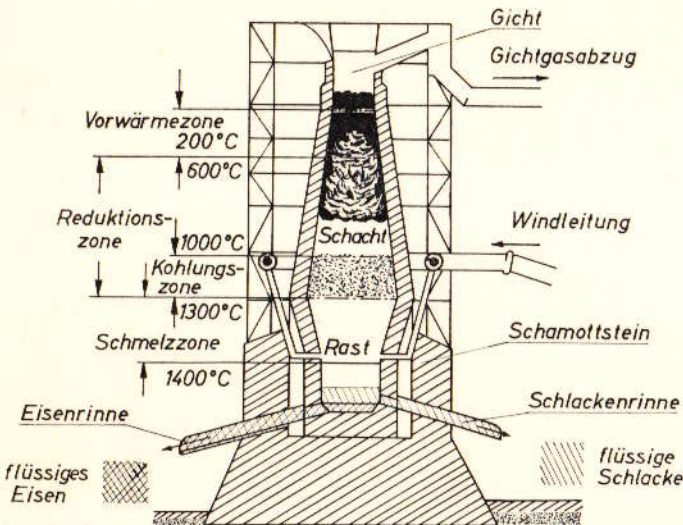


Handbuch der Fernmeldetechnik

- Buchreihe AFt -



Band C 1



**Werkstoffkunde
und Werkstoffbearbeitung**

Handbuch der Fernmeldetechnik*)

— Buchreihe AFt —

17

wichtige Lehr- und Lernwerke für den FLehrl; auch für den Handwerker F und den Fernmeldehandwerker zur Vorbereitung auf die Grundlehrgänge Ft 1 und 2 gut geeignet!

- Band A 1** — **Allgemeine Berufskunde**
Weg und Ziel der Ausbildung — Lehrvertrag — Fernmeldehandwerkerprüfung — Tarifvertrag — Gesetze und Verordnungen des Fernmeldewesens
- Band A 2** — **Allgemeine Berufskunde**
Allgemeines über den Staatsaufbau — Aufgaben und Gliederung der DBP — Sozialeinrichtungen bei der DBP — Musterausarbeitungen und Musterthemen
- Band B 1** — **Grundkenntnisse der Physik und Mathematik**
Erklärung der Grundgrößen der Physik — Buchstabenrechnen — Lösen von Gleichungen — Umstellen von Formeln
- Band B 2** — **Fachzeichnen in der Fernmeldetechnik**
Technisches Zeichnen — Stromlaufzeichnen — Planunterlagen und Zeichnen in der Linientechnik
- Band B 3** — **Die Gleichstromlehre**
Wesen der Elektrizität — Größen, Einheiten und Gesetze im Gleichstromkreis — Wirkungen des elektrischen Stromes — Arten der Spannungserzeugung — Elektrisches Feld — Kondensator
- Band B 4** — **Die Wechselstromlehre**
(2 Teile)
Dauermagnetismus — Elektromagnetismus — Fremdinduktion — Selbstinduktion — Entstehung des Wechselstromes — Wechselstromwiderstände — Stromversorgungsanlagen — Vorgänge auf elektrischen Leitungen — Elektronenröhren — Halbleiterschaltungen — Transistoren
- Band B 5** — **Meßgeräte und Meßschaltungen**
Meßtechnik und Meßübungen — Entstörungs- und Prüftechnik
- Band B 6** — **Beispiele und Aufgaben aus der Fernmeldetechnik**
(2 Teile)
Übungsbeispiele und Aufgabensammlung aus der Physik und der Gleich- und Wechselstromlehre — Berechnen elektrischer Größen in Schaltungen der Fernmeldetechnik

— Weitere Lehrbücher siehe 3. und 4. Umschlagseite —

*) Frühere Bezeichnung „Handbuch für den Fernmeldehandwerker der DBP“

HANDBUCH der FERNMELDETECHNIK

— Buchreihe AFt —



Erwerbsbuch des
Postmuseums Nürnberg
Nr. B 2722

BAND C 1

Werkstoffkunde und Werkstoffbearbeitung

Werkstoffe der Fernmeldetechnik und ihre Bearbeitung;
Werkzeuge und Werkzeugmaschinen; Werkstoffprüfung;
Oberflächenschutz der Metalle; Nichtmetallische Werkstoffe;
Isolierstoffe; Kunststoffe

3., verbesserte und erweiterte Auflage

Verlag: Deutsche Postgewerkschaft-Verlag GmbH
6 Frankfurt 1 - Savignystraße 29

Vorwort

Die siebzehn Bände des „Handbuchs der Fernmeldetechnik — Buchreihe Aft —“ sollen

1. den Fernmeldelehrlingen während der Lehrzeit ein ständiger Begleiter sein und ihnen eine umfassende und gute Prüfungsvorbereitung ermöglichen,
2. den Fernmeldearbeitern bei der Vorbereitung auf die Prüfung nach dem Tarifvertrag, § 10, behilflich sein,
3. den Handwerkern aus artverwandten Berufen aufzeigen, welches Fachwissen erforderlich ist, um genausoviel zu wissen wie die Lehrlinge am Ende ihrer Lehrzeit,
4. den Fernmeldehandwerkern die Möglichkeit geben, ihr Wissen aufzufrischen und es auf den neuesten Stand der Fernmeldetechnik zu bringen und
5. eine ausreichende Vorbereitung auf den Lehrstoff der dienstlichen Grundlehrgänge gewährleisten.

In der Fernmeldehandwerkerprüfung sowie in den Grundlehrgängen Ft 1 und 2 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 und FeO. Einer der Bände allein kann dem Leser dieses umfangreiche Wissen nicht vermitteln; alle siebzehn Bände zusammen (vgl. hierzu die Angaben auf der 2. und 3. Umschlagseite) enthalten jedoch das Fachwissen, das sich der Leser im Interesse des Prüfungserfolges und seines weiteren Aufstiegs aneignen muß. In dem „Handbuch der Fernmeldetechnik“ 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 Fernmeldearbeiter,
für den Handwerker aus artverwandten Berufen und
für den Fernmeldehandwerker

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

Stand: Sommer 1969

Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet.

INHALTSVERZEICHNIS

WERKSTOFFKUNDE UND WERKSTOFFBEARBEITUNG

1. Eisen und Stahl

	Seite
1.1. Eisenerze	7
1.2. Aufbereitung der Eisenerze	8
1.3. Verhüttung der Eisenerze	8
1.3.1. Der Hochofen	9
1.3.2. Gewinnung des Roheisens	10
1.4. Weiterverarbeitung des Roheisens	11
1.4.1. Grauguß	11
1.4.2. Temperguß	11
1.5. Weiterverarbeitung des Roheisens zu Stahl	12
1.5.1. Flußstahlerzeugung	12
1.5.2. Bessemer- und Thomas-Verfahren	13
1.5.3. Siemens-Martin-Verfahren	16
1.5.4. Gewinnung von Edelstählen	16
1.6. Weiterverarbeitung des Stahls durch Walzen, Ziehen und Schmieden	18
1.6.1. Walzwerksverfahren	18
1.6.2. Ziehen	22
1.6.3. Schmieden	23
1.7. Normung, Verwendung und Handelsformen	24
1.7.1. Normung	24
1.7.2. Verwendung von Eisen und Stahl	24
1.7.3. Handelsformen	25
1.8. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 1.	26

2. Nichteisenmetalle

2.1. Kupfer	26
2.1.1. Kupfererze	26
2.1.2. Kupfergewinnung	27
2.1.3. Kupferlegierungen	29
2.1.4. Verwendung des Kupfers und seiner Legierungen	31
2.2. Zinn	32
2.2.1. Zinnerze	32
2.2.2. Zinnengewinnung	33
2.2.3. Verwendung des Zinns	33
2.3. Zink	33
2.3.1. Zinkerze	33
2.3.2. Zinkgewinnung	34
2.3.3. Verwendung des Zinks	35
2.4. Blei	35
2.4.1. Bleierze	35
2.4.2. Bleigewinnung	35
2.4.3. Verwendung des Bleis	36
2.5. Aluminium	37
2.5.1. Vorkommen	37
2.5.2. Aluminiumgewinnung	37
2.5.3. Verwendung des Aluminiums	38
2.6. Edelmetalle	39
2.6.1. Silber	39

	Seite
2.6.2. Gold	39
2.6.3. Platin	40
2.6.4. Kadmium	40
2.6.5. Wismut	40
2.6.6. Kobalt	40
2.6.7. Nickel	41
2.6.8. Wolfram	41
2.6.9. Quecksilber	41
2.7. Hartmetalle	42
2.8. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 2.	43

3. Werkstoffprüfung

3.1. Prüfverfahren in der Werkstatt	43
3.1.1. Prüfen der Oberfläche	44
3.1.2. Funkenprobe	44
3.1.3. Sonstige Proben	44
3.2. Prüfverfahren im Laboratorium	46
3.2.1. Mechanische Prüfung	46
3.2.2. Metallographische Prüfung	49
3.2.3. Chemische Prüfung	50
3.2.4. Prüfung ohne Zerstörung	50
3.3. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 3.	51

4. Oberflächenschutz der Metalle

4.1. Korrosion	51
4.1.1. Oberflächenschutz	52
4.2. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 4.	54

5. Nichtmetallische Werkstoffe

5.1. Isolierstoffe	54
5.1.1. Asbest	55
5.1.2. Glas	55
5.1.3. Porzellan	56
5.2. Papier	57
5.3. Gummi	57
5.4. Textilien	58
5.5. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 5.	58

6. Kunststoffe

6.1. Allgemeines	59
6.2. Zellulosekunststoffe	60
6.2.1. Entstehung	60
6.2.2. Vulkanfiber	61
6.2.3. Zellhorn	61
6.2.4. Zellon	61
6.2.5. Zellglas	62
6.2.6. Viskose	62
6.3. Kunsthorn	63
6.4. Härtbare Kunststoffe	63
6.4.1. Entstehung	63

	Seite
6.4.2. Phenolharze	64
6.4.3. Harnstoffharze	66
6.4.4. Melaminharze und Carbamidharze	67
6.5. Thermoplaste	68
6.5.1. Entstehung	68
6.5.2. Eigenschaften	69
6.5.3. Polyvinylchlorid	69
6.5.4. Acrylglas	72
6.5.5. Polyisobutylen	73
6.5.6. Polyäthylen	74
6.5.7. Polystyrol	75
6.5.8. Polyamid	76
6.6. Silikone	77
6.7. Bearbeitungsverfahren	77
6.7.1. Zerspanen	77
6.7.2. Kleben	78
6.7.3. Nähen	78
6.7.4. Schweißen	78
6.7.5. Warmverformen	78
6.8. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 6.	79

7. Baustoffe

7.1. Holz	79
7.2. Ziegel	80
7.3. Kalk und Zement	80
7.4. Gips	81
7.5. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 7.	82

8. Arbeits- und Werkzeugkunde

8.1. Messen und Anreißen	82
8.1.1. Messen	82
8.1.2. Anreißen	85
8.2. Passen	88
8.3. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 8.	89

9. Spannwerkzeuge

9.1. Schraubstöcke	89
9.2. Hilfszeuge	91
9.3. Hilfsspannzeuge	91
9.4. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 9.	92

10. Spanabhebende Verformung

10.1 Allgemeines	92
10.1.1. Keilwinkel	92
10.1.2. Freiwinkel	93
10.1.3. Spanwinkel	93
10.1.4. Schnittwinkel	93
10.2. Feilen	94
10.3. Sägen	96
10.4. Schaben	97

	Seite
10.5. Meißeln	98
10.6. Gewindeschneiden	99
10.7. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 10.	101
11. Spanlose Verformung	
11.1. Richten und Biegen	101
11.2. Schneiden und Scheren	102
11.3. Lochen	103
11.4. Stanzen	104
11.5. Schmieden	106
11.6. Federnwickeln	107
11.7. Blechbearbeitung	109
11.8. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 11.	109
12. Verbindungen	
12.1. Schraubenverbindungen	110
12.2. Stifte	111
12.3. Keile und Federn	111
12.4. Nietverbindungen	112
12.5. Lötverbindungen	113
12.6. Schweißverbindungen	115
12.6.1. Gasschmelzschweißen	115
12.6.2. Elektroschweißen	118
12.7. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 12.	119
13. Wärmebehandlung	
13.1. Behandlung der Stähle	120
13.1.1. Glühen	120
13.1.2. Härten	120
13.2. Behandlung der Leichtmetalle	121
13.3. Behandlung der Kunststoffe	121
13.4. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 13.	121
14. Werkzeugmaschinen	
14.1. Allgemeines	122
14.2. Bewegungsvorgänge	122
14.3. Getriebe	123
14.4. Arbeitsgänge	124
14.4.1. Bohren	124
14.4.2. Senken	128
14.4.3. Reiben	129
14.4.4. Schleifen	129
14.4.5. Wiederholungsfragen zu den Abschnitten 14.1. bis 14.4.	130
14.4.6. Drehen	131
14.4.7. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 14.4.6.	141
14.5. Fräsen	141
14.5.1. Fräsvorgang	141
14.5.2. Fräswerkzeuge	143
14.5.3. Fräsmaschine	143
14.5.4. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 14.5.	144

Werkstoffkunde und Werkstoffbearbeitung

Die Werkstoffkunde gehört zum Grundwissen jedes Fachgebietes der Technik. Für Lernende ist deshalb eine allgemeine Kenntnis der wichtigsten Werkstoffe unbedingt erforderlich. Dieser Band soll dem Leser einen Überblick über die Vorkommen, die Gewinnung und die Verwendungs- und Bearbeitungsmöglichkeiten der verschiedenen Werkstoffe vermitteln.

1. 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 Holzkohlehochofen. 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.

1.1. Eisenerze

Eisenreiche Verbindungen, aus denen das Metall selbst gewonnen wird, heißen **Eisenerze**. Hierbei handelt es sich um Gesteine, die im Tagebau oder im Untertagebau abgebaut werden. Der Eisengehalt der Erze ist unterschiedlich; er ist abhängig von den ihnen beigemengten anderen Stoffen. In den Eisenerzen sind hauptsächlich folgende Verbindungen enthalten.

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

Diese Verbindungen enthalten darüber hinaus oft noch Schwefel, Phosphor, Silizium oder Mangan und sind weiter mit „taubem Gestein“ (Ton, Schiefer, Kalk und Quarz) vermischt.

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

Zusammenstellung der Eisenerze

Magneteisenstein:	60 bis 70% Eisengehalt.
Roteisenstein:	40 bis 60% Eisengehalt.
Brauneisenstein, Minette, Rasenerz:	20 bis 45% Eisengehalt.
Spateisenstein:	30 bis 45% Eisengehalt.
Manganerze:	20 bis 50% Eisengehalt.
Doggererze:	20% Eisengehalt.
Kiesabbrände:	sind Nebenerzeugnisse aus der Schwefelkiesverarbeitung und haben bis zu 45% Eisengehalt bei deutschem Schwefelkies und bis zu 65% Eisengehalt bei ausländischem Schwefelkies.

1.2. Aufbereitung der Eisenerze

Nicht alle Eisenerze können in dem Zustand verhüttet werden, in dem sie bei dem Abbau gefunden werden; bei einem großen Teil 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.

1.3. Verhüttung der Eisenerze

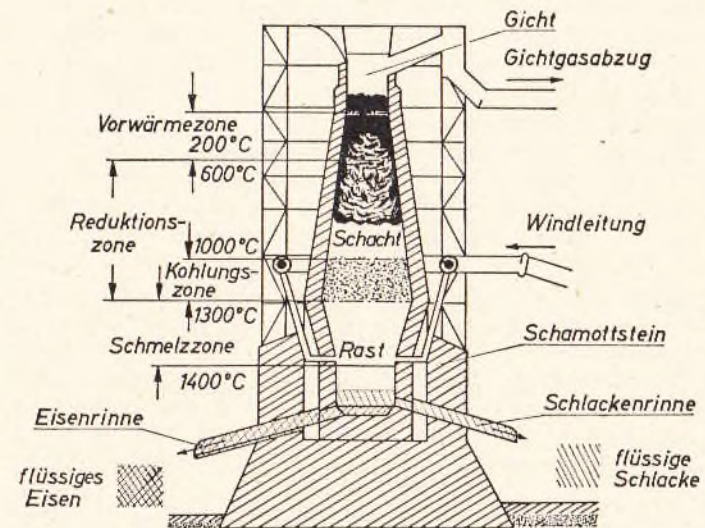
Nach ihrer Aufbereitung bestehen alle Eisenerze in der Hauptsache aus Eisenoxiden. Nach dem Austreiben des Sauerstoffs im **Hochofen** bleibt

metallisches Eisen zurück; dieser Vorgang wird **Reduktion** genannt. Im Hochofen werden auch die mineralischen Beimengungen als Schlacke ausgeschieden.

1.3.1. Der Hochofen

Der **Hochofen** (vgl. hierzu Abb. 1) besteht aus zwei kegelstumpfförmigen, übereinandergestellten Hohlkörpern aus feuerfestem Mauerwerk. Der obere Teil heißt der **Schacht**, der untere der **Rast** und die obere Öffnung **Gicht**. Sie wird durch die **Gichtglocke** abgeschlossen. Der weiteste Teil ist

Hochofen im Querschnitt



(Abb. 1)

der **Kohlsack**. 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 entweichen früher aus der Gicht in die Luft. Heute werden sie aufgefangen und als billiger Brennstoff für die **Winderhitzung**, Kesselfeuerungen und als Treibgas für die den Wind liefernden Gebläsemaschinen verwendet.

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.

1.3.2. 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, kieseligen Stoffe und auch die Asche des Brennstoffes in leicht schmelzbare Schlacke überführen.

Der Schmelzvorgang (vgl. hierzu Abb. 1) spielt sich wie folgt ab: 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 aus dem Kohlenstoff des glühenden Kokes und dem Sauerstoff des Heißwindes entstandene Kohlenoxydgas entzieht den Eisenerzen den Sauerstoff. In der Reduktionszone herrschen, von oben nach unten gestaffelt, 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, dadurch sinkt der Schmelzpunkt des Eisens. In der **Schmelzzone** schmilzt das kohlenstoffhaltige Eisen bei etwa 1300 °C vollständig und trennt sich von seinen groben Verunreinigungen. Diese werden mit den Brennstoffresten 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. Durch den **Abstich** wird das flüssige Roheisen dem Hochofen in Abständen von 2 bis 3 Stunden entnommen.

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.

1.4. Weiterverarbeitung des Roheisens

Das Roheisen ist wegen seiner Beimengungen noch nicht als Werkstoff zu gebrauchen, sondern bedarf weiterer Behandlungen, um daraus Grauguß oder Stahl entstehen zu lassen.

1.4.1. Grauguß

Grauguß wird aus grauem Roheisen gewonnen, dem in geringen Mengen Stahlschrott beigegeben wird. Das Umschmelzen der **Masseln** geschieht in einem, dem Hochofen ähnelnden Schachtlofen 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, der **Hartguß**, 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. Teilweise Oberflächenhärte wird durch Einlegen von Abschreckplatten aus Stahl erzielt, die an diesen Stellen für eine plötzliche Abkühlung des heißen Graugusses sorgen. Diese Art Grauguß heißt **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.

1.4.2. Temperguß

Temperguß wird entweder nach dem deutschen oder nach dem amerikanischen Verfahren aus weißem Roheisen hergestellt. In beiden Fällen werden die aus Temperroheisen, Gußbruch und Stahlschrott gegossenen Werkstücke nachbehandelt, wodurch ihr Kohlenstoffanteil von 2,5 bis 4% auf etwa 0,5 bis 1,8% herabgesetzt wird.

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 **Entkohlung** erfolgt aber nur in der Randschicht und 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 Luft-sauerstoffes 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 ein schwarzkörniges Aussehen und wird deshalb **schwarzer Temperguß** genannt.

Zum Tempern eignen sich Werkstücke wie Hebel, Bügel, Klinken, Fahrrad- und Kraftfahrzeugteile, Schraubenschlüssel, Haken, Rohrverschluß- und Verbindungsstücke, Beschlagteile, Räder, Ketten, Muttern und ähnliche Massenwaren. Der Temperguß ist zäh; er ist hämmbar, schmiedbar und kann gefeilt, gemeißelt, gesägt, gedreht, gebohrt und geschliffen werden. Seine Schmelztemperatur liegt bei 1300 °C.

