D - d}{2 \cdot l}$$

Nach Abb. 93 wäre demnach:

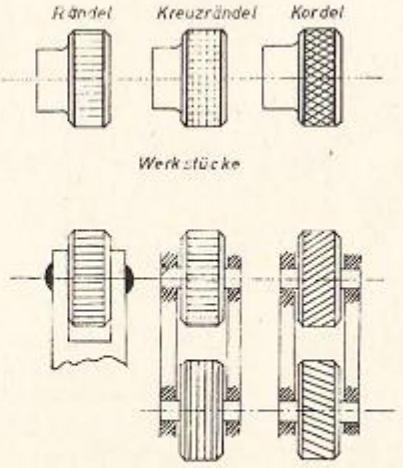
$$\text{Tangens } \alpha = \frac{D - d}{2 \cdot l} = \frac{100 - 60}{2 \cdot 90} = \frac{40}{180} = 0{,}2222$$

Den zugehörigen Winkelwert findet man in Tabellenbüchern, in unserem Falle wäre der Kegelwinkel 12°30′. Ist der Einstellwinkel berechnet, kann der Oberschlitten eingestellt werden.

5. Rändeln und Kordeln

Drehstücke, die eine griffige Oberfläche erhalten sollen (Griffe, Knöpfe, Einstellschrauben usw.), werden mit Rändel, Kreuzrändel oder Kordel versehen (Abb. 94). Bei dieser Bearbeitung kommt es zu keiner eigentlichen Spanabnahme; das gewünschte Profil wird vielmehr durch **Einprägen** erzielt. Die gehärteten Zähne der Rändel- oder Kordelwerkzeuge werden in den Werkstoff eingedrückt und verdrängen ihn. Dadurch wird der Durchmesser des Werkstückes sogar noch vergrößert. Außerdem wird der Werkstoff nach den Stirnseiten zu gedrückt, weswegen die Werkstücke nach dem Rändeln oder Kordeln mit einer Facette versehen werden. Die gezahnten und gehärteten Rändel- und Kordelrädchen sind in einem Halter gelagert (Abb. 94). Sie müssen kräftig gegen das Werkstück gedrückt werden, damit das Rändel oder das Kordel nicht doppelt aufgedrückt wird. Durch diesen notwendigen großen Druck werden Werkstück und Drehbank stark belastet. Um das zu vermeiden, benutzt man ein sogenanntes Kordierwerkzeug, bei dem die beiden Rollen von oben und von unten auf das Werkstück wirken, so daß der gegenseitig erzeugte Druck aufgehoben wird.

Rändeln und Kordeln



(Abb. 94)

fernmeldelehrling.de

Neben den hier erwähnten Dreharbeiten kann man auf der Drehbank auch noch Formdrehen und Gewindeschneiden. Beide Arbeitsvorgänge aber sind in Werkstätten bis zu mittlerer Größe nicht gebräuchlich; sie sind deshalb bewußt nicht beschrieben worden.

VI. Übungsaufgaben

1. Nenne die Hauptteile der Drehbank. **2.** Skizziere und erkläre den Spindelstock! **3.** Welche Möglichkeiten zum Einspannen der Werkstücke sind bekannt? **4.** In welche Hauptgruppen werden die Drehstähle eingeteilt? **5.** Was ist beim Einspannen der Drehstähle zu beachten? **6.** Was versteht man unter Lang-, was unter Plandrehen? **7.** Erkläre die Begriffe Einstechen und Abstechen! **8.** Beschreibe das Bohren auf der Drehbank! **9.** Skizziere und erläutere das Kegeldrehen! **10.** Was ist beim Rändeln und Kordeln unbedingt zu vermeiden?