1.5. Weiterverarbeitung des Roheisens zu Stahl

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

1.5.1. Flußstahlerzeugung

Flußstahl wird aus flüssigem Stahl durch **Frischen** gewonnen und ist daher gleichmäßig und schlackenfrei. Alle im elektrischen Ofen erzeugten Flußstähle fallen unter die Bezeichnung **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** und unterscheiden sich nach der **Zusammensetzung**:

Unlegierte Stähle, auch **Kohlenstoffstähle** genannt, haben einen Kohlenstoffgehalt von 0,04 bis 1,7%. Bei mehr als 1,7% Kohlenstoffgehalt

zählen sie schon wieder zum Roheisen. Je geringer der Kohlenstoffgehalt ist, desto dehnbarer und weicher ist der Stahl. **Legierte Stähle** sind verbesserte Ursprungsstähle, deren Eigenschaften durch Zusätze verbessert werden. Niedriglegierte Stähle enthalten 2 bis 5% Legierungszusätze und hochlegierte Stähle 5 bis 30% Legierungszusätze. Als Legierungsbestandteile werden Mangan, Nickel, Chrom, Wolfram, Molybdän, Vanadium, Kobalt, Kupfer u. a. m. verwendet, deren Einfluß folgende Zusammenstellung angibt:

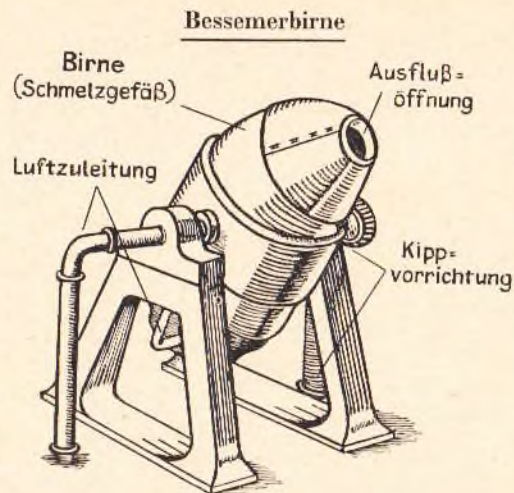
Kohlenstoff:	erhöht:	Festigkeit, Härte, Härthbarkeit
	vermindert:	Schmelzpunkt, Zähigkeit, Dehnung, Schweiß- und Schmiedbarkeit
Silizium	erhöht:	Elastizität, Festigkeit, Durchhärthbarkeit, Warmhärte, Korrosionsbeständigkeit
	vermindert:	Schweißbarkeit
Phosphor	erhöht:	Dünnflüssigkeit, Warmfestigkeit
	vermindert:	Dehnung, Schlagfestigkeit
Schwefel	erhöht:	Dickflüssigkeit, Rotbrüchigkeit, Spanbrüchigkeit
	vermindert:	Schlagfestigkeit
Mangan	erhöht:	Durchhärthbarkeit, Festigkeit, Schlagfestigkeit, Verschleißfestigkeit
	vermindert:	Zerspanbarkeit
Nickel	erhöht:	Zähigkeit, Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, elektr. Widerstand, Hitzebeständigkeit, Durchhärthbarkeit
	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)

1.5.2. 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 wurde durch den **Engländer Thomas** beseitigt, der die beim Bessemer-Verfahren angewandte saure Ausmauerung (Quarz, Flußspat) der Birne durch eine **basische** (Kalk, Dolomit¹⁾) ersetzte; dieses Verfahren ist als das **Thomas-Verfahren** bekannt.

Die Bessemer- bzw. Thomas-Birne, auch **Konverter** (Umwandler) genannt, ist ein birnenförmiger, aus Stahlblech gefertigter Behälter, der

¹⁾ Kalk = kohlensaures Kalzium, Dolomit = Kalzium-Magnesium



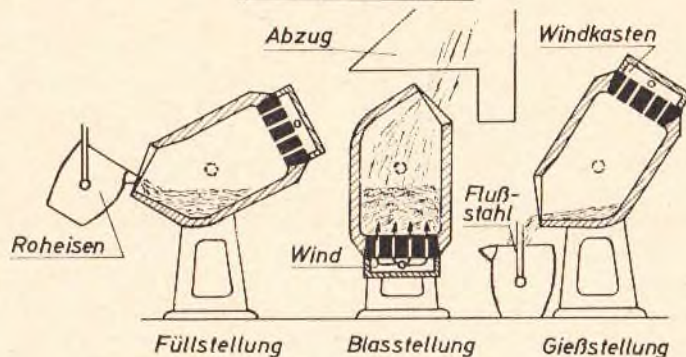
(Abb. 2)

kieselsauer bzw. basisch ausgemauert ist (vgl. hierzu 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 am Boden der Birne. Der **Kaltwind** (Sauerstoff) wird unter Druck durch die Bodendüsen des Konverters in das Schmelzgut gepreßt.

Die Umwandlung des Roheisens in Flußstahl, bei diesem Verfahren als **Windfrischen** bezeichnet, geht in 4 Arbeitsgänge unterteilt vor sich.

- a) Zunächst wird die Birne in Füllstellung gebracht und das flüssige Roheisen (20 t) mit Kalkzusatz bis zur Unterkante des Windkastens eingegossen (vgl. hierzu Abb. 3).

Konverterstellungen



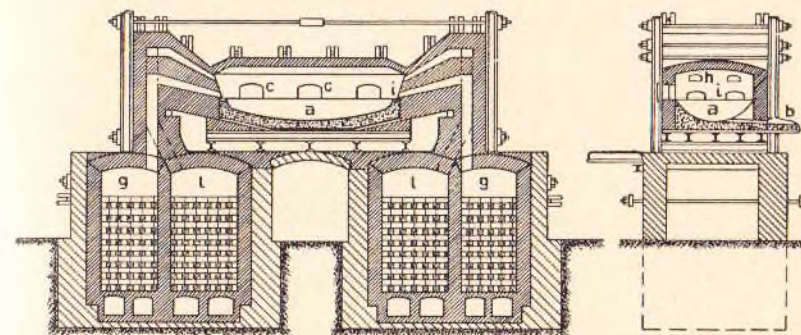
(Abb. 3)

- b) Nach der Füllung wird der Konverter unter **Winderzeugung** in die Blasstellung gebracht. Der durch das Schmelzgut strömende sauerstoffhaltige Wind verbrennt den Kohlenstoff und die unerwünschten Beimengungen. 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. Der Kalk verbindet sich mit dem im Roheisen vorhandenen Phosphor zu Schlacke. Die Verbrennung, das **Blasen**, dauert ungefähr 20 Minuten; die Temperatur wird hierbei nach und nach bis auf etwa 1600 °C gesteigert.
- c) Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis der Schmelzer (mit Hilfe eines Spektroskopes¹⁾) an der Farbe der Flamme erkennt, ob der gewünschte Grad an Kohlenstoff erreicht worden ist. Beim Thomas-Verfahren entziehen weitere Kalkbeimischungen dem Roheisen den Phosphor fast vollständig.
- d) 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 **Kokillen** (konische Gußformen) zu Blöcken (**Brammen**) gegossen und durch weitere Verarbeitung (**Walzen**) in die handelsüblichen Formen gebracht.

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

Siemens-Martin-Ofen



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

(Abb. 4)

¹⁾ Vorrichtung zum Untersuchen der Lichtfarben

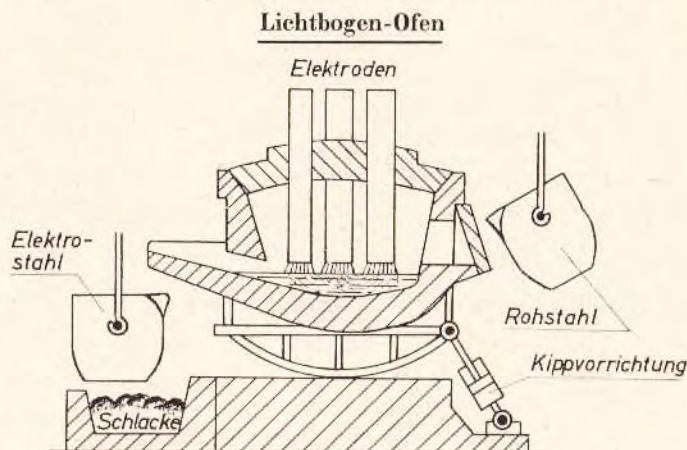
1.5.3. Siemens-Martin-Verfahren

Die Gebrüder **Martin** bauten zur Stahlgewinnung den Flammofen und benutzten die von **Siemens** erfundene **Gasfeuerung** (Regenerativfeuerung.) Der **Siemens-Martin-Ofen** (vgl. hierzu Abb. 4) ist ein geschlossener Flammofen. Unter seinem Herd befinden sich 4 Wärmespeicher, von denen immer 2 der Gas- und 2 der Luftherhitzung dienen. Sie werden im Wechsel durch die Abgase des Ofens erhitzt und durch die Abgabe der Wärme an das zum Schmelzvorgang notwendige Gasluftgemisch abgekühlt. 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. Die Siemens-Martin-Öfen sind sauer oder basisch ausgemauert. Der Ofen faßt ungefähr 80 Tonnen Schmelzgut.

Das Siemens-Martin-Verfahren unterscheidet nach Roheisen-Erzverfahren und 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 (Schrottpakete: gepreßtes Alteisen, Späne usw., Stahlabfälle) wird hierbei unter der Zugabe von Roheisen Stahl gewonnen.

1.5.4. Gewinnung von Edelstählen

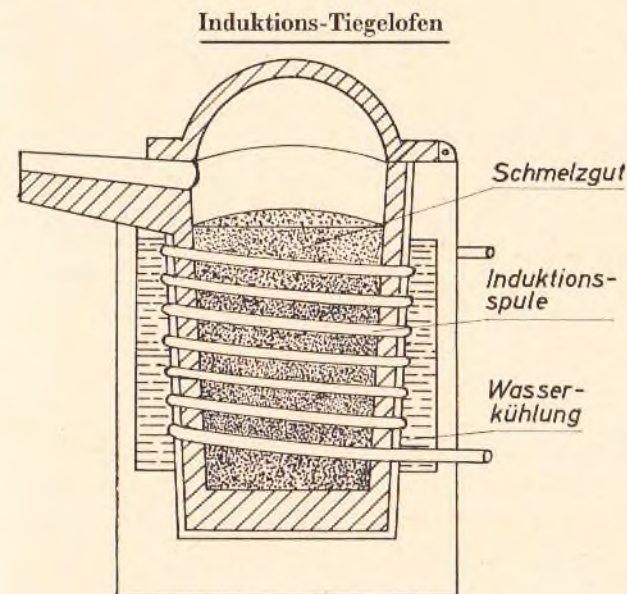
Edelstähle weisen einen besonders geringen Phosphor- und Schwefel-



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

Als Elektroöfen werden entweder Lichtbogenöfen oder Induktions-Tiegelöfen verwendet. Der **Lichtbogenofen** (vgl. hierzu 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** (vgl. hierzu 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.



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.

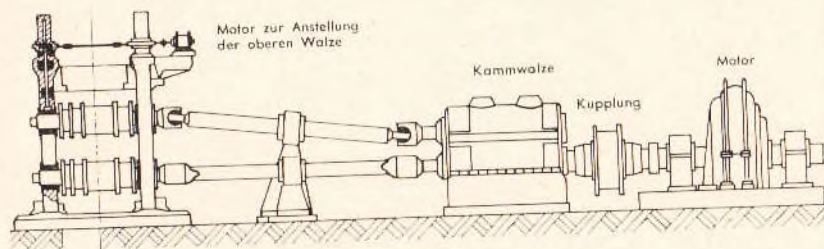
Der Stromverbrauch beträgt bei flüssigem Einsatz etwa 250 kWh, bei kaltem Einsatz ungefähr das Dreifache. Das Verfahren dauert rund 3 Stunden.

1.6. Weiterverarbeitung des Stahls durch Walzen, Ziehen und Schmieden

1.6.1. Walzwerksverfahren

Die Walzwerksverfahren sind durch die technologische Entwicklung und den Zwang zur Rationalisierung (kostensparende Fertigung) so weit differenziert worden, daß es heute eine Vielzahl von Walzmethoden gibt. **Profilstähle** und **Grobbleche** werden in **Warmwalzwerken** ausgewalzt, **Feinbleche** in **Kaltwalzwerken**. In beiden Fällen wurden die ehemals verwandten **Reversierwalzwerke** (vgl. hierzu Abb. 7) (umsteuerbare Walzen zum mehrmaligen Walzen auf die endgültige Materialstärke) zu **kontinuierlich** (in einer Richtung) arbeitenden **Walzenstraßen** (vgl. hierzu Abb. 8) weiterentwickelt. Neben den Walzenstraßen sind auch **Duo- und Triowalzwerke** (vgl. hierzu Abb. 9) im Gebrauch. Hierbei werden in einem **Walzengerüst** zwischen mehreren Walzen gleichzeitig verschiedene Blechstärken bzw. Profilquerschnitte gewalzt. Bei den **Mittleisen- und Drahtwalzwerken** sind die Walzengerüste oft in Zick-Zack-Form oder gestaffelt aufgestellt, um Platz zu sparen. Das neu eingeführte **Stranggießen** vereinigt Gießen und Walzen zu einem Arbeitsgang; dabei wird die kostspielige Zwischenstufe des Kokillengusses eingespart.

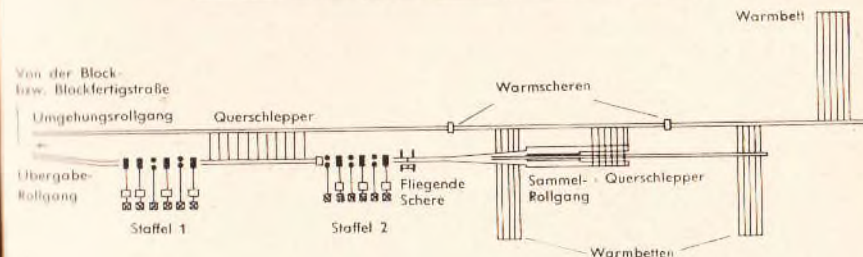
Skizze eines Duo-Umkehr-Walzwerkes



(Abb. 7)¹⁾

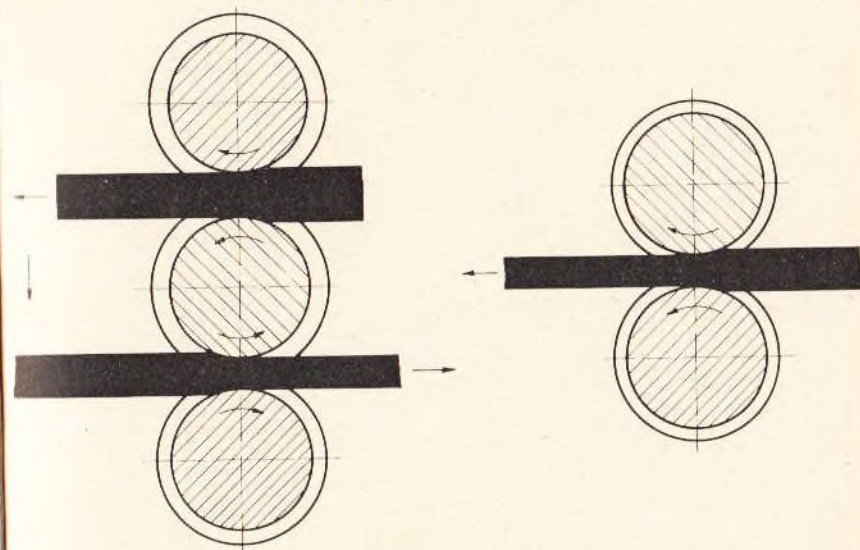
¹⁾ Abb. 7-13 aus der Druckschrift „Klöckner-Stahl kalt und warm verformt“.

Neuzeitliche kontinuierliche Halbzeugstraße



(Abb. 8)

System von Duo- und Triowalzwerken



(Abb. 9)

1.6.1.1. Warmwalzverfahren

Der auf Kokillen zu **Brammen** abgegossene Stahl kann nach dem Erstarren bei der Erzeugung von Halbfabrikaten (Grobblechen, Stahlplatten und Profilstählen) nur im warmen Zustand verarbeitet werden. Die Brammen, auch **Rohblöcke** oder **Blöcke** genannt, werden dazu in **Wärmeöfen** auf Walztemperaturen (1000–1200 °C) gebracht. Wärmeöfen sind entweder als **Tieföfen** zum **Einsetzen** der Blöcke oder als **Stoßöfen**

zum **Durchstoßen** der **Halbzeuge** (Halbfabrikate: Vorblöcke, Vorbrammen, Knüppel 40–120 Ø, Platten > 200 br., < 50 stark) konstruiert. Der Rohstahl wird beim Warmwalzen sowohl in Fertigerzeugnisse wie auch in **Vormaterial** für das Kaltwalzen, Ziehen, Stanzen und Pressen umgewandelt.

Anstellbares Trio-Blockwalzwerk



(Abb. 10)

Die **Formgebung** geschieht auf **Kalandern** (Walzengerüsten) zwischen **anstellbaren** (Veränderung des Abstandes) Walzen (vgl. hierzu Abb. 10). Bei jedem **Stich** (Durchlauf) tritt eine Querschnittsänderung bei gleich-

zeitiger Streckung ein. Für die Formgebung werden je nach Halbzeug, ob Profil oder Bleche, **Kaliber-** oder **Zylinderwalzen** benötigt; dementsprechend sind die Walzwerke als **Kaliberwalzwerke** und **Blechwalzwerke** benannt. Die gewünschte Form kann nicht mit einem Stich erreicht werden, sondern es sind dazu mehrere Durchläufe erforderlich. So weisen Kaliberwalzen mehrere Profilrillen auf, in denen der Stahl auf das gewünschte Maß nacheinander heruntergewalzt wird. Der Stahl soll seine endgültige Form möglichst in „einer Hitze“ erhalten, deshalb werden heute meistens mehrere Walzwerkseinheiten zu **Walzenstraßen** zusammengeschaltet. Die einzelnen Gerüste sind durch elektrisch angetriebene **Rollgänge** miteinander verbunden, wobei die Abstände wegen der Streckung des Materials immer größer werden. Der Walzvorgang verbessert durch den Walzendruck erheblich die Gefügestruktur des Stahls und führt so zu größerer Festigkeit.

Der steigende Verbrauch und spezielle Forderungen an das Stahlsortiment haben für mittlere Querschnitte besondere **Mittelstraßen** entstehen lassen. Den Abschluß der Warmwalzwerksverfahren bilden die Feinblechstraßen für Blechstärken bis zu 1,25 mm. Eine Sonderform des Warmwalzwerkes stellt das **Planetenwalzwerk** dar, bei dem **Umlaufrollen**, die am Umfang einer Stützwalze laufen, die Walzarbeit leisten. Unebenheiten gleichen nachgeschaltete **Polierwalzen** aus.

1.6.1.2. Kaltwalzverfahren

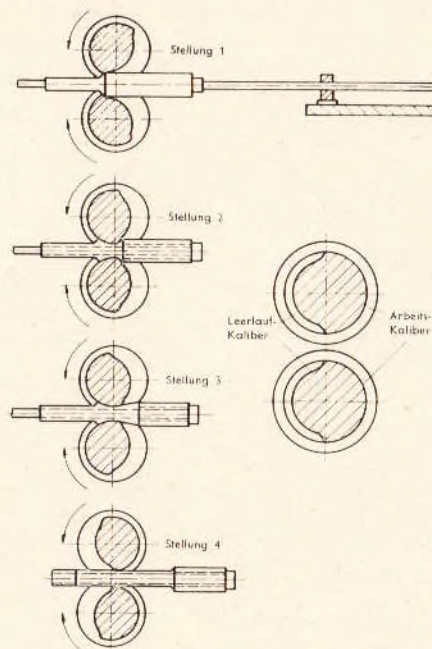
Die vom Warmwalzwerk in Rollen oder Bündeln, **Coils** genannt, gelieferten Bleche werden im kalten Zustand zu **Feinstblechen** bis 0,11 mm Dicke ausgewalzt. Der Walzvorgang ist der gleiche wie beim Warmwalzwerk. Da beim Auswalzen eine zu große Dichte des Materials eintritt, werden die Bänder gebeizt, um sie vom Zunder zu befreien, unter Schutzgas geglüht und auf **Dressiergerüsten** nachgewalzt. Neben kontinuierlich arbeitenden Walzenstraßen sind auch andere Bauformen von Kaltwalzwerken üblich, wie das eingerüstige **Vielwalzen-Walzwerk** oder eine Abart des Planetenwalzwerkes, das **Senzimir-Walzwerk**.

1.6.1.3. Sonderwalzwerke

Unter der Bezeichnung **Sonderwalzwerke** sind die nach unterschiedlichen Verfahren arbeitenden **Röhrenwalzwerke** zusammengefaßt. Rohlinge und Halbzeuge werden hierbei entweder aus Blechen oder dickwandigen Hohlkörpern, **Rohrluppen** warm verwalzt. Die Bleche müssen dazu in mehreren Stichen gebogen und anschließend verschweißt werden; das hier angewandte Verfahren heißt **Fretz-Moon-Verfahren**. Bekannt ist wohl die Herstellung **nahtloser** Rohre für hohe Beanspruchungen nach dem **Mannesmann-Verfahren**. Mit Hilfe von **Schrägwälzen** wird der Rohling über einen Dorn gewalzt. Das Material fließt hierbei besser, als wenn

es nur in Walzrichtung gestreckt würde. Vor der Entwicklung des Mannesmann-Verfahrens ließ sich der Stahl nur jeweils in kleinen Bereichen genügend strecken, um ihn zum Rohrmantel verformen zu können. Dementsprechend entstand das **Pilgerschritt-Verfahren** (vgl. hierzu Abb. 11), bei dem nach einer kurzen Walzstrecke der Rohling erst wieder vorgezogen wird, bevor bei der Rückdrehung der Walzen die nächste Streckung einsetzt.

Walzvorgang im Pilgerschritt-Verfahren



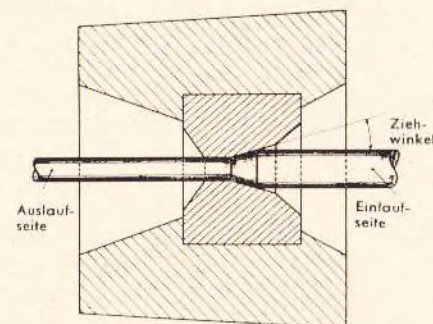
(Abb. 11)

1.6.2. Ziehen

Ziehen und Schmieden sind die ältesten Bearbeitungsverfahren von Metallen. Das **Ziehverfahren** wurde zur Drahtherstellung angewandt. Angespitzte Stangen lassen sich mit Hilfe von **Zieheisen** (vgl. hierzu Abb. 12) stufenweise auf die gewünschten Querschnitte bringen. Der Vorzug dieses Verfahrens liegt in der Maßhaltigkeit des Endproduktes ($\pm 0,02 \text{ mm}$); es wird daher heute maschinell auf **Mehrfach-Ziehmaschinen** (vgl. hierzu Abb. 13) angewandt. Neben den Zieheisen dienen dabei Ziehmatrizen, Widia-Ziehsteine und Diamant-Ziehsteine als Werkzeuge.

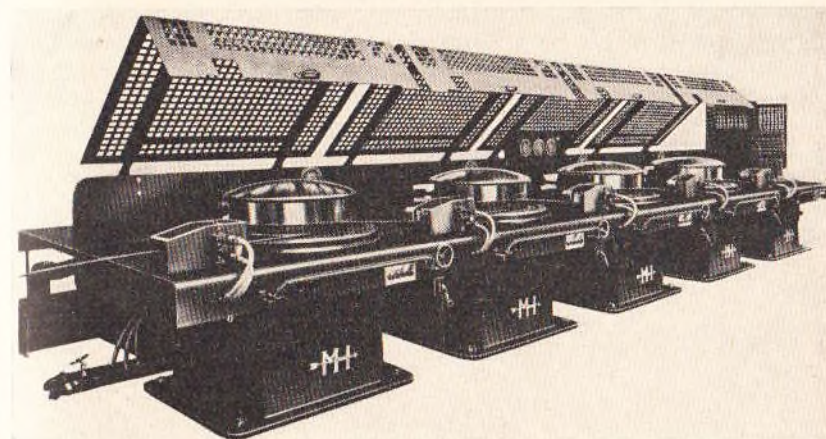
Auf diese Weise werden fast alle Drahtsorten, von der Klaviersaite bis zur Baustahlmatte hergestellt.

Ziehdiüse



(Abb. 12)

Mehrfachziehmaschine



(Abb. 13)

1.6.3. Schmieden

Schwere Schmiedestücke (bis zu 200 t Gewicht) erhalten ihre Form entweder in **Schmiede-Pressen** oder in **Gesenk-Schmieden**. Die Bearbeitung der Rohblöcke in Gesenk-Schmieden ist ein langwieriges Verfahren, weil sich bei der diskontinuierlichen Arbeitsweise nur die Oberfläche beein-

flussen läßt. Schmiedepressen, die für Drücke bis zu 15000 t gebaut werden, verändern das Gefüge des Rohlings durchgehend, so daß die Fertigungszeiten abgekürzt werden können. Der Rohling erhält seine gewünschte Form unter mehrfachem Wenden während des Preßvorgangs. Vielfach ist eine spanabhebende Weiterbearbeitung erforderlich. Auf diese Weise werden u. a. Schiffswellen und Steven hergestellt.

1.7. Normung, Verwendung und Handelsformen

1.7.1. Normung

Da die einzelnen Eisen- und Stahlsorten hinsichtlich ihrer Zug- und Druckfestigkeit, ihrer Härtebarkeit usw. 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** Begriffsbestimmungen festgelegt. Die Güte und Beschaffenheit des Werkstoffes ist in den **DIN-Blättern** (Deutsche Industrie Normen) als Handels- oder Markenbezeichnung festgelegt worden; die **Normblätter** für Eisen und Stahl haben die Nummern 1600 bis 1699.

Da es nicht leicht ist, zwischen dem „schmiedbaren Eisen“ und dem „Stahl“ eine eindeutige Grenze zu ziehen, hat der Normenausschuß alles ohne **Nachbehandlung schmiedbare Eisen** als **Stahl** bezeichnet. Für die Kennzeichnung des Materials dienen Kurzzeichen, wie Ge für Gußeisen, Te für Temperguß, St für Flußstahl und Stg für Stahlguß. Da bei der Markenbezeichnung gleichzeitig auch die **Mindestzugfestigkeit** angegeben ist, ergeben sich Bezeichnungen wie St 34.13 oder Stg 50.81; „Stg 50.81“ bedeutet also: 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.

1.7.2. Verwendung von Eisen und Stahl

Allgemein wird zwischen Baustählen und Werkzeugstählen unterschieden. **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 auch als Allgemeinwerkzeuge, wie Hämmer, Meißel, Sägen, Schraubenzieher usw.

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 hauptsächlich 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.

1.7.3. Handelsformen

Die Werkstoffe, die zur Herstellung von Stahlkonstruktionen, Maschinen, Fahrzeugen, Motoren usw. verwendet werden, kommen in bestimmten **Handelsformen**, wie **Stabstähle**, **Bleche**, **Rohre** u. a. m., in den Handel und werden nach Halbzeugen und Fertigerzeugnissen unterschieden. **Halbzeuge** sind Stahlblöcke von 100 bis 10000 kg Brammen (flache Blöcke), **Knüppel** (Stangenform von 15 bis 100 mm Ø) und **Platinen** (große Platten). Die wichtigsten **Fertigerzeugnisse** sind die **Stabstähle** und die **Formstähle** (vgl. hierzu Abb. 14).

Stab- und Formstähle

Stabstähle: ○ Rund-, □ Vierkant-, ⬡ Sechskant-, △ Halbbrund-,
□ Flach-, ▭ Breitflach- — Bandstahl u. a.

Formstähle: ⊏ Winkelstahl, ⊏ U-Stahl, ⊏ I-Stahl,
⊏ Doppel-T-Stahl, ⊏ Z-Stahl.

(Abb. 14)

Zu den Fertigerzeugnissen rechnen weiter: **Drähte:** gewalzt und gezogen. **Bleche:** Schwarz-, Riffel-, Wellbleche, dekapierte (entzunderte), gelochte, verzinkte und verzinnzte Bleche (Weißbleche). In der Stärke der Bleche wird unterschieden: bis 3 mm = fein; 3 bis 4,75 mm = mittel, 5,0 mm und darüber = grob. **Rohre:** stumpfgeschweißte, überlapptgeschweißte und nahtlose Rohre. **Kleinzeug:** Nieten, Schrauben, Nägel, Ketten usw. **Eisenbahnbaumaterial:** Schienen, Schwellen, Laschen usw.

1.8. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 1.

1. Nennen Sie die wichtigsten Eisenerze! 2. Was versteht man unter Aufbereitung der Eisenerze? 3. Fertigen Sie eine Handskizze von einem Hochofen an und erklären Sie bitte kurz den Schmelzvorgang! 4. Wie beeinflusst der Kohlenstoffgehalt die Eigenschaften des Stahls? 5. Wodurch unterscheidet sich Grauguß von Temperguß? Wodurch unterscheidet sich das Thomas-Verfahren vom Siemens-Martin-Verfahren? 7. Mit Hilfe welcher Verfahren werden Edelstähle gewonnen? 8. Erläutern Sie die DIN-Bezeichnung St 34.13! 9. Wodurch unterscheiden sich Baustähle von Werkzeugstählen? 10. Nennen Sie einige Handelsformen für Stähle! 11. Worin besteht der Unterschied zwischen Warm- und Kaltwalzwerken? 12. Erklären Sie den Walzvorgang im Kaliberwalzwerk! 13. Wozu gibt es Walzenstraßen? 14. Erläutern Sie das Mannesmann-Verfahren! 15. Was verstehen Sie unter Ziehen? 16. Welche Schmiedeverfahren gibt es?

2. Nichteisenmetalle

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

2.1. Kupfer

Kupfer und **Kupferlegierungen** wurden schon in vorgeschichtlicher Zeit zu Gebrauchsgegenständen und Waffen aus **Bronze** (einer Legierung, deren wesentlichste Bestandteile Kupfer und Zinn sind) verarbeitet. Kupfer hat ein spezifisches Gewicht von $8,9 \text{ kg/dm}^3$ 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 (Stücke bis zu 1000 t Gewicht) in Nordamerika (Montana und Arizona), in Neu-Mexiko, Chile und Südaustralien vor. Derartige Funde sind jedoch eine Seltenheit, und als Hauptkupferlieferant dienen deshalb die in größerem Umfang auftretenden Kupfererze.

2.1.1. Kupfererze

Die wichtigsten Kupfererze sind:

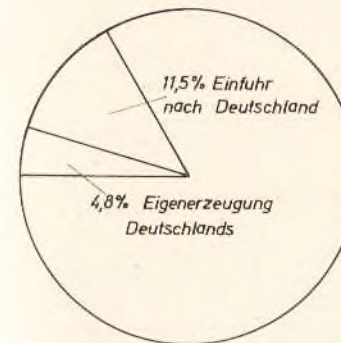
Kupferkies mit einem Kupfergehalt von etwa 35% . Fundorte sind Schweden, Norwegen, Spanien, Rußland, Nord- und Südamerika und in Deutschland der Mansfelder Gebirgskreis und das Siegerland. **Kupferglanz** mit etwa 80% Kupfergehalt. Fundorte sind Rußland, England, Nordamerika, Afrika (Kongo) und in Deutschland 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. Fundorte sind die Umgebung von Goslar und die Mansfelder Mulde bei Eisleben. Hier ist der schwarze Kupferschiefer ein etwa $\frac{1}{2} \text{ m}$ 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 (vgl. hierzu Abb. 15). Es müssen deshalb große Mengen Kupfer aus dem Ausland eingeführt werden. Die **Hauptlieferanten** sind Nord- und Südamerika, Spanien und Südafrika.

Kupferverbrauch

Weltkupferproduktion



Herkunft des in Deutschland verarbeiteten Kupfers



(Abb. 15)

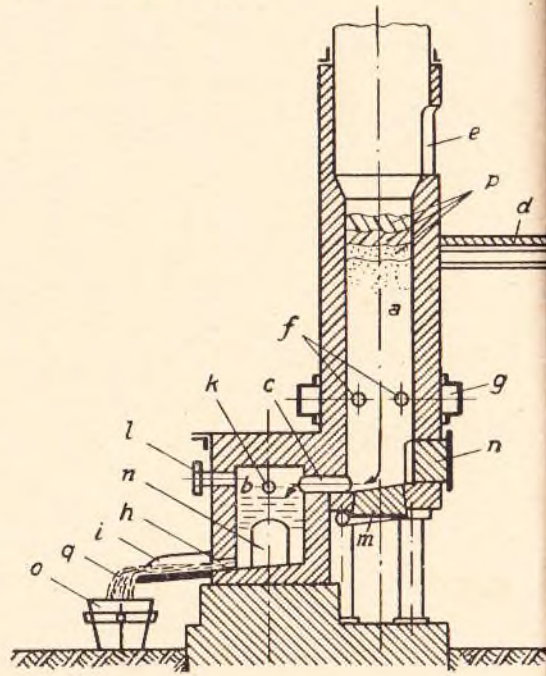
2.1.2. Kupfergewinnung

Die Verarbeitung sehr armer Kupfererze zu Kupfer geschieht über den Umweg mehrerer Zwischenprodukte. Weil die Verluste zu groß sein würden, werden die Erze deshalb zunächst in ein kupferreiches Zwischenprodukt, den **Stein**, übergeführt. Bei dem hauptsächlich angewendeten **trockenen Verfahren** werden die Erze zunächst in einem Röstofen erhitzt (geröstet). Dabei entweicht bei etwa 114°C Schwefel, die Schwefeldämpfe werden aufgefangen und dienen zur Herstellung von Schwefelsäure. Das nachfolgende Schmelzen in **Schacht-** oder **Flammöfen** (vgl. hierzu Abb. 16) 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**, durch Auslaugen der Erze in Schwefel- oder Salzsäure, gewonnen werden. Reines Kupfer wird aus dem Schwarzkupfer durch **Raffinieren** (Reinigen) oder auf elektrolytischem Wege gewonnen. Abb. 17 zeigt eine Anlage zur Herstel-

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



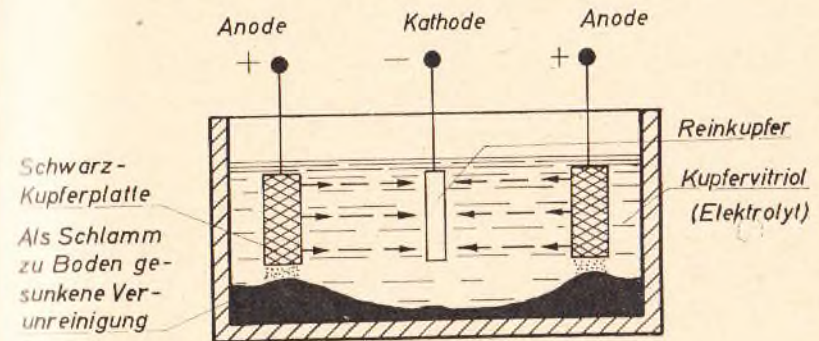
(Abb. 16)

lung von **Elektrolytkupfer**. Das zu Platten gegossene Schwarzkupfer wird in eine Lösung von Kupfervitriol und Schwefelsäure gebracht. Zwischen je zwei Schwarzkupferplatten wird ein dünnes Blech aus reinem Kupfer aufgehängt. 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.

Elektrolyse

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



(Abb. 17)

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.

2.1.3. 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. Im wesentlichen wird zwischen folgenden 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. Zu unterscheiden sind hier Guß-Zinn-bronze 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 Leitungswiderstand nicht zu hoch sein soll. Deshalb wird Leitungsbronze aus 97 bis 99,9% Kupfer und nur geringen Anteilen an Zinn, Magnesium¹⁾, Silizium²⁾ oder Kadmium³⁾ hergestellt. Zwei Beispiele sollen die verschiedenen Eigenschaften zweier voneinander abweichender Legierungsarten aufzeigen:

1. Leitungsbronze, 1,5 mm Durchmesser, besteht aus 99,2% Kupfer und 0,8% Magnesium. Die Zugfestigkeit beträgt 60 kg/mm², der spezifische Widerstand hat einen Wert von 0,028 Ohm.
2. 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 Lüten von Kupferlegierungen und Stahl verwendet. Da der Schmelzpunkt der zu lötenden Metalle nicht gleich ist (Kupfer 1080 °C, Bronze 900 °C, Messing 1000 °C), muß der Schmelzpunkt des Lotes auf das jeweilige Metall abgestimmt sein (**Arbeitstemperatur** des Lotes). Es wird unterschieden nach **Messinglot** und **Silberlot**. Das Messinglot hat eine Arbeitstemperatur

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.

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.

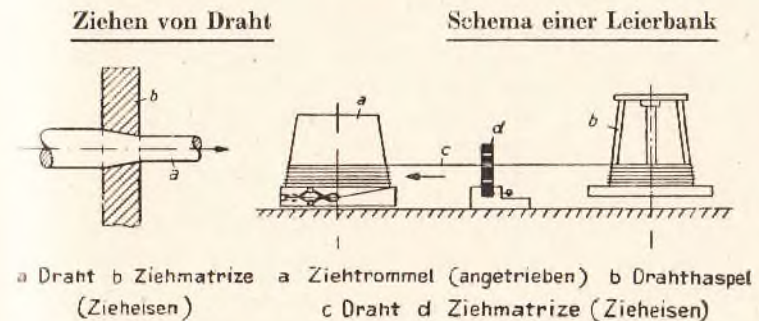
2.1.4. Verwendung des Kupfers und seiner Legierungen

Kupfer wird in der Industrie zur Herstellung von Feuerbüchsen, Heiz- und Kühlschlangen, Dachbedeckungen, Kunstgegenständen, LötKolben und elektrischen Leitungen verwendet. Trotz seiner geringen Festigkeit ist Kupfer sehr wetterbeständig. In feuchter Luft überzieht es sich mit einer dünnen 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 lüten 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 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 vorzugsweise Kupferlegierungen Verwendung: in



(Abb. 18)

(Abb. 19)

den Fernmeldebetrieben Wähler mit ihren Schaltarm- und Kontaktfedersätzen, Relais mit den verschiedenartigen Kontaktfedern, Sicherungsstreifen, Klemmen, Schrauben, kurz alle die vielen Bauelemente der Fernmeldetechnik.

Erwähnenswert ist noch die **Herstellung von Leitungsdrähten** aus Kupfer oder Kupferlegierungen, je nach dem gewünschten Verwendungszweck. 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 (Leitungsbronze, siehe unter 2.2.) hergestellt. Die Drähte werden in kaltem Zustand mit einem **Zieheisen** geformt, d. h. sie werden hart gezogen (vgl. hierzu Abb. 18 und Abb. 19).

2.2. Zinn

2.2.1. 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 an Zinneräten. 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 Zinneräte 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%. Seifen (Kies-Ablagerungsstätten) sind dadurch entstanden, daß Erz und Nebengestein von den Talhängen weggespült und auf dem Talboden abgelagert wurden (Geröll in Flußläufen). Das fließende Wasser hat die Gesteins-trümmer allmählich fortgespült und das schwerere Erz ist liegengeblieben.

Diese Zinnerze wurden früher in Deutschland im Erzgebirge abgebaut. Die deutschen Zinnerzvorkommen sind heute bedeutungslos. Der Zinnerzabbau in Deutschland gilt heute nicht 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.

2.2.2. 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 (vgl. hierzu Abb. 16) und nachfolgendes Glühen in Kohle ergibt **Rohzinn** mit einem Zinngehalt von etwa 97%. Durch nochmaliges Rösten und Umschmelzen, **Saigern**, entsteht **Reinzinn**, das etwa 99,7% Zinn enthält. Zinn besitzt eine silberweiße Farbe. Der Schmelzpunkt liegt bei 232°C , das spezifische Gewicht ist $7,3 \text{ kg/dm}^3$. 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, das **Zinngeschrei**, deutlich wahrnehmbar.

2.2.3. Verwendung des Zinns

Zinn findet Verwendung als Schutzüberzug für andere Metalle. Weißblech z. B. ist Eisenblech, das im Tauchverfahren oder auf elektrolytischem Wege mit einem Zinnüberzug versehen wurde, um es gegen atmosphärische und andere chemische Beanspruchung zu schützen. 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 wurde Stanniol statt Aluminium zur Herstellung von Kondensatoren verwendet.

In weitaus größerem Umfang findet das Zinn als Legierungsmetall Verwendung. Die bekannteste Metallverbindung ist die **Bronze** (siehe unter 2.1.). Als ausgesprochene Zinnlegierung ist das **Weißmetall** (Zinnlagermetall) anzusehen, das bis zu 90% Zinn enthält und, mit Antimon, Blei und Kupfer verarbeitet, sehr hohen Anforderungen an Gleiteigenschaften und Belastungen genügt. Die wichtigsten Zinnlegierungen sind die **Lote**. 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.

2.3. Zink

2.3.1. Zinkerze

Im Gegensatz zum Zinn ist Zink erst seit dem 16. Jahrhundert bekannt. Beim Einschmelzen zinkhaltiger Eisenerze bildete sich an den kühleren Schmelzofensteinen

eine steinige und zackige Kruste, die von einem bis dahin unbekannten Metall herührte. Nach seinem Aussehen erhielt das Metall den Namen Zinken, aus der die heutige Bezeichnung Zink entstand. Zink kommt in der Natur niemals in reinem Zustand vor, es wird in Verbindung mit Schwefel, Kohlensäure oder sehr häufig auch mit Eisen gefunden. 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 Zinkervorkommen eingebüßt. Während die deutschen Hüttenwerke in früheren Jahren ihren Zinkbedarf aus den eigenen Vorkommen decken konnten, müssen sie heute Zinkerz aus dem Ausland einführen. Diesem Zinkermangel versucht man durch rationelle Verarbeitungsmethoden, d. h. durch restlose Ausnutzung der heimischen Erze zu begegnen.