D. Fräsen

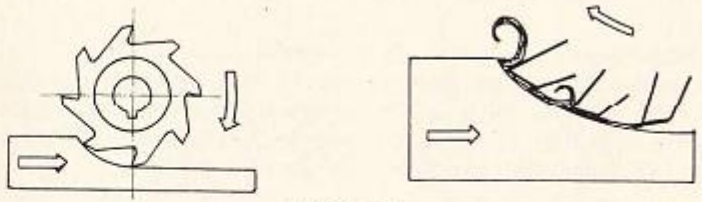
Das Fräsen ist eine spanabhebende Bearbeitung. Es ist eine noch verhältnismäßig junge Arbeitsmethode, die erst vor etwa einhundert Jahren entwickelt wurde. Bis dahin mußte zur Flächenbehandlung die Feile benutzt, es mußte gehobelt oder plangedreht werden. Bei diesen Arbeitsvorgängen ist immer nur ein **ein**schneidiges Werkzeug im Eingriff, während beim wirtschaftlicheren Fräsen **viel**schneidige Werkzeuge verwendet werden.

I. Fräsvorgang

Beim Fräsen ist, wie auch beim Drehen, die Haupt- oder Schnittbewegung kreisförmig. Während beim **Drehen** diese Hauptbewegung vom **Werkstück** ausgeführt wird, führt sie beim **Fräsen** das **Werkzeug** aus (Abb. 77). Die Vorschub- und die Zustellbewegung werden beim Fräsen meistens vom Werkstück ausgeführt, sie können aber auch vom Fräser erfolgen (Kopierfräsmaschine).

Grundsätzlich werden drei Arten des Fräsens unterschieden: das Gegenlauffräsen, das Gleichlauffräsen und das Stirnfräsen.

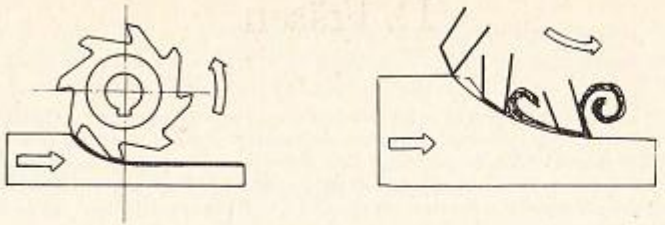
Gegenlauffräsen



(Abb. 95)

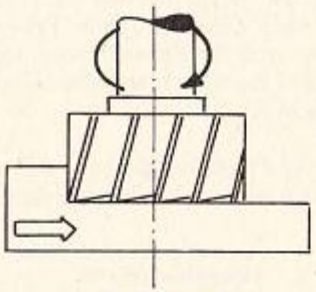
Beim **Gegenlauffräsen** (Abb. 95) sind Drehrichtung des Fräsers und Vorschubrichtung des Werkstückes entgegengesetzt gerichtet. Der Fräser gleitet dabei zuerst über das Werkstück hin und dringt erst nach und nach in den Werkstoff ein. Der Span hat seine größte Dicke in dem Augenblick erreicht, in dem der Fräserzahn aus dem Werkstoff austritt. In diesem Augenblick aber federn der durch die Keilwirkung nach oben gedrückte Fräsdorn und der nach unten gedrückte Frästisch zurück, es entstehen Rattermarken.

fernmeldelehrling.de



(Abb. 96)

Beim **Gleichlauffräsen** (Abb. 96) dringt der Zahn sofort in den Werkstoff ein, doch der Span wird nicht dicker, sondern immer dünner. Dadurch wird der Schnittdruck verringert und ist beim Austreten des Zahnes aus dem Werkstoff fast Null. Man erhält eine glattere Oberfläche als beim Gegenlauffräsen.



(Abb. 97)

Beim **Stirnfräsen** (Abb. 97) steht die Fräserachse senkrecht zu der zu bearbeitenden Fläche des Werkstückes. Die Maschine ist gleichmäßiger belastet als beim Walzfräsen. Es entstehen Späne gleicher Dicke und nicht, wie beim Walzfräsen, Kommaspäne. Durch das Stirnfräsen lassen sich am besten genau eben gefräste Flächen herstellen.