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

2.3.2. 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 Briquets gepreßt. In geschlossenen, feuerfesten Tonröhren, **Muffeln**, werden diese Briquets geblüht, 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 wird **Raffinadezink** mit etwa 99% Zinkgehalt gewonnen, durch nochmaliges Destillieren **Feinzink** mit 99,99% Zinkgehalt. Die Herstellung von Feinzink kann auch auf elektrolytischem Wege vorgenommen werden.

Reines Zink ist ein bläulichweiß glänzendes Metall, im Bruch grobblättrig und in kaltem Zustand sehr spröde. Bei einer Arbeitstemperatur von 100 bis 150 °C läßt sich Zink gut pressen, walzen und ziehen; in trockener Luft ist es beständig. Das in feuchter Luft enthaltene Kohlensäuregas greift das Zink jedoch an, die sich dabei bildende Oxydschicht verhindert eine weitere Zerstörung des Metalls. Zink hat einen Schmelzpunkt von 419 °C, sein spezifisches Gewicht beträgt 7,1 kg/dm³.

2.3.3. Verwendung des Zinks

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 Fernmeldebau dient findet Zink als Schutzüberzug (**Feuerverzinkung**) bei Tragseilen, Bandseilen, Drahtseilklemmen, Kauschen, Spannschlössern, Schmutzlängern für Kabelschächte usw. Anwendung.

Zink hat ferner Bedeutung als Legierungsbestandteil in Messing, Rotguß, Neusilber und in den Loten. In der Metallindustrie wird die **Zinkwurzlegierung** 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 ($\pm 0,02$ mm) und hoher Oberflächengüte hergestellt.

2.4. 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.

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

2.4.2. 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 sind Ausgangsprodukt für die Schwefelsäureherstellung). Nachfolgendes Schmelzen (327 °C) im kleinen Schachtöfen unter Verwendung von Kohle ergibt **Rohblei**, auch **Werkblei** genannt. Rohblei enthält noch Beimengun-

gen 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).

2.4.3. Verwendung des Bleis

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

2.5. 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 aber sehr hoch.

2.5.1. 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-Verbindung¹⁾, ferner das in Deutschland in großen Mengen vorkommende **Kaolin** und der Ton.

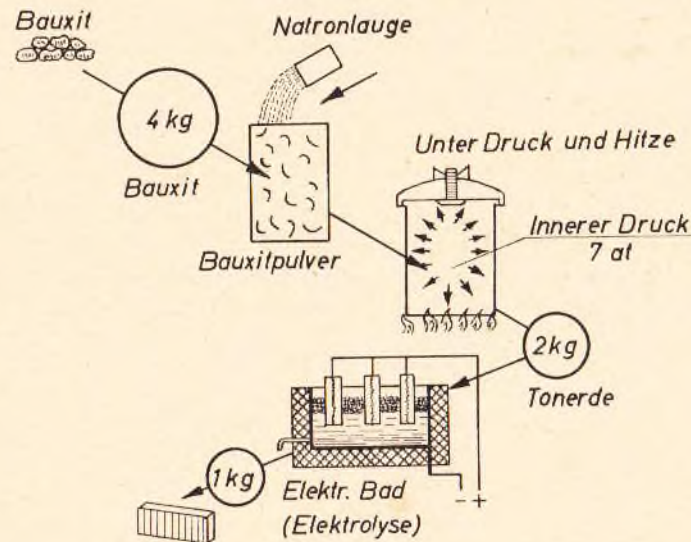
2.5.2. Aluminiumgewinnung

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

Die Tonerde wird nach dem **Bayer-Verfahren** gewonnen (vgl. hierzu Abb. 20). 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 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. Der Tonerde wird in einem Drehofen das Wasser entzogen und die Natronlauge dem Betrieb wieder zugeführt. 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

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

Aluminiumgewinnung



(Abb. 20)

dient ein Gemisch von **Natrium-** und **Aluminiumfluorid**, das der Tonerde beigemischt wird, wodurch der Schmelzpunkt auf 900 bis 950 °C sinkt. Das Gemisch schmilzt 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 freier werdende Sauerstoff an der Elektrode zu Kohlenoxyd und Kohlendioxyd umgewandelt wird.

Zur Herstellung von einer Tonne Aluminium aus zwei Tonnen Tonerde werden vier Tonnen Bauxit benötigt. 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 stehen Aluminiumhütten nur dort, wo billiger elektrischer Strom in der Nähe ist, nämlich in der Nähe von Wasserkraftwerken und Braunkohlenrevieren. Das aus der Elektrolyse gewonnene Rohaluminium wird in Flammöfen oder elektrisch beheizten Öfen umgeschmolzen und dann in die handelsüblichen Formen (Barren, Platten, Masseln oder gekerbte Blöckchen) gegossen.

2.5.3. Verwendung des Aluminiums

Der Schmelzpunkt des Aluminiums ist 658 °C, sein spezifisches Gewicht 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. Aluminium und seine Legierungen lassen sich galvanisieren, in allen Tönen färben, schleifen, polieren. In Pulverform ergeben sie einen ausgezeichneten wetterfesten Anstrich. Aus der Vielzahl der Verwendungsgebiete sollen hier nur die wichtigsten herausgegriffen werden.

In den **Flugzeugbau** haben sie, dank ihres geringen Gewichtes bei verhältnismäßig hoher Widerstandsfähigkeit, sehr schnell Eingang gefunden. Das gleiche gilt für den Fahrzeugbau überhaupt. Im **Bauwesen** haben sich Leichtmetalldächer bewährt, desgleichen Fensterbleche, Abfallrohre, Regenrinnen, Verkleidungen von Außenfronten und Schaufenstern. In der Architektur werden Aluminiumwerkstoffe u. a. als Treppengeländer, Heizkörperverkleidungen, Kleiderablagen, Zierleisten, Beschläge und Beleuchtungskörper verwendet. In der **Elektrotechnik** (auch Fernmeldetechnik) haben Aluminium und seine Legierungen als Freileitungen, Blitzableiter, Sammelschienen, Magnetspulen, Kondensatoren und Läufervicklungen, Ventilatorflügel, Schalterkästen, Gehäuse aller Art u. ä. m. große Bedeutung erlangt.

2.6. Edelmetalle

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

2.6.1. 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 in der Form von Nieten, Schrauben und Kontakten Verwendung. Silber ist außerdem ein wesentlicher Bestandteil der Silberlote.

2.6.2. 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, Kunstseidenspinnhilfen u. a. m.). Ferner wird es zur Glasmalerei, Porzellanmalerei und zur Verzierung von Büchern (Goldschnitt) gebraucht. Bei Double wird eine Goldlegierung auf ein anderes Metall (meist Tombak) aufgewalzt.

2.6.3. Platin

Platin, das schwerste Metall, hat ein spezifisches Gewicht von $21,5 \text{ kg/dm}^3$, sein Schmelzpunkt liegt bei 1765°C . 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 $0,0025 \text{ mm}$ und Drähte bis zu $0,015 \text{ mm}$). 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).

2.6.4. Kadmium

Kadmium, ein Nebenprodukt bei der Zinkgewinnung, hat ein spezifisches Gewicht von $8,6 \text{ kg/dm}^3$, 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.

2.6.5. Wismut

Wismut ist ein stark glänzendes, rötlichweißes Metall; es hat ein spezifisches Gewicht von $9,8 \text{ kg/dm}^3$, 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.

2.6.6. 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 $8,6 \text{ kg/dm}^3$, 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.

2.6.7. Nickel

Nickel hat ähnliche Eigenschaften wie Kobalt. Der Schmelzpunkt liegt bei 1455°C , es hat ein spezifisches Gewicht von $8,9 \text{ kg/dm}^3$. 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 $0,5 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$).

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.

2.6.8. Wolfram

Wolfram hat den höchsten Schmelzpunkt aller Metalle, nämlich 3400°C ; sein spezifisches Gewicht beträgt 19 kg/dm^3 . 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.

2.6.9. Quecksilber

Quecksilber ist als einziges Metall bei Raumtemperatur flüssig; es hat ein spezifisches Gewicht von $13,5 \text{ kg/dm}^3$, der Schmelzpunkt liegt bei $-39,5^\circ\text{C}$. 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 bilden¹⁾. Wegen seiner großen

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

Wärmeausdehnung wird Quecksilber für Thermometer verwendet. In der Elektrotechnik findet es als Kontaktflüssigkeit in den Quecksilberschaltern, 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.

2.7. Hartmetalle

Für die Bearbeitung harter Werkstoffe wurden besondere Werkstoffe, die Hartmetalle, entwickelt. **Hartmetalle** haben ihren Namen von ihren metallähnlichen Eigenschaften, sind aber keine chemischen Elemente, sondern **Metallkarbide**¹⁾, die durch **Sinterung** entstehen. Es handelt sich dabei vorwiegend um Wolframkarbid in Pulverform, das mit einem **Bindemittel**, meistens **Kobaltpulver**, gemischt, gepreßt und dann im Elektroofen gesintert wird. Es findet bei etwa $\frac{2}{3}$ der Schmelztemperatur eine **Diffusion** im festen Zustand statt. In einem Wechselspiel zwischen zeitweiligem Schmelzen und anschließendem Kristallisieren des Kobalts entsteht eine porenfreie Legierung großer Härte. Das Wolframkarbid ist dabei in ein Netz von Kobalt eingelagert. Der Sintervorgang läßt sich auch als „Kobaltlötung“ verstehen.

Als Ausgangsstoffe für die Karbidbildner dienen u. a. Wolframtrioxyd, Wolframsäurehydrat und Ammoniumparawolframat, ferner die technischen Oxyde des Titans und des Tantal; Kobalt wird aus Kobaltoxalat bzw. Kobaltoxyd reduziert. Der Reduktions- bzw. Karburierungsprozeß geschieht in elektrisch beheizten Drehrohr- oder Durchsatzöfen in einer Wasserstoffatmosphäre. Wegen ihrer großen Härte müssen die so aufbereiteten und gemahlenen Karbid- und Metallpulver gleich ihrem späteren Verwendungszweck entsprechend gepreßt werden.

Aus Hartmetallen werden vorwiegend Werkzeuge (Allgemeinwerkzeuge und Schnittwerkzeuge mit hohen Standzeiten zum Stanzen in der Serienfertigung) hergestellt. Nach der ISO-Empfehlung (Internationaler Normenausschuß) werden Hartmetalle nach 3 **Zerspannungshauptgruppen** unterschieden: 1. Hauptgruppe P (Kennfarbe Blau) zur Bearbeitung von Stahl und Stahlguß; 2. Hauptgruppe M (Kennfarbe Gelb) zur Bearbeitung von Spezialwerkstoffen wie Manganstahl, Temperguß und chromlegiertem Grauguß und 3. Hauptgruppe K (Kennfarbe Rot) zur Bearbeitung von Gußeisen, Stahl niedriger Festigkeit, Nichteisenmetallen und nichtrostenden Gußstählen. Zur Unterteilung der Haupt-

¹⁾ Als Karbid wird die Verbindung des Kohlenstoffs mit Metall oder Halbmetall bezeichnet.

gruppen werden den Kennbuchstaben zwei Ziffern zugesetzt, deren Wert um so niedriger ist, je härter und spröder das Hartmetall ist. Die Hartmetallhersteller haben ihren Erzeugnissen Namen gegeben, die gleichzeitig die Firma symbolisieren sollen. Hartmetallwerkstoffe von Krupp heißen Widia, von den Deutschen Edelstahlwerken Titanit und von Böhler Böhlerit.

2.8. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 2.

1. Nennen Sie die für die Fernmeldetechnik wichtigsten Nichteisenmetalle! 2. Nennen Sie die wichtigsten Kupfererze! 3. Schildern Sie kurz die Kupfergewinnung! 4. Nennen Sie die wichtigsten Kupferlegierungen! 5. Was ist Leitungsbronze? 6. Welche Verwendungsmöglichkeiten gibt es für Kupfer in der Elektro- und Fernmeldetechnik? 7. Schildern Sie die Vorgänge bei der Zinngewinnung! 8. Was versteht man unter „Woodsehes Metall“? 9. Nennen Sie die Verwendungsmöglichkeiten für Zink! 10. Beschreiben Sie die Vorgänge bei der Bleigewinnung! 11. Nennen Sie die Ausgangsstoffe bei der Aluminiumgewinnung! 12. Nennen Sie einige Beispiele für die Verwendung von Aluminium! 13. Nennen Sie die wichtigsten Edelmetalle! 14. Warum werden Kadmium und Wismut als Legierungsbestandteile im Woodsehes Metall verwendet? 15. Welche Legierungen werden als Widerstandswerkstoffe bevorzugt? 16. Was sind Hartmetalle? 17. Wie werden Hartmetalle hergestellt?

3. Werkstoffprüfung

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

3.1. Prüfverfahren 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, allerdings ohne daß ein zahlenmäßiges Ergebnis wie bei der Werkstoffprüfung im Laboratorium zustande kommt. Bei diesen Werkstattversuchen werden lediglich Arbeitsvorgänge, wie Biegen, Strecken, Stauchen usw., an einem Versuchsstück aus **gleichem** Werkstoff in kaltem oder warmem Zustand nachgeahmt und danach die Werkstoffe beurteilt.

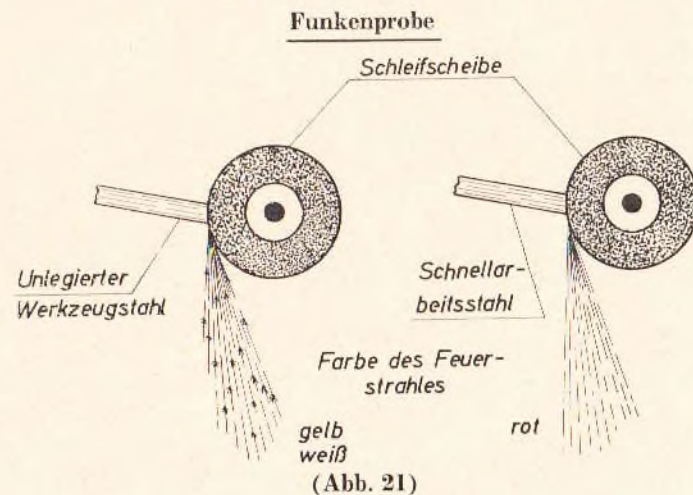
3.1.1. Prüfen der Oberfläche

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

3.1.2. Funkenprobe

Die **Funkenprobe** läßt aus der Form und der Farbe der Schleiffunken einen gewissen Schluß auf die Zusammensetzung eines Stahles zu (vgl. hierzu Abb. 21). 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.



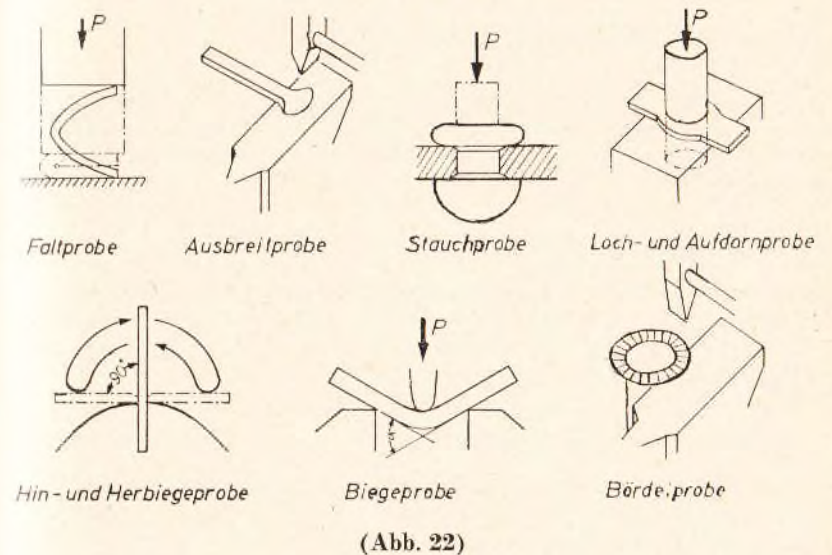
3.1.3. Sonstige Proben

Bei der **Bruchprobe** gibt die frische Bruchfläche wertvolle Hinweise über Art, Zusammensetzung und Vorbehandlung eines Werkstoffes. **Grauguß** hat einen grauen, grobkörnigen Bruch. Stahl hat im Anlieferungszustand

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. Die **Hin- und Herbiegeprobe** ist ein Versuch, bei dem Bleche, Rund- und Flachprofile auf ihre **Zähigkeit** untersucht werden (vgl. hierzu Abb. 22). Die Anzahl der Biegungen bis zum Bruch läßt auf Festigkeit, Zähigkeit und Formveränderungsvermögen des Werkstoffes schließen. Die **Biege- und Faltprobe** prüft Flach-, Rund- und Vierkantstäbe sowie Blechstreifen auf ihre **Verformbarkeit**. Walzunder 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 (vgl. hierzu Abb. 22). Bei der **Streck- und Ausbreitprobe** (vgl. hierzu Abb. 22) 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 Probestückes auf ein Drittel seiner ursprünglichen Höhe dürfen keine Risse auftreten (vgl. hierzu Abb. 22).

Bei der **Bördelprobe** wird der Rand eines Rohrstückes mit dem Hammer um 60 oder 90° ausgebördelt (vgl. hierzu Abb. 22). Der Versuch kann auch an einem Blech durchgeführt werden, dieses wird dann mit einem

Proben der Werkstücke



(Abb. 22)

großen Loch versehen, und der Lochrand wird gebördelt. Der Werkstoff muß sich so weit verformen lassen, wie es am fertigen Werkstück gefordert wird.

Die **Loch- oder Aufdornprobe** ist ebenfalls in Abb. 22 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 (vgl. hierzu Abb. 22). Um die Schmiedbarkeit eines Werkstoffes festzustellen, werden die Probestücke bei **Warmproben** auf Schmiedetemperatur erhitzt und anschließend den gleichen Versuchen wie bei den Kaltproben (Strecken, Stauchen, Biegen usw.) unterworfen.

Härte- und Schweißproben sind zwar in der Werkstatt grundsätzlich möglich, führen aber mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nur zu ungenauen Resultaten und sollten deshalb besser im Laboratorium durchgeführt werden. Mit einer guten, aber nicht zu neuen Schlichtfeile (die Feile greift um so weniger an, je härter der Stahl ist) wird in der **Feilprobe** der ungefähre Härtegrad eines Werkstückes festgestellt.

Ob ein Stahl gut oder schlecht ist, läßt sich durch die **Klangprobe** feststellen. An das frei schwebende Probestück wird mit einem Hammer geschlagen. Bei hochwertigem Stahl ertönt ein reiner, lang anhaltender Ton, schlechter Stahl gibt einen unreinen, kurzen Ton.

3.2. Prüfverfahren 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.

3.2.1. 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.

3.2.1.1. Statische Untersuchungen

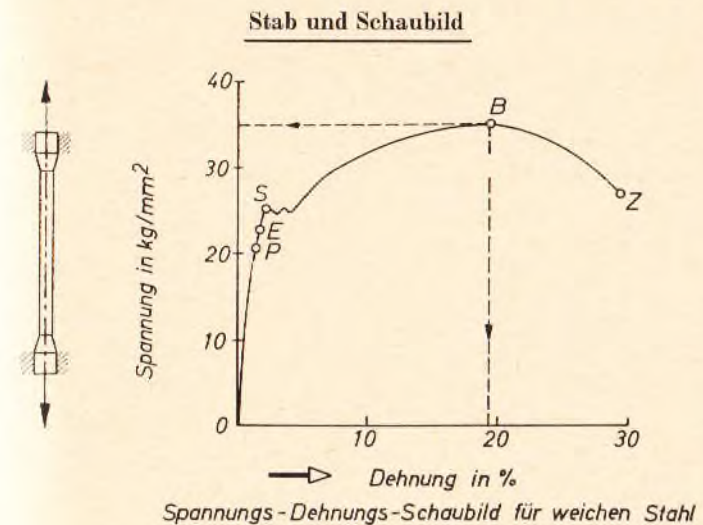
Der Werkstoff wird auf Zug, Druck, Biegung, Verdrehung oder Schub beansprucht. Durch den **Zugversuch** werden Festigkeit, Dehnung und Elastizitätsgrenze ermittelt.

Der Versuch wird an einem Normalstab (vgl. hierzu Abb. 23) 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 (vgl. hierzu Abb. 23) auf. Jedes Metall hat das ihm eigene Schaubild. Die Absätze in der Kurve, wie die Streckgrenze (S), die Bruchgrenze (B) und die Zerreißgrenze (Z), sind deutlich markiert.

Die Tiefziehfähigkeit eines Werkstoffes in kaltem Zustand wird nach dem **Tiefzugsversuch** festgestellt.

In einem Prüfapparat wird an einer Blechprobe eine Vertiefung erzeugt und beim Eintritt des Bruches 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 Nichteisenmetallen werden hauptsächlich drei Verfahren



(Abb. 23)

angewendet: die **Brinellprobe**, die **Rockwellprobe** und die **Vickersprobe** (vgl. hierzu Abb. 24).

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

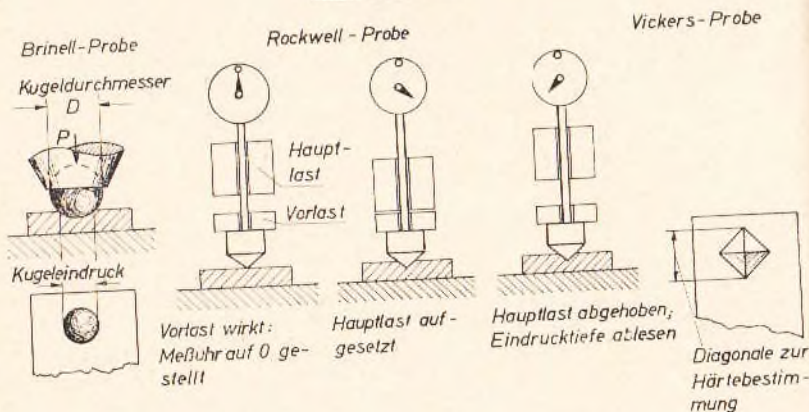
des zu prüfenden Werkstoffes. Mit modernen Geräten kann der Kugleindruck auf $\frac{1}{100}$ mm genau gemessen werden. Die Brinell-Härtezahl (HB) stellt das Verhältnis der Prüflast P zur Oberfläche des erzeugten Kugleindrucks F dar:

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

Von der Brinellhärte kann auch auf die Zugfestigkeit des Werkstoffes geschlossen werden. Durch Versuche sind für jeden Werkstoff Verhältniszahlen gefunden worden, die in einer Tabelle (DIN-Normen) zusammengestellt sind (Stahl hat z. B. nach DIN 50351 eine Zugfestigkeit von 0,35 HB, d. h. bei einer Brinellhärte $HB = 300 \text{ kg/mm}^2$ hätte der Stahl eine Zugfestigkeit von $0,35 \text{ mal } 300 = 105 \text{ kg/mm}^2$).

Bei der **Rockwellprobe** wird eine Kugel für ungehärtete, ein Kegel für gehärtete Werkstücke verwendet, maßgebend für die Bestimmung des Härtegrades ist die Eindringtiefe der Kugel bzw. des Diamantkegels.

Härteprüfung



(Abb. 24)

Das Zifferblatt einer Meßuhr wird nach Aufbringen einer Vorlast mit seinem Nullpunkt auf den Zeiger eingestellt und dann 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.

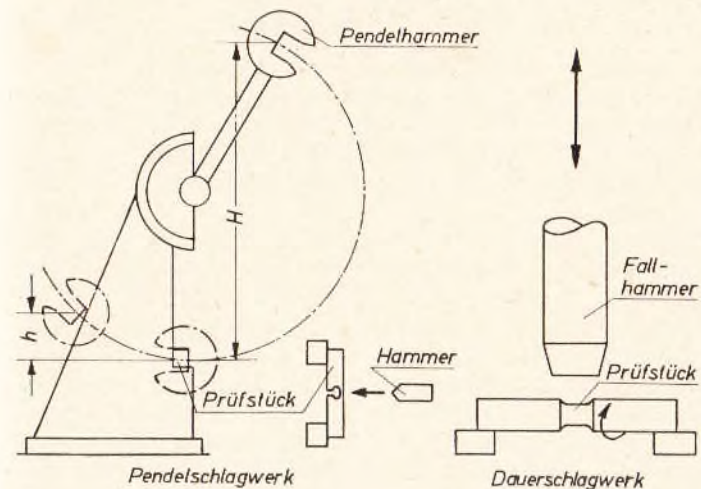
Die **Vickersprobe** wird auf der gleichen Maschine wie die Brinellprobe durch das Eindringen einer Diamantprobe in das Prüfstück durchgeführt. Der Eindruck wird vergrößert auf eine Mattscheibe projiziert, und mit

feinsten Meßeinrichtungen werden die Diagonalen auf $\frac{1}{1000}$ mm genau ausgemessen. Die Vickers-Härtezahl (HV) wird wie bei der Brinellprobe aus der Beziehung Prüflast zu Eindringoberfläche errechnet.

3.2.1.2. Dynamische Untersuchungen

Die wichtigsten Prüfungen sind die Schlag- und Dauerproben (vgl. hierzu Abb. 25). 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.

Dynamische Prüfung



(Abb. 25)

3.2.2. Metallographische Prüfung

Alle Metalle bestehen aus kleinen Kristallen, von deren Art, Form und Gefüge die Eigenschaften der Werkstoffe abhängig sind. Durch Verfor-

mungs- 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, geschliffen, poliert und mit Säuren geätzt. Der Schliff wird unter dem Mikroskop bis zu 3000facher Vergrößerung betrachtet.

3.2.3. Chemische Prüfung

Die **Analyse** (chemische Untersuchung eines Werkstoffes) 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.

3.2.4. 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 Werkstofffehlern (Blasen, Risse usw.). Das Werkstück bleibt dabei unbeschädigt, weil durchdringende Strahlen, magnetische oder elektrische Kraftfelder sowie Ultraschallwellen verwendet werden.

Die bei der **Durchstrahlungsprüfung** verwendeten **Röntgenstrahlen** durchdringen die meisten Werkstoffe. Sie erzeugen auf einem Leuchtschirm das Röntgenbild des Probestückes oder belichten eine fotografische Platte. Werkstofffehler, 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 ferromagnetische Probestück zwischen die Pole eines Elektromagneten gelegt, so daß die magnetischen Kraftlinien durch das Prüfstück hindurchgehen. Sind Fehler im Werkstück, so verdichten sich die Kraftlinien durch den höheren magnetischen Widerstand um diese 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.

¹⁾ Radioaktive Isotope sind verschiedene schwere Atomarten des gleichen chem. Elements, z. B. Kobalt, die durch Einwirkung radioaktiver Strahlen selbst zu einer Strahlungsquelle geworden sind.

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 Werkstofffehler.

3.3. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 3.

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. Erläutern Sie die „Hin- und Herbiegeprobe“ und die „Biege- und Faltprobe“ und geben Sie an, welche Werkstoffe damit geprüft werden!
4. Welche einfachen Verfahren wendet man zur Prüfung von Stählen an (Werkstattprüfung)?
5. Geben Sie den grundsätzlichen Unterschied an zwischen einer statischen und einer dynamischen Untersuchung!
6. Wozu dient die chemische Prüfung der Werkstoffe?

4. 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. Der Vorgang der Zersetzung heißt **Korrosion**, bei Eisen und Stahl **Rost**. Bei einigen Metallen (Edelmetalle, Kupfer, Aluminium) ist die Korrosionsschicht sogar erwünscht, weil sie dicht und fest ist und den Werkstoff vor weiterer Zersetzung bewahrt. Bei den meisten Eisenwerkstoffen ist diese Schicht aber so porös, daß die Korrosion ständig fortschreiten kann.

4.1. 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. Nach der Voltaschen Spannungsreihe reagieren zwei Metalle miteinander in einem Elektrolyten positiv und negativ. Weil Wasserstoff und alle Metalle mit dem Strom wandern, wird das negative Metall durch elektrischen Strom zersetzt. Was in der

Elektrotechnik zur Erzeugung elektrischer Energie ausgenutzt wird, ist allgemein wegen der Zerstörung der Metalle unerwünscht. Als Elektrolyte treten dabei See-, Leitungs- und Regenwasser, Handschweiß, Luftfeuchtigkeit, Rückstände von Schweiß- und Lötmitteln usw. auf. Tritt am **Berührungspunkt zweier Metalle** ein **Elektrolyt** auf, so kommt es zur **Kontaktkorrosion**. Ein Nagel in einer Dachrinne, ein Eisendraht auf einer Bronzeleitung, Metallspäne eines Metalls auf einem anderen u. a. m. können zur Kontaktkorrosion führen. Korrosion zwischen Metallkristallen einer Legierung wird als **kristalline Korrosion** bezeichnet. Durch Feuchtigkeit entsteht zwischen diesen Kristallen ein galvanischer Strom, dabei werden die Minuskristalle zerfressen und dadurch das Gefüge des Werkstoffes zerstört.

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

4.1.1. Oberflächenschutz

Metalloberflächen lassen sich durch folgende Maßnahmen schützen: 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.) und daher durch **Einölen und Einfetten** mit säurefreien Ölen und Fetten gegen Rost geschützt werden. Hierzu wird **Mineralöl** oder mineralisches Fett (Vaseline) verwendet, das rechtzeitig erneuert werden muß. Auch Leichtmetalle können – insbesondere während ihrer Lagerung – eingeölt oder eingefettet werden.

Für **Anstriche** müssen die zu schützenden Flächen von Rost oder anderen Korrosionsschichten und Verunreinigungen mit Hilfe von **Spezialentrostungsmitteln**, **Sandstrahlen** oder **Stahlbürsten** befreit werden. Außerdem sind die Flächen noch mit Waschbenzin, Benzol oder sonstigen Entfettungsmitteln zu entfetten. Je nach dem Verwendungszweck und nach der erforderlichen Güte kommt ein einmaliger oder mehrfacher Anstrich in Frage. Eine hohe Qualität des Farbschutzes ist ohne **Mehrfachanstrich** nicht zu erzielen; hierbei wird unterschieden nach Grund-, Zwischen- und Deckanstrich. Der **Grundanstrich** muß sich zum Werkstück chemisch neutral verhalten, gut haften und einen guten Haftgrund für den nächsten Anstrich ergeben. Von den **Zwischen- und Deckanstrichen** wird verlangt, daß sie wasserundurchlässig, hart, lichtecht und u. U. hitzebeständig sind. Alle Anstriche müssen so elastisch sein, daß sie bei Wärmeausdehnung des Werkstückes nicht platzen. Die verwendeten Farben, **Mennige** für den Grundanstrich, **Öl- und Lackfarben** für Zwischen- und Deckanstriche, müssen den **RAL¹⁾-Bedingungen** entsprechen.

¹⁾ Reichsausschuß für Lieferungen

Lackanstriche mit **Nitro-Zelluloselack** oder **Kunstharzlack** sind elastisch, sehr widerstandsfähig und ergeben ein schönes Aussehen. Die Farben werden entweder durch **Streichen** oder **Aufspritzen** aufgetragen. Vielfach werden die Werkstücke auch in ein Farbbad **getaucht**. Die Lufttrocknung nach dem Lackieren dauert 5 bis 6 Stunden, die Ofentrocknung (Einbrennen bei 120 bis 140 °C) 50 bis 60 Minuten.

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 sind sowohl bei Stahl als auch bei Leichtmetallen möglich. Auf Stahl bildet sich durch Bestreichen mit Mineralöl und Bienenwachs nach mehrmaligem Erhitzen auf etwa 450 °C eine schwarze Schicht, die gegen Korrosion schützt. Dieses Verfahren, **Schwarzbrennen** genannt, ergibt jedoch keinen dauerhaften Schutz. Besser ist das **Phosphatieren**, hierbei 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 = elektrisch oxydiertes Aluminium). Das Aluminium-Werkstück als Anode bildet mit einer Bleiplatte als Kathode in Schwefelsäure ein galvanisches Element. Gleichstrom setzt am Werkstück Sauerstoff frei und ruft auf diesem eine Oxydschicht, die **Eloxalschicht**, hervor. Diese Schicht besitzt eine große Härte, läßt sich färben und polieren und macht damit Aluminium zu einem beliebten Konstruktionselement für Verkleidungen und Leistenabschlüsse. Sie ist gegen chemische Einflüsse sehr widerstandsfähig und leitet den elektrischen Strom nicht. Der Korrosionsschutz kann durch Fetten, Wachsen oder Streichen noch erhöht werden.

Metallüberzüge aus **Zink** sollen Stahl z. B. vor Rost schützen. Soll der Metallüberzug ein besseres Aussehen verleihen und gleichzeitig vor Korrosion bewahren, so wird der Stahl **verzinkt**, **verkadmiert**, **vernickelt** oder **verchromt**, zur Verhinderung chemischer Einflüsse **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, die Zerstörung des Grundmetalls verzögert. Umgekehrt kann bei einem positiven Schutzmetall das Grundmetall angegriffen werden. Die Korrosion kann bei Verletzung des positiven Schutzmetalls sogar unter dem Überzug fortschreiten, bis dieser durch den Rost wegen seines größeren Volumens abgesprengt wird. Elektrische positive Schutzmetalle müssen deshalb besonders dicht sein und fest haften.

Zur Herstellung von Metallüberzügen nach verschiedenen **Metallauftragsverfahren** sind die zu überziehenden Werkstücke vorher zu reinigen und zu entfetten. Beim **Tauchverfahren** setzt sich flüssiges Metall als dünne Schicht auf der Oberfläche des Werkstückes fest. Das **galvanische Vermetallen** geschieht mit Hilfe der Elektrolyse (siehe Seite 53). 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 aufgeraut.

4.2. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 4.

1. Erläutern Sie bitte 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?

5. Nichtmetallische Werkstoffe

Wegen der Vielzahl der Werkstoffe sollen in den folgenden Abschnitten nur die für die Fernmeldetechnik wichtigen **Isolierstoffe** und die im Fernmeldebaudienst hauptsächlich verwendeten **Baustoffe** besprochen werden.

5.1. Isolierstoffe

Die **Isolierstoffe** sind elektrisch nichtleitend und wärmedämmend. Sie haben die Aufgabe, die Zu- und auch die Ableitung von Wärme und Elektrizität zu verhindern. Von den Isolierstoffen wird verlangt:

- a) hoher elektrischer Widerstand,
- b) hohe Durchschlagsfestigkeit gegenüber hohen Spannungen,
- c) hohe Dielektrizitätskonstante,
- d) mechanische Festigkeit und Wetterbeständigkeit und
- e) schlechte Wärmeleitung.

Je nach Art und Beschaffenheit der Isolierstoffe werden unterschieden,

feste Isolierstoffe nach:

- a) **natürlichen Isolierstoffen**
(Schiefer, Glimmer, Marmor usw.),
- b) **keramischen Isolierstoffen**
(Ton, Porzellan, Speckstein [Steatit] und außerdem Glas),
- c) **Gummiisolierstoffen**
(Hart- und Weichgummi),
- d) **Kunststoffen**
(Phenolplaste, Thermoplaste; vgl. hierzu Abschnitt 6.) und
- e) **Faserstoffen**
(Papier, Baumwolle, Zellwolle, Asbest, Seide u. a. m.).

flüssige Isolierstoffe nach:

- a) **Isolierlacken, Harzen und Wachsen** und
- b) **Öl** in Transformatoren und Schaltern.

gasförmige Isolierstoffe nach:

trockener Luft und verschiedenen **Gasen**.

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

5.1.1. 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 (die Gruben von Quebec), Rußland und Südafrika. Deutschland hat keine Vorkommen, abgesehen von den minderwertigen Asbestablagerungen in Thüringen. 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.).

5.1.2. 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 und mit **Soda** und **Pottasche** als

Flußmittel versetzt; **Kalk** gibt dem Glas Glanz und Härte. Die Rohstoffe werden in Trommeln gemischt, in feuerfeste Behälter gefüllt und im Glasschmelzofen bei einer Temperatur von 1200 °C zu einer teigigen Masse geschmolzen. Erkalte 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 durch Zusatz von z. B. Zinnoxid oder Knochenasche seine Trübung. 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 (Fenster Scheiben, 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.

5.1.3. Porzellan

Porzellan besteht aus einem Gemisch von **Porzellanerde** (Kaolin), feinem **Quarz-** und **Feldspatpulver**. Kaolin ist verwitterter Feldspat¹⁾ (Hauptfundstätten Mitteldeutschland). Alle Mineralien müssen sehr rein und vor allem eisenfrei sein. Eisen würde die Farbe des Porzellans verderben und besonders seine Isolierfähigkeit herabsetzen.

Zur Herstellung von Porzellan werden die vorgenannten Mineralien gemahlen, geschlämmt und dann vermengt. Nachdem das Wasser in besonderen Pressen abgeschieden worden und die Masse in Maschinen durchgeknetet ist, beginnt das **Formen** auf der **Töpferscheibe** oder das **Abgießen** und **Pressen** in **Gipsformen**. Die so geformten Gegenstände werden nunmehr langsam getrocknet und danach zweimal gebrannt. Der erste Brand, auch **Glühbrand** genannt, erfolgt bei etwa 800 °C (Rötglut) 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 ange trocknet 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.

¹⁾ Feldspat ist die Sammelbezeichnung für Mineralgruppen.

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, Röhren, Spulenkörper u. a. m. Verwendung.

5.2. Papier

Bereits vor etwa 2000 Jahren wurde in China unter Verwendung von Baumwolle und Bambusfasern Papier hergestellt. Leinenlumpen fanden seit dem Jahre 1290 als Ausgangsmaterial für die erste Papierherstellung in Deutschland Verwendung. 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 Zellulosekunststoffen (siehe Abschnitt 6.2.). 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 Sulfidlösung 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 Papierröhren, als Bindfaden und als Isoliermaterial bei der Herstellung von Kondensatoren, Spulen usw. Verwendung.

5.3. Gummi

Als Ausgangspunkt für die Herstellung von Gummiwaren dient der **Kautschuk**, der aus den Säften tropischer Bäume und Sträucher gewonnen wird. Durch Zusatz von Essigsäure oder durch Räuchern reduziert daraus Rohkautschuk, eine klebrige zähe Masse, die sich in Benzin oder Benzol löst. Bevor aus dem Rohkautschuk Gummiartikel hergestellt werden können, muß er erst **vulkanisiert** werden. Die vorgeformten Teile 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 (vor dem Vulkanisieren zugemischt) und ebenfalls Füllstoffe verleihen dem Gummi seine Eigenschaften (Festigkeit, Elastizität und Abriebfestigkeit). Bei einem Zusatz von 2 bis 10% Schwefel entsteht **Weichgummi**, bei einem Zusatz von 25 bis 50% Schwefel **Hartgummi**. Gummimilch, Schwefelpulver und andere Füllstoffe, in Rührwerken schaumig geschlagen und anschließend in Formen vulkanisiert, ergeben **Schaumgummi**.

Für die industrielle Produktion ist der **synthetische Kautschuk**, der aus Isopren, einem Steinkohlenprodukt, hergestellt wird, von größerer Bedeutung. Als Isoliermittel hat er gegenüber dem natürlichen Kautschuk sogar einige Vorteile, er hat größere Abriebfestigkeit und quillt bzw. löst sich in Benzin, Öl oder Fett nicht auf. Abgesehen von der sehr vielseitigen Verwendung 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.

5.4. 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.

5.5. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 5.

1. Welche Eigenschaften werden von Isolierstoffen verlangt? 2. Woraus ist Asbest entstanden? 3. Beschreiben Sie die Herstellung von Glas! 4. Wo wird in der Fernmeldetechnik Glas verwendet? 5. Wie wird Papier gewonnen? 6. Nennen Sie die Hauptbestandteile von Porzellan! 7. Worin unterscheiden sich natürliches und künstliches Gummi?

6. Kunststoffe

6.1. Allgemeines

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

Diese Stoffe haben vielfach die gleichen oder sogar noch verbesserten Eigenschaften von Naturstoffen. Auf Grund besonderer technischer Forderungen werden oft spezielle Kunststoffe mit ganz neuen Eigenschaften entwickelt. **Die Eigenschaften der Kunststoffe sind eng mit ihrem Molekülbau verknüpft**; deshalb wird in den folgenden Abschnitten besonders darauf eingegangen.

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

Die Eigenschaften elektrischer Isolierstoffe sollen hier besonders erwähnt werden, weil sie in der Fernmeldetechnik verwendet werden:

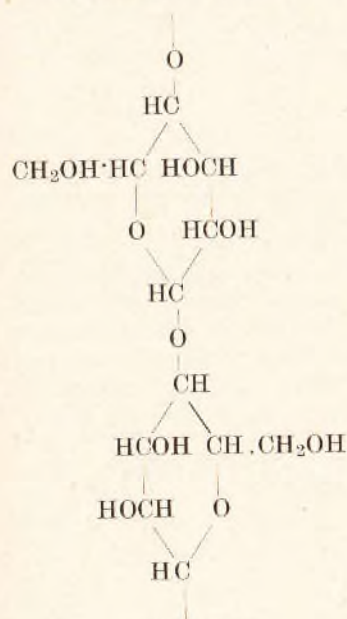
- a) Rohdichte bei 20 °C 0,9 bis 2,0 kg/dm³
- b) Schlagzähigkeit bei 20 °C 2 bis 200 cmkp/cm²
- c) Schmelzpunkt 50 bis 400 °C
- d) Durchschlagsfestigkeit bei 20 °C 5 bis 100 kV/mm
- e) Relative Dielektrizitätskonstante bei 20 °C 2 bis 80
- f) Dielektrischer Verlustfaktor bei 20 °C 0,0002 bis 0,1 (frequenz- und temperaturabhängig)

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

Nach der Art der Molekülbildung lassen sich alle Kunststoffe in drei Hauptgruppen ordnen:

- 1. **Zellulosekunststoffe**,
- 2. **härtbare Kunststoffe** (Duroplaste) und
- 3. **nichthärtbare Kunststoffe** (Thermoplaste).