II. Fräswerkzeuge und Fräsmaschinen

Die vielschneidigen **Fräswerkzeuge** haben den einschneidigen Hobel- und Drehwerkzeugen gegenüber den Vorteil, daß sie sich nicht so stark erwärmen und deshalb auch nicht so schnell stumpf werden. Jede Schneide ist nur während eines Bruchteils ihrer Umdrehung im Eingriff und kann sich in der übrigen Zeit wieder abkühlen (Ausnahmen sind Stirnfräser und Messerköpfe).

Fräserarten werden unterschieden nach der Zahnform, nach der Fräserform und nach der Zahnrichtung.

Nach der **Zahnform** unterscheidet man: spitzgezahnte Fräser zur Herstellung ebener Flächen; hinterdrehte Fräser als Formfräser für Rundungen, Zahnräder, Gewinde usw.

Nach der **Fräserform** unterscheidet man: Walzenfräser, Walzenstirnfräser, Scheibenfräser, Prismenfräser, Winkelstirnfräser, Formfräser, Messerkopf, Kreissäge, Schaftfräser, Langlochfräser usw. Satzfräser werden entsprechend der am Werkstück gewünschten Form aus einzelnen Fräsern bestimmter Profile und Durchmesser zusammengesetzt.

Nach der **Zahnrichtung** unterscheidet man: geradverzahnte, schräg- oder spiralverzahnte und kreuzverzahnte Fräser. Schräg- oder spiralverzahnte Fräser arbeiten günstiger als geradverzahnte, weil immer mehrere Zähne im Eingriff sind.

Bei den **Fräsmaschinen** unterscheidet man hauptsächlich nach Lage der Frässpindel Waagerecht- (oder Horizontal-) und Senkrecht- (oder Vertikal-) Fräsmaschinen.

Frässpindeln

(Abb. 98a und b)

Bei der **Waagerechtfräsmaschine** nimmt die waagerechte Frässpindel (Abb. 98a) den Fräsdorn oder den Aufsteckdorn oder das Spannfutter auf. Der lange Fräsdorn wird in einem Lager des Gegenhaltearmes geführt. Das Werkstück kann mit dem Frästisch sowohl in der Höhe als auch parallel und senkrecht zum Fräsdorn bewegt werden. Der Vorschub erfolgt entweder von Hand oder selbsttätig. Bei der **Senkrechtfräsmaschine** ist die Frässpindel senkrecht gelagert (Abb. 98b). Ihr sonstiger Aufbau entspricht im wesentlichen dem der Waagerechtfräsmaschine.

Die **Universalfräsmaschine** kann sowohl als Waagerecht- als auch als Senkrechtfräsmaschine verwendet werden. Ihr Hauptmerkmal ist der schwenkbare Tisch, der nach links und nach rechts um je 45° geschwenkt werden kann. Der zur Maschine gehörende Universalfräskopf ermöglicht die Einstellung des Fräsers in jede beliebige Lage.

Weitere Maschinenarten sind die Zahnradfräsmaschine, die Planfräsmaschine, die Kopierfräsmaschine u. a. m.

fernmeldelehrling.de

Ein wichtiges Zubehör der Fräsmaschine ist der **Teilkopf.** Man braucht ihn zur Herstellung von Werkstücken, an deren Umfang Fräsarbeiten nach bestimmten Teilungen ausgeführt werden sollen (Zahnräder, Vier- und Sechskante usw.).

Das **Aufspannen der Werkstücke** muß sehr sorgfältig vorgenommen werden. Maßhaltigkeit und Sauberkeit der Arbeit sowie die Betriebssicherheit hängen vom festen und sicheren Aufspannen ab. Spannwerkzeuge sind die schon vom Bohren und Drehen her bekannten Werkzeuge, wie Maschinenschraubstock, Spanneisen und Spannpratzen; hinzu kommen noch besondere Spannvorrichtungen, in denen die Werkstücke jeweils in die richtige Lage gebracht und schnell gespannt werden können.

III. Übungsaufgaben

1. Welches sind die drei Hauptarten des Fräsens, und wodurch unterscheiden sie sich? 2. Nenne einige Fräserformen! 3. In welche zwei Gruppen sind die Fräsmaschinen generell eingeteilt?