6.2. Zellulosekunststoffe



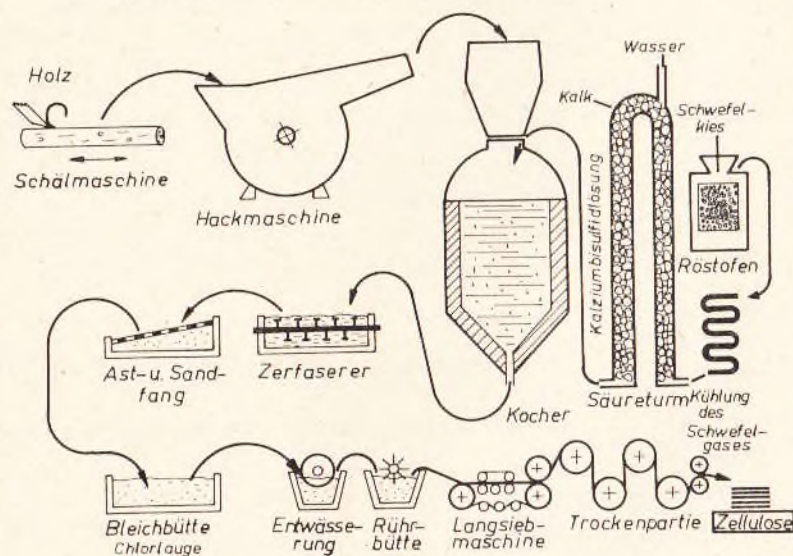
(Abb. 26)

6.2.1. Entstehung

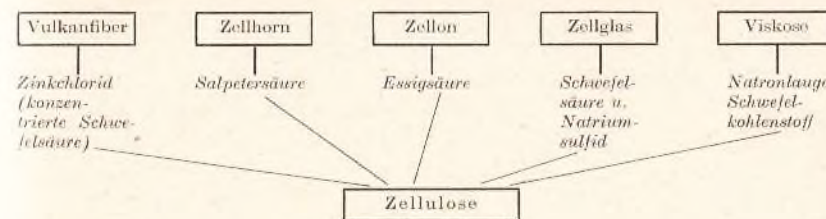
Das Ausgangsmaterial für alle Zellulosekunststoffe besteht aus Holzfasern und Baumwollresten (Linters). Die Zellulose bildet den Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellwände; sie ist ein Kohlehydrat und baut sich aus langen Ketten (bis zu 100000 Glieder) von Glucoseresen auf.

Die langen Molekülketten der Zellulose (vgl. hierzu Abb. 26) – $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ – werden bei der Behandlung mit Säuren und Laugen gebrochen, um sie entsprechend dem beabsichtigten Kunststoff neu verknüpfen zu können. Das Ergebnis der Behandlung ist ein schleimiges (hydratisiertes) Zwischenprodukt (vgl. hierzu Abb. 27), aus dem in weiteren Arbeitsgängen die Zellulosekunststoffe gewonnen werden (vgl. hierzu Abb. 28).

Zellulosegewinnung



(Abb. 27)



(Abb. 28)

6.2.2. Vulkanfaser

Das nach dem eben beschriebenen Verfahren gewonnene Zwischenprodukt wird nach dem Verfilzen auf Walzenkalandern leichtem Druck ausgesetzt. Die so entstehenden Wickel aus **Vulkanfaser** werden aufgeschnitten, gewässert, zu Platten ausgebreitet und nochmals gepreßt. Aus den Fertigprodukten werden u. a. Koffer, Dichtungsringe, Rohrpostbüchsen, Lagerschalen und Zahnräder für geräuscharme Getriebe hergestellt.

6.2.3. Zellhorn

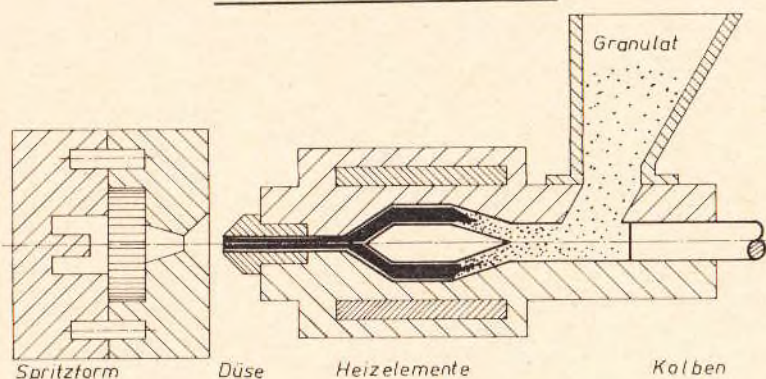
Zur Gewinnung von **Zellhorn** wird die in **Alkohol** und **Äther** gelöste Zellulose mit 10 bis 12% Stickstoff versetzt und unter Zusatz von 20% **Kampfer** (Weichmacher) und weiteren Stabilisatoren verknetet. Die Masse läßt sich zwischen Walzen zu dünnen Platten ausziehen und dann zu Blöcken pressen. Das Endprodukt kann spanabhebend oder in Matrizen unter Druck weiterverarbeitet werden. Zellhorn (Handelsname: Zelluloid) ist leicht in Aceton löslich. Hieraus werden u. a. folgende Fertigprodukte hergestellt: **Filme**, **Spielzeug**, Ausgangsprodukt für **Nitrolacke** (unter Zusatz von Lösungsmitteln, z. B. Amylacetat). **Zellhorn** brennt mit **Stichflamme**!

6.2.4. Zellon

Das **Zellon** hat etwa gleiche Eigenschaften wie Zellhorn, ist jedoch nicht entflammbar. Die Zellulose verändert sich bei der Zellongewinnung unter Zusatz von **Essigsäure** zu **Diacetatzellulose**. Mit diesem Ausgangsmaterial begann in der Kunststoffverarbeitung die **Spritztechnik**, das billigste Verfahren zur Herstellung von **Formteilen**. Das gekörnte Pulver wird in einem **Heizzyylinder** plastisch und kann wie beim Metallspritzguß in **Formen** gepreßt werden (vgl. hierzu Abb. 29).

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

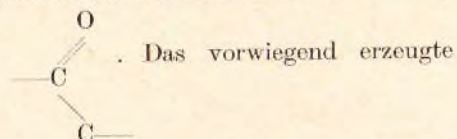
Kunststoff-Spritzgußmaschine



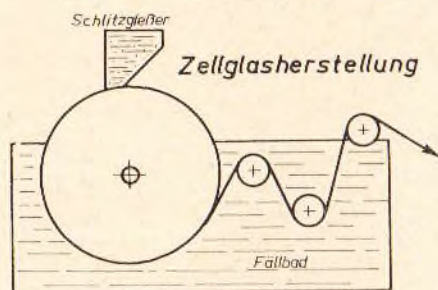
(Abb. 29)

6.2.5. Zellglas

Aus dem Zwischenprodukt Viskose, dessen Gewinnung im Abschnitt 6.2.6. beschrieben ist, entsteht durch den **Schlitzguß** (vgl. hierzu Abb. 30) in einem **Fällbad** aus **Schwefelsäure** und **Natriumsulfat** eine verfestigte Bahn. Dabei werden im Zellulose-Ester die Hydroxylgruppen durch Säurereste ersetzt. Die Ester entstehen aus Alkoholen und Carbonsäuren (unter Abspaltung von Wasser)



Fertigprodukt ist **Verpackungsmaterial**, **Handelsname**: Cellophan.



(Abb. 30)

6.2.6. Viskose

Die **Viskose** wird durch Behandlung der Zellulose mit 18%iger **Natronlauge** gewonnen. Durch einen **Gärungsprozeß** unter Beimischung von

Schwefelkohlenstoff und **Wasser** entsteht eine klebrige Masse, die **Viskose**. Wird diese Lösung durch feine Düsen gepreßt, so entstehen dünne Fäden, die nach dem Härten in einem Fällbad spinnfähig sind und **Kunstseide** genannt werden, **Handelsname**: **Reyon**.

6.3. Kunsthorn

Das Ausgangsmaterial für die Kunsthornerzeugung ist **Kasein**, das mit Hilfe von **Labfermenten** aus der **Magermilch** ausgefällt wird. Die so entstehenden Kaseinflocken ergeben, mit Wasser, Weichmachern und Farbstoffen versetzt, die **Preßmasse**, die sich unter Wärme und Druck in **Strangpressen** zu **Stäben** formen läßt. Aus diesen Stäben entstehen dann in weiteren Preßvorgängen zwischen **beheizten Stahlplatten** **Blöcke** und **Tafeln**. Das Endprodukt kann schließlich mit Formaldehyd ausgehärtet zu folgenden Fertigprodukten verarbeitet werden: **Spielfiguren**, **Armringe**, **Bleistifthüllen** und **elektrotechnische Kleinteile** (Bedienungsknöpfe). **Handelsnamen**: Galalith, Lanatil, Osalith, Thiolan.

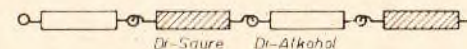
6.4. Härtbare Kunststoffe

6.4.1. Entstehung

Die niedermolekularen Ausgangsstoffe werden durch **Polykondensation** so lange mehrfach umgesetzt, bis ein hochmolekulares Zwischenprodukt entsteht, das noch löslich ist und erst nach der Erwärmung härtet (vgl. hierzu Abb. 31).

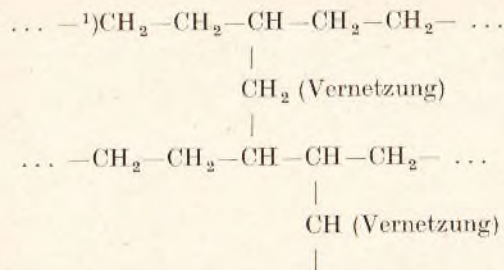
Bei der **Polykondensation** werden fortwährend einfache Verbindungen zu hochmolekularen verknüpft unter gleichzeitiger Abspaltung niedermolekularer Reaktionsprodukte (meist Wasser).

Durch Polykondensation entsteht eine Ester genannte Verbindung, ein Fadenmolekül. Organische Säuren verhaken sich durch Umsetzung mit organischem Alkohol zu Polyester (vgl. hierzu Abb. 31) und ergeben so Flüssigkeiten, die bei kalter Lagerung unverändert bleiben.



(Abb. 31)

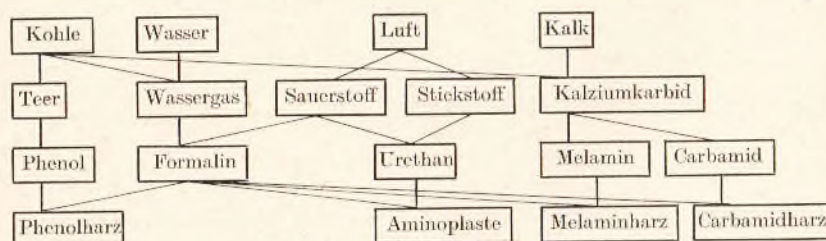
Bei einem ungesättigten Polyester (ungesättigt, weil er noch Wasserstoff aufnehmen kann) genügt der Zusatz eines Katalysators, um die **Vernetzung** herbeizuführen (vgl. hierzu Abb. 32).



(Abb. 32)

¹⁾ CH_2 = Äthylen

Bei den Kunststoffen besteht das Bauprinzip darin, daß Kohlenstoff zu langen Molekülketten verknüpft wird. Einen Überblick über die möglichen Kunststofftypen gibt Abb. 33.



(Abb. 33)

6.4.2. Phenolharze

6.4.2.1. Entstehung

Phenol wird entweder aus Benzol oder durch fraktionierte Destillation aus Steinkohle gewonnen. Phenol – $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ – (auch Karbolsäure oder Monoxybenzol aus Kresol = rohe Karbolsäure) wandelt sich unter dem Einfluß von Formalin zu Phenolharz (Formalin ist das in Wasser gelöste Formaldehydgas CH_2O). Durch alkalisch geleitete Reaktion entsteht Resol, ein löslicher, selbsthärtender Kunststoff, der durch Hitzeeinwirkung in einen unlöslichen und unschmelzbaren Resit übergeht. Wird die Reaktion dagegen unter Zusatz von Säuren durchgeführt, so ergeben sich nichtselbsthärtende Zwischenprodukte, die Novolaken, sie härten erst unter Zusatz eines Härters (z. B. Hexamethylentetramin) beim Erhitzen (vorwiegende Verwendung als Kunstlack).

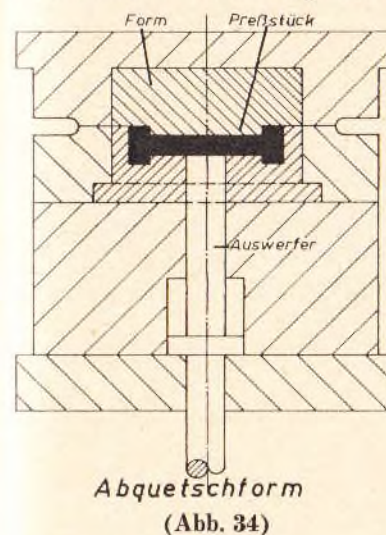
Ein Nachteil der Phenolharze ist ihre Lichtempfindlichkeit. Mit der Zeit färben sie sich durch Abspalten von Phenol dunkel und werden deshalb vorwiegend in dunklen Tönungen geliefert.

6.4.2.2. Preßmassen

Phenolharze oder Phenolplaste haben für die Massenherstellung von Kleinteilen große Bedeutung. Ihre guten mechanischen und elektrischen Eigenschaften sind der Grund für eine Verwendung als nichtkeramischen, gummierten elektrischen Isolierstoff. Dem Phenolharz lassen sich ohne Beeinträchtigung dieser Eigenschaften große Mengen von Füllstoffen beimischen; dafür kommen Gesteinsmehl, Asbestfasern, Holzmehl, Papierfasern und -schnittel, Zellstoff und Textilfasern in Betracht. Als „Normalpreßstoff“ ist der Typ 31 anzusehen, dessen Dauertemperatur 100°C betragen kann. Unter Beimischung organischer Füllstoffe, etwa Gesteinsmehl, steigt die Dauerwärmefestigkeit auf 150°C .

6.4.2.3. Preßstoffe

Beim Formpressen wird die Preßmasse als Pulver, Schnitzelmasse oder in Tablettenform in die vorgeheizte Form gebracht. Die Preßmasse wird flüssig und füllt die Form ganz aus (vgl. hierzu Abb. 34). Das Preßteil erhält eine glänzende Oberfläche und benötigt keine weitere Bearbeitung; die Preßtemperaturen liegen bei etwa 180°C und die Preßdrücke zwischen 150 bis 600 kp/cm^2 . Die Preßzeiten richten sich nach Preßmasse und Materialstärke (20 s/mm Wandstärke des Preßteils). Aus Phenolpreßmassen werden u. a. folgende Fertigprodukte hergestellt: Apparategehäuse sowie Montage- und Bedienteile für die Elektroindustrie. Handelsnamen: Bakelit, Dystron, Ferrzell, Lignitol.

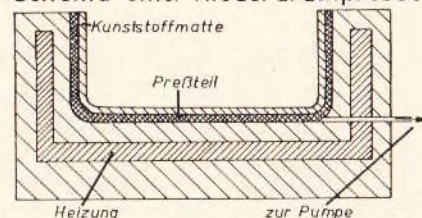


6.4.2.4. Schichtpreßstoffe

Schichtpreßstoffe entstehen durch Tränken von Papier- oder Gewebefasern mit Phenolharzen, die unter Druck und Hitze verpreßt werden. Statt Papier oder Textil kann auch Holz als Träger verwendet werden, das dann Platten hoher mechanischer Festigkeit ergibt und als Kon-

struktionsmaterial zur Verkleidung von Fernsprechkzellen, Schalter-tischen u. ä. m. dient. **Handelsnamen:** Liwa, Pertinax, Trilotan, Trilonit.

Schema einer Niederdruckpresse



(Abb. 35)

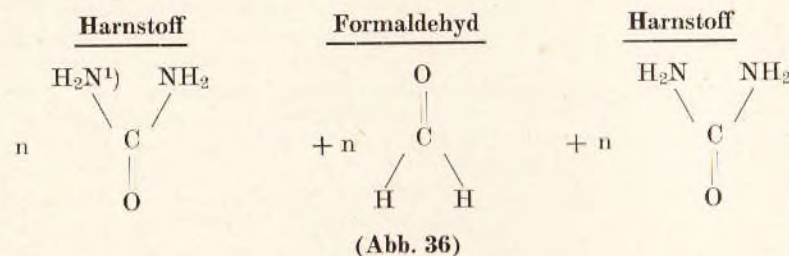
Im Niederdruckverfahren lassen sich einfache Formteile billig herstellen. Das Trägermaterial, etwa Glasfaser, wird mit Polyesterharz getränkt und in eine beheizte Form eingelegt. Durch Absaugen der Luft schmiegt sich die Matte der Form an und härtet aus (vgl. hierzu Abb. 35).

6.4.2.5. Edeldunstharz

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

6.4.3. Harnstoffharze

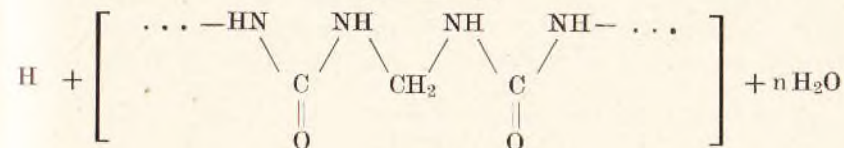
Statt der Säure-Alkohol-Gruppierung zu Ester beim Phenol, entsteht aus der Säure-Amid-Gruppierung eine Urethan- oder Harnstoffgruppe. Die Hauptbildungskomponente wird technisch unter Druck bei 160 °C aus Kohlendioxyd und Ammoniak synthetisiert (vgl. hierzu Abb. 36).



¹⁾ (Aminogruppe)

Typisch ist wieder der Kondensationsvorgang unter Ausscheidung von Wasser (vgl. hierzu Abb. 37).

Aminoplast



(Abb. 37)

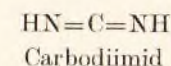
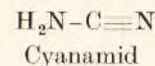
Aminoplaste lassen sich zu festen a) und flüssigen b) Fertigprodukten weiterverarbeiten:

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

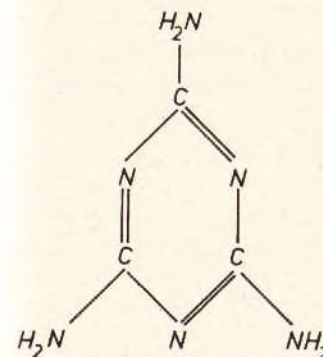
Die Umsetzung zum Polyurethan läßt sich auch so leiten, daß Kohlensäure frei wird, die dann das Material aufschäumt und einen sehr leichten Schaumstoff (Gewicht 0,002 bis 0,8 kp/dm³) entstehen läßt. **Handelsnamen:** Moltopren, Carbalit, Pollopa, Uresin, Iporka.

6.4.4. Melaminharze und Carbamidharze

Als Grundstoff dieser Harze dient das Diimid der Kohlensäure, das in zwei gleichen, aber nicht ineinander umwandelbaren (tautomeren) Formen entstehen kann (vgl. hierzu Abb. 38).



(Abb. 38)



(Abb. 39)

In der Kohlensäure werden beide O-Atome durch je eine NH-Gruppe (Imid) ersetzt und führen so zum Carbodiimid. Cyanamid wird durch Dreifachbindungsreaktion (Trimerisation) in das ringförmige (cyclische) Melamin übergeführt, das mit Formaldehyd zu Melaminharz aushärtet (vgl. hierzu Abb. 39).

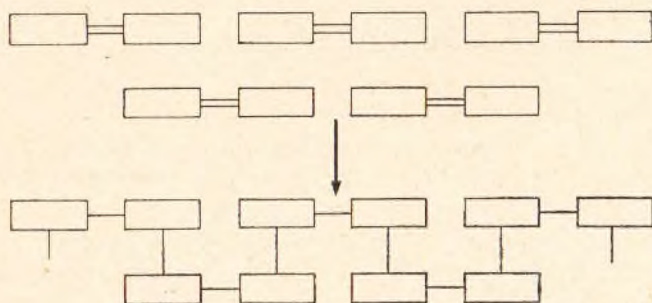
Malaminharze und Cabamidharze sind wie Aminoplaste lichtecht und ermöglichen dadurch rein weiß- oder pastellgetönte Materialien. Für die Preßmassen dient weißer Zellstoff oder Holzmehl als Füllstoff. Aus diesen Stoffen werden u. a. folgende Fertigprodukte hergestellt: **Haushaltsgegenstände** (Modellknöpfe,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

6.5. Thermoplaste

6.5.1. Entstehung

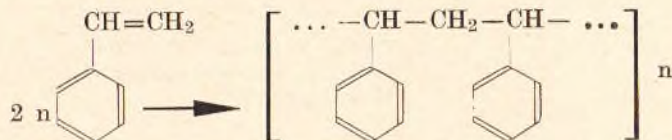
Thermoplaste lassen sich beim Erwärmen auf etwa 80 °C wieder plastisch verformen. Das hat seinen Grund in der **Polymerisation** genannten Verknüpfung der Makromoleküle.

Bei der **Polymerisation** reagieren **ungesättigte Verbindungen** miteinander unter **Aufhebung der Doppelbindung** (vgl. hierzu Abb. 40).



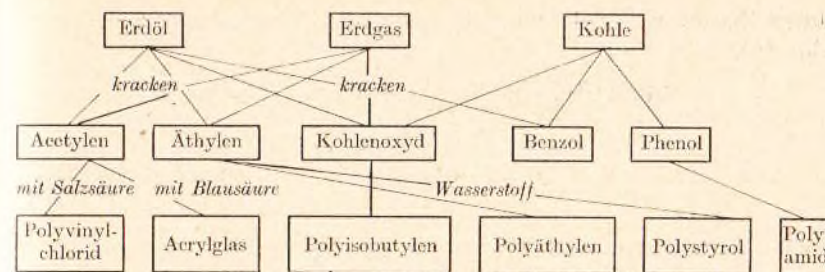
(Abb. 40)

Die Aufspaltung der Doppelbindung (vgl. hierzu Abb. 41) wird durch eine **Startreaktion** hervorgerufen, z. B. Wärme, Strahlung oder besondere Substanzen (Initiatoren).



(Abb. 41)

Eine Übersicht über Ausgangsprodukte und wichtige Zwischenstufen bei der Gewinnung von Thermoplasten gibt Abb. 42.



(Abb. 42)

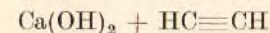
6.5.2. Eigenschaften

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

Hochmolekulare Thermoplaste sind nicht wie Kristalle strukturiert, es gibt neben ungeordneten, amorphen (gestaltlosen) Bereichen auch geordnete, kristalline Bereiche. Oft handelt es sich hierbei um Mischungen. Gewisse Eigenschaften von Kunstfasern, wie Festigkeit, Wärmebeständigkeit, Widerstand gegen Quellen sind an **kristalline Bereiche** gebunden. **Amorphe Bereiche** verleihen ihnen dagegen Weichheit, Schmiegsamkeit und rückstellbare Dehnbarkeit.

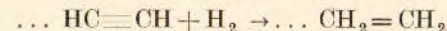
6.5.3. Polyvinylchlorid

Ausgangsstoff des **Polyvinylchlorids** (PVC) ist das **Acetylen** (Äthin), das großtechnisch durch Kohlelichtbogen in Wasserstoffgas gewonnen wird (vgl. hierzu Abb. 43).



(Abb. 43)

Acetylen ist ein dem Äthylen und Äthan verwandtes Gas. Bei der Polymerisation wird die Dreifachbindung unter Anwendung eines Katalysators aufgehoben (vgl. hierzu Abb. 44).



(Abb. 44)

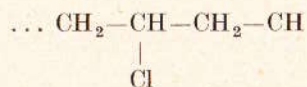
Unter Zusatz von Salzsäure entsteht dann **Vinylchlorid** (vgl. hierzu Abb. 45).



Vinylchlorid

(Abb. 45)

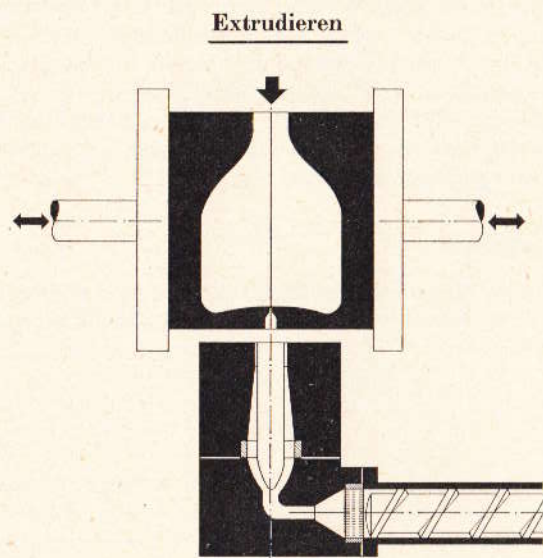
Die Doppelbindung wird, wie unter 6.5.1. beschrieben, zugunsten der makromolekularen Verbindung Polyvinylchlorid aufgehoben (vgl. hierzu Abb. 46).



(Abb. 46)

6.5.3.1. Verarbeitung

PVC wird als Granulat oder Pulver für die Verarbeitung geliefert. Die wichtigsten Verarbeitungsverfahren sind das **Extrudieren** (Blasen von Rohren und Hohlkörpern), **Spritzgießen** und **Kalandrieren**. PVC läßt sich



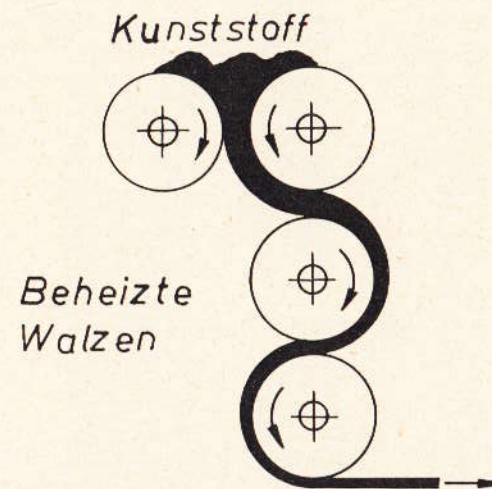
(Abb. 47)

(Werkfoto BASF)

unter Beimischung von Weichmachern von Hand, gießen streichen und zum **Tauchüberziehen** verwenden.

Beim Folienblasen wird das Material durch die Ringdüse eines Extruders (vgl. hierzu Abb. 47) gepreßt. Der noch relativ dicke Schlauch wird mit Luft bis zur gewünschten Abmessung aufgeblasen. Der Extruder soll das Granulat schmelzen, homogenisieren und unter Druck der Form zuführen.

Folienziehen auf dem Walzenkalandrier



(Abb. 48)

Aufteilungskabel mit PVC-Isolierung, statischem Schirm und PVC-Mantel



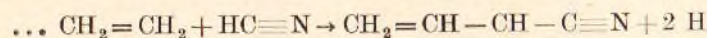
(Abb. 49)

PVC ist von Natur hart und wird erst durch Weichmacher leder- oder gummiartig. Ohne Weichmacher lassen sich daraus u. a. folgende Fertigprodukte herstellen: **Rohre** (Kabelschutzrohre), **Mäntel** für Aufteilungskabel (vgl. hierzu Abb. 49), **Verkleidungen**, **Handläufer** für Treppen; weichgestellt: **Bekleidung**, **Polsterbezüge**, **Fußbodenbeläge**. **Handelsnamen**: Vinnol, Vinidur, Trovidur, Mipolam, Vinoflex, Luvi-therm, PeCe-Faser, Vinifol.

(Werkfoto F & G)

6.5.4. Acrylglas

Acrylglas entsteht wie Polyvinylchlorid aus Acetylen. Das monomere **Äthylen** wird nach dem ersten Aufschließen durch **Blausäure** zu **Acrylnitril** (vgl. hierzu Abb. 50) umgesetzt, statt mit Salzsäure wie beim PVC.



Blausäure

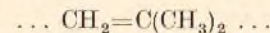
Acrylnitril

(Abb. 50)

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

6.5.5. Polyisobutylene

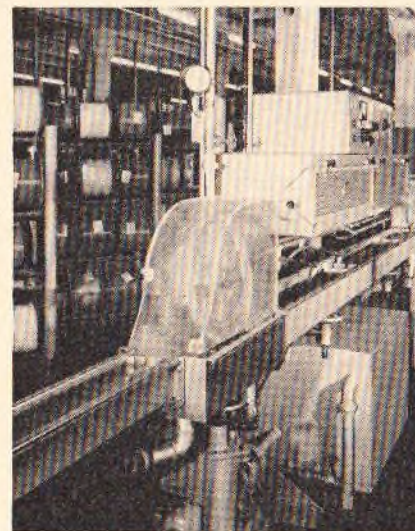
Die Umsetzung von **Kohlenoxyd** mit **Wasserstoff** ergibt Isobutylalkohol, der **Isobutylene**, das Monomere des **Polyisobutylen**s, liefert. Im Polyvinylchlorid wird dabei H und Cl durch die **Methylgruppe** $-\text{CH}_3$ (vgl. hierzu Abb. 51) ersetzt.



Polyisobutylene

(Abb. 51)

Adernisolation auf der Kunststoffspritzmaschine



(Abb. 52)

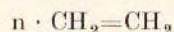
(Werkfoto F & G)

Die Moleküle des Polyisobutylen bleiben im Gegensatz zu anderen Kunststoffmolekülen bis zu tiefen Temperaturen beweglich, so daß sich Polyisobutylene als ein rohgummiartiger Werkstoff darstellt. In diesem Material fehlen **polare Bildungen**, da die Cloratome ausgeschieden sind, so daß dieser Werkstoff ein hervorragender Isolator ist. Je nach Polymerisationsgrad ist Polyisobutylene zähklebrig bis weich-elastisch. Zur Modifikation der Materialeigenschaften läßt es sich gut mit Füllstoffen wie Ruß, Graphit, Kreide, Schiefermehl, Kaolin, Talkum und Asbest mischen und ist für folgende Fertigprodukte geeignet: **Leiterisolation** (vgl. hierzu Abb. 52), **Wasserisolation** von Hochbauten, **Klebstoffe**, **Elektroisoleröl**. **Handelsname**: Oppanol.

6.5.6. Polyäthylen

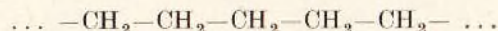
6.5.6.1. Entstehung

Polyäthylen (PE), einer der wichtigsten Kunststoffe, ist ein Polymerisationsprodukt (griech.: poly = klein, meros = Teilchen) des **einfachsten ungesättigten Kohlenwasserstoffs Äthylen** (vgl. hierzu Abb. 53).



(Abb. 53)

Die **Hochdruckpolymerisation** führt zu Polyäthylen (vgl. hierzu Abb. 54) niederer bis mittlerer Dichte, die **Niederdruckpolymerisation** zu hoher Dichte.



(Abb. 54)

Polyäthylen-Typen					
Mittlere Kettenlänge (Äthylenbausteine)	1 600	1 300	1 150	1 000	850
Schmelzindex ¹⁾	0,2	0,7	2	7	20
Zugfestigkeit kp/cm ²	175	160	155	130	110
Bruchdehnung %	600	600	550	500	450
Kältefestigkeit °C	-100	-80	-70	-40	-30

6.5.6.2. Eigenschaften

Polyäthylen ist geruchs- und geschmacksfrei, lichteht, säurefest und hat besonders gute elektrische Isolationseigenschaften:

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

¹⁾Der Schmelzindex ist so typisch, daß man damit die Kunststoffe kennzeichnet. Der Schmelzindex erklärt sich daraus, daß lange Molekülketten zähflüssig, kurze leichtflüssig sind.

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



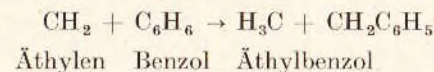
(Abb. 55)

(Werkfoto F & G)

PE eignet sich gut für Spritzguß- und Preßteile sowie für Folien. Die daraus vorwiegend hergestellten Fertigprodukte sind: **Behälter, Rohre, Adern- und Kabelisolation** (vgl. hierzu Abb. 55), **Verpackungen, Isolierfolien. Handelsnamen:** Lupolen, Hostalen, Supralen, Trolen, Vestolen.

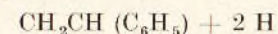
6.5.7. Polystyrol

Grundbausteine des **Polystyrols** sind **Äthylen** und **Benzol**, die sich unter dem Einfluß von **Katalysatoren** zu **Äthylbenzol** vereinigen (vgl. hierzu Abb. 56).



(Abb. 56)

Aus Äthylbenzol entsteht unter Abspaltung von 2 Wasserstoffatomen **Styrol** (vgl. hierzu Abb. 57).



(Abb. 57)

Im Vinylchlorid wird das Chloratom durch den Benzolrest — C_6H_5 — ersetzt. **Block-** und **Lösungspolymerisation** ergibt zylinderförmiges Granulat, **Suspensions-** und **Emulsionspolymerisation** liefern perlförmiges Granulat.

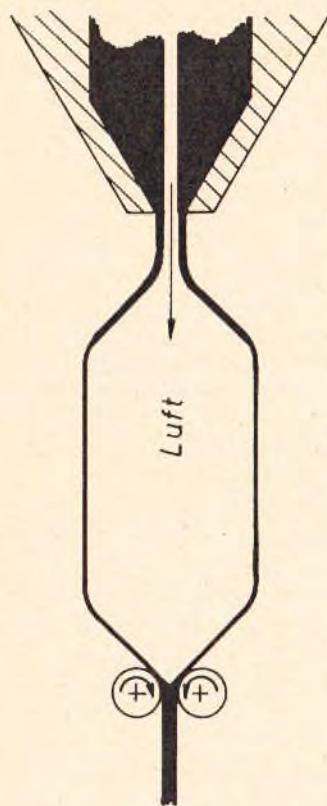
Polystyrol ist beständig gegen wäßrige Lösungen und geschmacksneutral; seine gute Plastizität ist mit Maß- und Formhaltigkeit und engen Toleranzen gepaart. **Copolymerisate** aus Polystyrol und Acrylnitril eignen sich zur Herstellung großer Gehäuse und von Haushaltsartikeln. Die Fertigprodukte dieser Kunststoffgruppe sind: **Lebensmittelverpackungen** (Folien und Behälter), **Spielzeug**, **Apparategehäuse**, **Kühlschrankgehäuse**, **Haushaltsgegenstände**. **Handelsnamen**: Ostyrol, Polyflex, Polycell, Poresta, Styropor, Trolitul, Lupolen.

6.5.8. Polyamid

Wenn **organische Säuren** mit einem **organischen Amin** (einwertiger Ammoniakrest – NH_2) umgesetzt werden, so verbinden sich beide zu einem **Säureamid**. Charakteristisch ist dafür die **Amidgruppe**¹⁾ – $\text{CO} \cdot \text{NH}$.

Polyamidfasern haben eine starke Ähnlichkeit mit der Naturfaser Wolle; in beiden sorgen **Schwefelbrücken** für die **Festigkeit**. Polyamide haben keinen ausgedehnten Temperaturbereich, sondern einen ziemlich scharf begrenzten Schmelzpunkt. Oberhalb des Schmelzpunktes sind diese Stoffe zu flüssig, unterhalb zu hart, um zu Folien gewalzt zu werden. Statt des üblichen Kalandrierens oder Schlitzgießens wurde deshalb das Folienblasen entwickelt (vgl. hierzu Abb. 58). Dabei wird der an der Schneckenpresse geblasene Schlauch anschließend durch Walzen zu einer Folie verquetscht.

Wegen der hohen **Rückstellfähigkeit** (Elastizität) kommen Polyamidfasern in großem Umfange für die **Textilherstellung** in Betracht. Je nach Reinheitsgrad und



(Abb. 58)

◀ **Extruderdüse (Schneckenextruder)**

¹⁾ Siehe auch Aminoplaste. NH_2 heißt Amidgruppe, wenn es an einen Säurerest gebunden ist, sonst Aminogruppe.

Beimengung läßt sich unterschiedliche Schmelzviskosität erreichen, die nach drei Anwendungsbereichen unterschieden werden:

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

Aus Polyamidfasern werden u. a. folgende Fertigprodukte hergestellt: **Gehäuse**, **Testilfasern**, **Profile**, **Folien**, **Kabelummantelung**, **Rohre**, **Platten**, **Schlauchfolien**, **Hohlkörper**. **Handelsnamen**: Nylon, Perlon, Diolen, Ultramid, Terylen.

6.6. Silikone

Silikone sind **anorganische Werkstoffe**, im Gegensatz zu den bisher behandelten Kohlenwasserstoff-Kunststoffen.

Das Skelett des Makromoleküls enthält statt der **CH-Gruppen** **SiO-Moleküle**.

An das Si-O-Skelett sind teilweise organische Seitengruppen angehängt. Ausgangsprodukte sind die **Chlorsilone**, die entweder durch **Reaktion** von **Siliziumtetrachlorid** – SiCl_4 – mit **Magnesiumverbindungen** oder durch **Erhitzen** (200 bis 300 °C) von **Silizium** und **organischen Chlorverbindungen** (Methylchlorid) unter Mitwirkung von **Kupferkatalysatoren** entstehen. Weitere Zwischenstufen sind die **Silondiole** (Chlorsilon + Wasser), die durch Polymerisation und Wasserabspaltung zu den Silikonen führen.

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

6.7. Bearbeitungsverfahren

6.7.1. Zerspanen

Bei Kunststoffen sind alle spanabhebenden Verformungen, wie Feilen, Sägen, Hobeln, Bohren, Drehen, Fräsen und Schleifen möglich. Die

Form und Härte der Bearbeitungswerkzeuge muß der Härte, Sprödigkeit und Zähigkeit des zu bearbeitenden Kunststoffes angepaßt sein. Bei den **Phenoplasten** 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.

6.7.2. Kleben

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

6.7.3. Nähen

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

6.7.4. Schweißen

Beim **Schweißen** wird die **Wärmebildsamkeit** der **thermoplastischen Kunststoffe** ausgenutzt, indem sie in plastisch fließendem (schweißfähigem) Zustand unter leichtem Druck miteinander verbunden werden. Die verschiedenen Schweißverfahren unterscheiden sich in der Art der Erwärmung der Schweißstelle. Hier soll die **Heißgasschweißung** kurz beschrieben werden:

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

6.7.5. Warmverformen

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

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

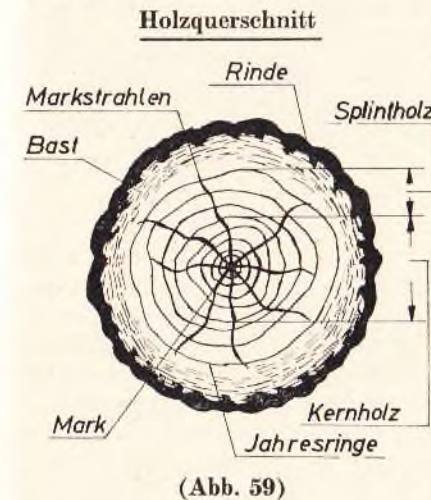
6.8. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 6.

1. Was sind Kunststoffe? 2. Wovon hängen die Eigenschaften der Kunststoffe ab? 3. Welche Hauptgruppen von Kunststoffen gibt es? 4. Woraus besteht das Ausgangsmaterial von Zellulosekunststoffen? 5. Beschreiben Sie die Gewinnung von Zellen! 6. Auf welche Weise wird Kunsthorn gewonnen? 7. Was geschieht bei der Polykondensation? Erläutern Sie den Begriff Vernetzung! 8. Welche Kunststoffgruppen zählen zu den Thermoplasten? 9. Was geschieht bei der Polymerisation? 10. Auf welche Weise wird PVC gewonnen? 11. Welche Zusätze werden bei der Kunststoffherstellung verwandt? 12. Beschreiben Sie das Extrudieren! 13. Welche Fertigprodukte entstehen aus PVC? 14. Aus welchen chemischen Grundbausteinen entsteht PE? 15. Was sind Silikone?

7. Baustoffe

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

7.1. Holz



Ein durchgesägter Baum zeigt im Querschnitt von innen nach außen, das **Mark**, das **Kernholz**, das **Splintholz**, den **Bast** und die **Rinde**; Abb. 59 läßt die einzelnen Schichten erkennen. Am Querschnitt eines Baumes läßt sich auch an den deutlich sichtbaren **Jahresringen** sein Alter abzählen. Die größte Bedeutung hat das Holz im Fernmeldebaudienst 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 Ver-

fahren mit Chemikalien behandelt. Zur Tränkung von Kiefern und Lärchen wird das **Teeröl-Tränkverfahren** angewendet, bei dem die Maste in Kesseln mit Teeröl unter einem Druck von 5 bis 7 atü stehen. 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 sind dem **Band C 2** des „Handbuchs der Fernmelde-technik – Buchreihe Aft“ zu entnehmen.

7.2. Ziegel

Der Ziegel ist einer der ältesten Baustoffe und wurde von den Römern nach Deutschland eingeführt. Der **Ziegel** besteht aus einer gebrannten Masse, die sich aus Ton, Lehm, Kalk und Zusätzen (Sand, Sägemehl usw.) zusammensetzt. Je nach Preßform entstehen Vollziegel, Hochlochziegel und Langlochziegel. Vormauer- und Porenziegel sowie Klinker der verschiedensten Arten unterscheiden sich nach ihrer Zusammensetzung und der Brenndauer. Die Mauerziegel werden in verschiedenen Größen hergestellt. Das heute geltende Normalmaß für Ziegel hat die Abmessungen 240 mal 115 mal 71 mm.