Band B 4 — Die Fachkunde

Die Wechselstromlehre (Dauermagnetismus; Elektromagnetismus; Fremdinduktion; Selbstinduktion; Bewegung durch Induktion; Entstehung des Wechselstromes; Spannungserzeuger; Wechselstromwiderstände; Wechselstromleistung; Mehrphasenwechselstrom; Schaltung von Wechselstromwiderständen, Resonanz; Vorgänge auf elektrischen Leitungen)

Band B 5 — Die Fachkunde

Elektrische Meßgeräte und Meßschaltungen

Band C 1 — Die handwerkliche Ausbildung

Werkstoffe der Fernmeldetechnik und ihre Bearbeitung; Werkzeuge und Werkzeugmaschinen (Eisen und Stahl, Kupfer, Zinn, Zink, Blei, Aluminium, Edelmetalle u. a.; Werkstoffprüfung; Oberflächenschutz der Metalle; Nichtmetallische Werkstoffe; Isolierstoffe; Kunststoffe; Baustoffe; Messen und Anreißen; spanabhebende und spanlose Verformung; Verbindungsarten; Wärmebehandlung; Bohren, Senken, Reiben, Drehen, Fräsen)

Band C 2 — Die handwerkliche Ausbildung

Der oberirdische Linienbau — Planung und Bau oberirdischer Anschluß- und Fernlinien — Schlauchdrahtleitungen und Luftkabel

Band C 3 — Die handwerkliche Ausbildung

Der unterirdische Linienbau — Gestaltung der Fernmeldenetze — Die Fernmeldekabel — Aufgaben und Aufbau der Bauteile im Anschlußnetz

Band C 4 — Die handwerkliche Ausbildung

Aufbau und Wirkungsweise der Fernsprechapparate und Zusatzeinrichtungen

Band C 5 — Die handwerkliche Ausbildung

Grundzüge der Wählvermittlungstechnik (Bauelemente und ihre Verwendung; Zeichnungen, Pläne und ihre Erklärung; Gliederung und Aufbau der Ortswählvermittlungen und Systemmerkmale; Vorfeldeinrichtungen; Stromversorgung und Erdungsanlagen; Stromlauf der Wählsysteme 50 und 55; Signale; Prüfgeräte, Fernwählvermittlungsstellen)

— Weiteres siehe 2. und 4. Umschlagseite —

fernmeldelehrling.de

Band C 6 — **Die handwerkliche Ausbildung**

Nebenstellenanlagen (Zweck der Nebenstellenanlagen; Rechtsbestimmungen; Sprechstellen; Leitungen und Fernsprechapparate; Ausführung der Anlagen, Baustufen; Stromversorgung; Schaltungsaufbau [kleine Nebenstellenanlagen, Reihenanlagen und kleine Schrankanlagen]; Grundaufbau der mittleren und großen Wählernebenstellenanlagen)

Band C 7 — **Die handwerkliche Ausbildung**

Der Sprechstellenbau (Bauauftrag; Einrichtungs- und Änderungsgebühren; Teilnehmereinrichtungen; Fernmeldebauzeug; Bauausführung)

Umfang je Band etwa 140 Seiten

Deutsch und Rechnen

Wichtig zur Vorbereitung
auf Eignungsfeststellungen und Prüfungen

Deutsch

Rechtschreiblehre — Wortlehre — Satzlehre — Zeichensetzung — Stil- und Aufsatzkunde
Umfang rd. 180 Seiten **Preis je Band 2,50 DM**

Rechenlehre

Rechnen — Raumlehre — Sortenverwandlung
Übungs- und Prüfungsaufgaben — Lösungsheft
Umfang rd. 160 Seiten **Preis 3,20 DM**

— Weiteres siehe 2. und 3. Umschlagseite —

Sämtliche Lehrwerke können bestellt werden bei
Deutsche Postgewerkschaft Verlag GmbH.
6 Frankfurt — Savignystraße 29