Im Fernmeldebaudienst werden die Ziegel zum Abdecken von Erdkabeln, zum Schutz von Lötstellen und beim Bau von Kabelschächten verwendet. 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.

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

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 härtet an der Luft und auch unter Wasser. Der Zementmörtel wird wie der Kalkmörtel zum Mauern verwendet. Im Fernmeldebaudienst hat der Zement besondere Bedeutung als Werkstoff für die Herstellung von Stahlbetonfertigschächten und von Kabelschächten aus Ortbeton (Stampfbeton), von Kabelkanalformsteinen, Schachtabdeckungen und vielem anderen mehr. Unter dem Fernmeldebauleitung nehmen die Betonteile, **Betonzeug**, einen wichtigen Platz 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

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 (vgl. hierzu Abb. 60). Bei der Herstellung von **Stahlbeton** werden zur Erhöhung der Festigkeit des Bauwerks oder Bauteils Eisen- und Stahlteile (**Baustahlgewebe**, **Moniereisen**) in die Mischung eingebracht. In diesem Falle dürfen die Zuschläge keine Stoffe enthalten, die den Stahl angreifen und zersetzen.

Betongefüge



(Abb. 60)

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.

7.4. Gips

Gips besteht hauptsächlich aus wasserhaltigem, schwefelsaurem Kalk. Er kommt in Form von durchscheinenden großen Kristallen (Gipsspat), als blättrige Tafeln (Fraueneis) und in körnig-kristalliner Form (Alabaster) vor. Dieser Gipsstein verliert bei Erhitzung seinen Wassergehalt. Als gebrannter Gips kommt er in den Handel und wird als **Baugips** verwendet. Er erhärtet (versteift) beim Anrühren mit Wasser schnell, mit Sand vermischt langsamer und wird deshalb zum Ausfüllen von Löchern und zum Eindübeln genommen.

7.5. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 7.

1. Skizzieren Sie einen Holzquerschnitt und markieren Sie die einzelnen Schichten!
 2. Welche Tränkverfahren werden angewandt? 3. Was versteht man unter gelöschtem Kalk? 4. Wo wird im Fernmeldebaudienst Beton verwendet? 5. Welche Zuschlagstoffe werden bei Beton gebraucht? 6. Geben Sie das Normalmaß für Mauerziegel an! 7. Von welchen Faktoren sind die Güte und die Druckfestigkeit des Betons abhängig?

8. Arbeits- und Werkzeugkunde

8.1. Messen und Anreißen

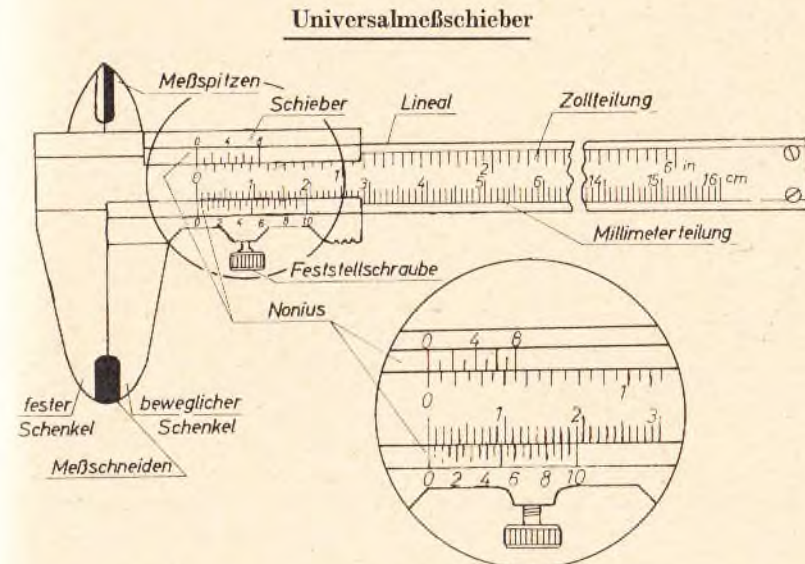
Schon die Völker des Altertums kannten bestimmte Maße und Gewichte für ihren Handel mit Gütern aller Art. Vom Mittelalter bis weit in das 19. Jahrhundert hinein wurden die Maße vom menschlichen Körper abgeleitet (Elle, Fuß usw.). Weil diese Naturmaße aber stark voneinander abwichen, wurde im Jahre 1875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

8.1.1. Messen

Messen heißt **Vergleichen** mit einer bestimmten, gesetzlich festgelegten **Maßeinheit**. Entweder wird der zu messende Gegenstand mit dem bekannten Maß unmittelbar verglichen (**unmittelbares Messen**) oder das Messen erfolgt durch Zwischenschalten eines weiteren Meßgerätes, z. B. eines Innentasters beim Messen des Innendurchmessers eines Hohlzylinders (**mittelbares Messen**).

Dem metrischen Maßsystem liegt das **Urmeter** als Ausgangsmaß zugrunde. In einigen Ländern ist nicht das Meter, sondern der **Zoll** (") die Maßeinheit, $1'' = 25,4 \text{ mm}$. Teile des Zolls werden in echten Brüchen angegeben ($\frac{1}{8}''$, $\frac{1}{4}''$, $\frac{1}{2}''$, $\frac{3}{4}''$ usw.). Vom Meter sind die anderen Maßeinheiten abgeleitet, wie Quadratmeter (m^2) und Kubikmeter (m^3). Dort, wo das Grundmaß für die Benennung zu groß ist, wird es durch Vorsätze verkleinert, $1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$ (Maße auf Zeichnungen sind in mm angegeben). Die kleinste Maßeinheit ist $1 \text{ mm} : 1000 = 0,001 \text{ mm} = 1 \text{ Mikron (}\mu\text{)}$.

Längenmeßzeuge gibt es in Form der **Stabmaße**, **Rollmaßstäbe**, **Gliedermaßstäbe**, **Stahlbandmaße** usw. Diese Meßgeräte 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 (**Schieblehre**) besondere Beachtung finden.



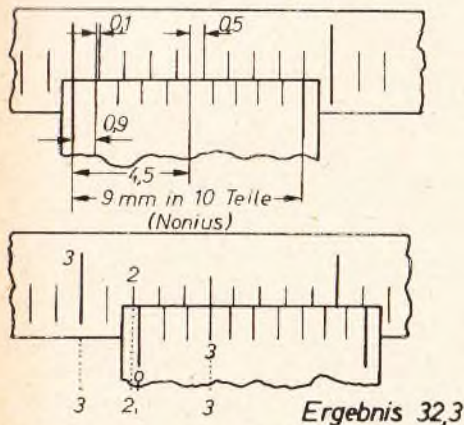
(Abb. 61)

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** (vgl. hierzu Abb. 61), 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, Meßschieber vorsichtig abziehen und erst dann das Meßergebnis feststellen. Die Meßgenauigkeit beträgt bei normalen Schiebern $\frac{1}{10} \text{ mm}$ oder auch $\frac{1}{20} \text{ mm}$, bei Sonderanfertigungen sogar $\frac{1}{50} \text{ mm}$. Zur Ablesung der Millimeterbruchteile befindet sich auf der Maßeinteilung des Meßschiebers ein **Nonius**.

Der **Nonius** ist ein Hilfsmaßstab; mit seiner Hilfe lassen sich kleinere Meßgrößen, die nicht mehr von der Teilung des Hauptmaßstabes direkt abgelesen werden können, ermitteln. Es sind Zehner-, Zwanziger- und Zoll-Nonius im Gebrauch. Der gebräuchlichste Nonius, der **Zehner-Nonius**, soll in Abb. 62 näher beschrieben werden: 9 mm sind in 10 Teile geteilt, ein Noniusteil ist also $9 \text{ mm} : 10 = 0,9 \text{ mm}$ lang. Da die Teilung auf dem Hauptmaßstab 1 mm beträgt, kann durch den Unterschied der beiden Teilungen auf $\frac{1}{10} \text{ mm}$ 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. Der Meßschieber ist ein Präzisionsinstrument. Er muß daher pfleg-

Zehner-Nonius



Der Nullstrich des Nonius entspricht dem Komma in der abzulesenden Zahl

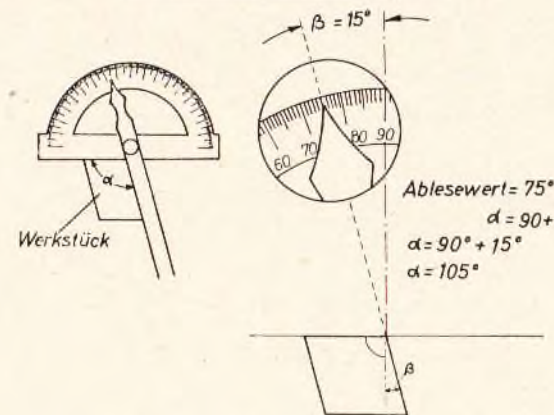
(Abb. 62)

lich behandelt werden und ist nicht zum Anreißen, Klopfen und dergleichen zu verwenden. Er soll möglichst gesondert abgelegt werden.

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

Die in der Werkstatt verwendeten **Prüfwinkel** (feste Winkel) haben 30° , 45° , 60° , 90° und 120° ; der 90° -Winkel ist der meist benutzte. Das Werkstück wird auf einer Tuschierplatte durch Anlegen an einen genauen

Ablezen des Winkelmessers



(Abb. 63)

Vergleichswinkel geprüft. Einstellbare Winkelprüfgeräte sind die **Schmiege** und die **Doppelschmiege** sowie der **Winkelmesser**, der eine Messung von Winkelgraden ermöglicht. Abb. 63 läßt das Messen eines Winkels mit Hilfe eines Winkelmessers erkennen.

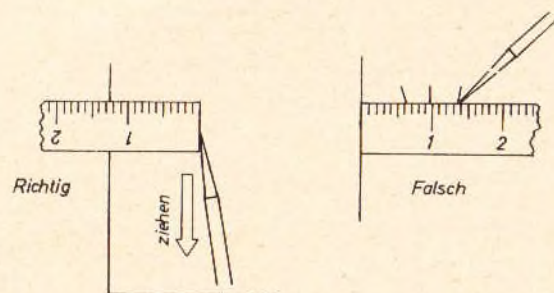
Meßfehler: Bei jeder Messung können Fehler auftreten, die auf Geräte- oder Bedienungsfehler beruhen. Deshalb sollten folgende Arbeitsregeln beim Messen beachtet werden:

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

8.1.2. Anreißen

Der Zweck des Anreisens ist die **Übertragung von Maßen und Formen** aus der Zeichnung auf das Werkstück, wie in Abb. 64 gezeigt wird. Meßbare Werkstücke werden nicht angerissen. Anreißwerkzeuge sind die **Stahl-**

Antragen von Maßen



(Abb. 64)

reißnadel, die Messingnadel, der Zirkel, der Körner, der Reißstock u. a. m.

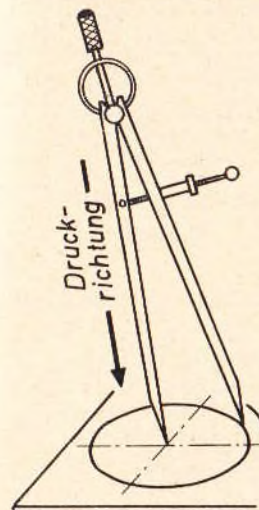
Anreißen mit der Reißnadel



(Abb. 65)

Abb. 65 zeigt das Anreißen mit der Reißnadel. Wird durch die Bearbeitung des Werkstückes die Reißlinie wieder ausgelöscht, so wird eine **Stahlnadel** benutzt, soll keine Kerbwirkung entstehen eine **Messingnadel**. Leichtmetallbleche und dünnwandige Leichtmetallwerkstücke werden mit dem **Bleistift** angerissen. Die Spitzen der Anreißnadeln sollen die Form eines schlanken Kegels haben, dann entstehen gute Anreißlinien.

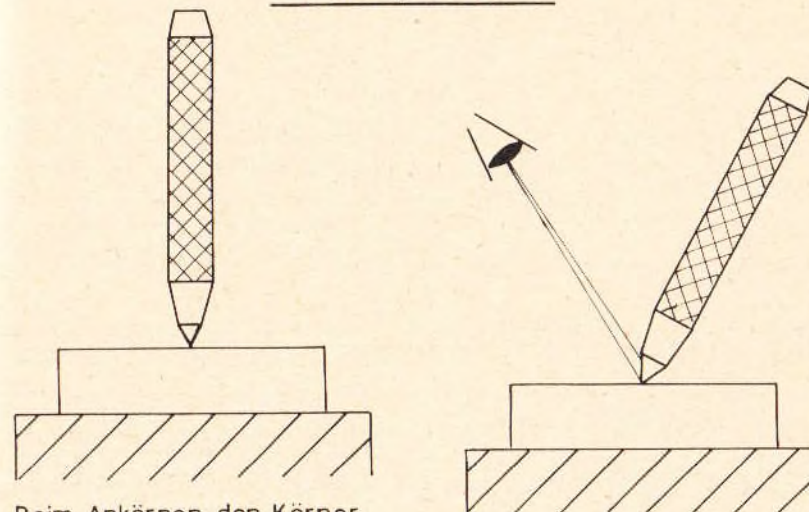
Anwendung des Zirkels



(Abb. 66)

Zum Anreißen großer Werkstücke werden Stahllineale benutzt, bei kleinen Werkstücken Anschlagwinkel. Während der **Stangenzeirkel** für das Übertragen größerer Maße benutzt wird, dient der **Spitzzeirkel** (vgl. hierzu Abb. 66) zum Übertragen kleinerer Maße auf das Werkstück, zum Anreißen von Kreisen und Abtragen gleicher Teilstrecken. Die Zirkel sind aus Stahl gefertigt, ihre Spitzen sind gehärtet. Der Druck soll auf den Schenkel des Zirkels ausgeübt werden, der im Mittelpunkt steht.

Anwendung des Körners



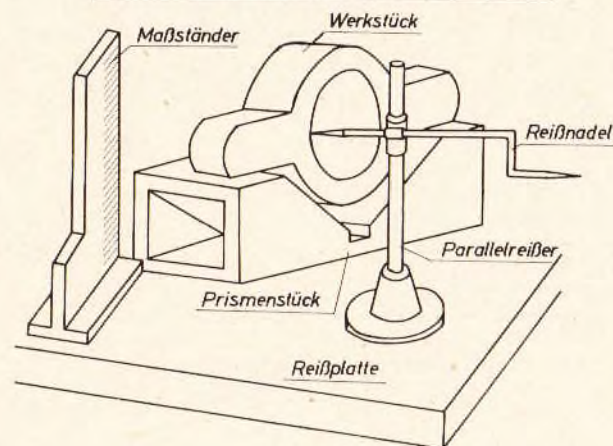
Beim Ankörnen den Körner senkrecht halten, sonst verschiebt sich der Körnerpunkt

Zum Erkennen der Einsatzstelle den Körner neigen

(Abb. 67)

Der **Körner** wird zum Ankörnen von Lochmitten und von Reißlinien benutzt (vgl. hierzu Abb. 67). Die Bohrlochmittelpunkte werden kräftig, die Reißlinien leicht angekörnt. Mit dem Reißstock kann jedes beliebige Maß von einem Maßständer abgenommen und auf das Werkstück übertragen werden (vgl. hierzu Abb. 68). Als Unterlage dient eine Tuschierrplatte. Runde Körper werden in Prismenstücken gelagert. Weitere Hilfsmittel für die Lagerung von Werkstücken sind die Parallelstücke und

Anreißer mit Maßständer und Reißstock

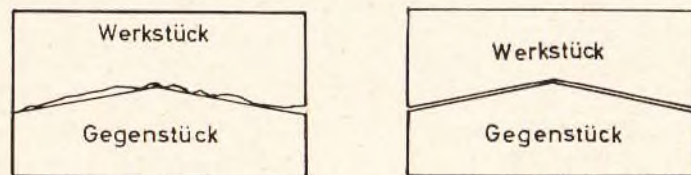


(Abb. 68)

kleine Unterlegscheiben, die ein Verrutschen verhindern. Die anzureißenden Flächen werden mit Kupfervitriol (**Vorsicht Gift!**) oder mit Anreißlack behandelt, um die Anreißlinien gut sichtbar zu machen.

8.2. Passen

Passen heißt Fertigbearbeiten eines vorbearbeiteten Werkstücks, das mit einem anderen zugeordneten Werkstück ruhend oder gleitend verbunden



(Abb. 69)

werden muß. Dabei müssen sich die aufeinanderliegenden Flächen – die **Paßflächen** – gleichmäßig berühren.

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 (vgl. hierzu Abb. 69). Nach dem Verwendungszweck werden **Spießpassungen, Übergangspassungen** und **Preßpassungen** unterschieden.

8.3. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 8.

1. Was heißt Messen?
2. Wieviel mm sind 15 Mikron?
3. Nennen Sie Vorsätze für Verkleinerungen!
4. Welche Maßeinheiten sind vom Meter abgeleitet?
5. Welche Meßgeräte werden für gröbere Messungen benutzt?
6. Erklären Sie den Zehner-nonnus eines Meßschiebers!
7. Welche Geräte dienen zur Flächenprüfung?
8. Worauf ist beim Anreißer mit der Reißnadel zu achten?
9. Wozu verwendet man einen Reißstock?
10. Was versteht man unter Passen?
11. Erklären Sie den Begriff Paßfuge!
12. Wie ist ein Zirkel anzusetzen?
13. Wie werden Bohrlocher angekörnt?
14. Wie werden anzureißende Flächen vorbehandelt?
15. Welche Passungen werden unterschieden?

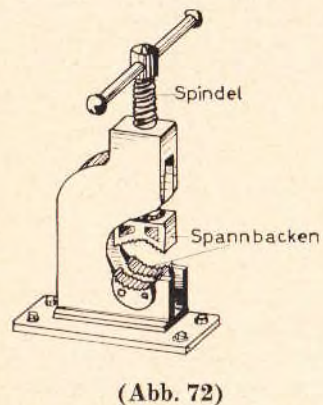
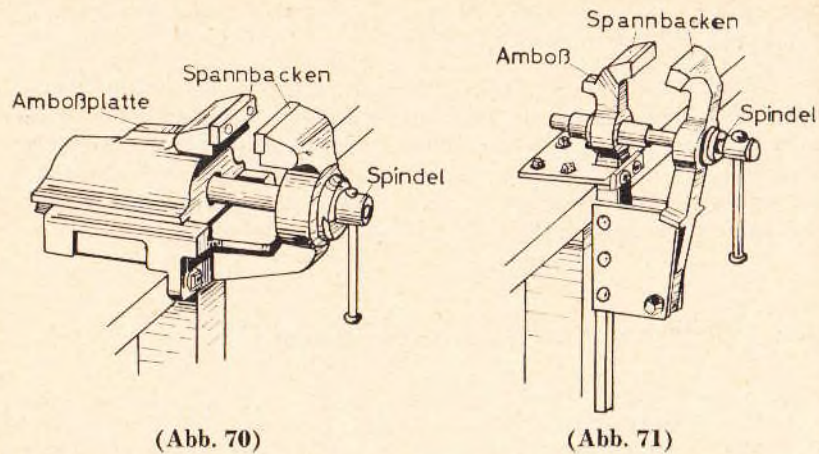
9. Spannwerkzeuge

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

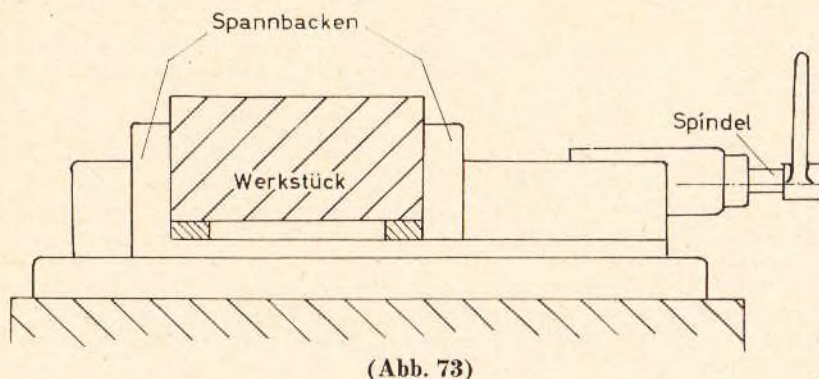
9.1. Schraubstöcke

Es gibt Schraubstöcke mit Parallelführung oder mit Radialführung der Spannbacken. Der **Parallelschraubstock** (vgl. hierzu Abb. 70) wird hauptsächlich für Schlosser- und Mechanikerarbeiten verwendet. Die Backenbreite beträgt 50 bis 200 mm.

Der **Zangenschraubstock** (vgl. hierzu Abb. 71) 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.

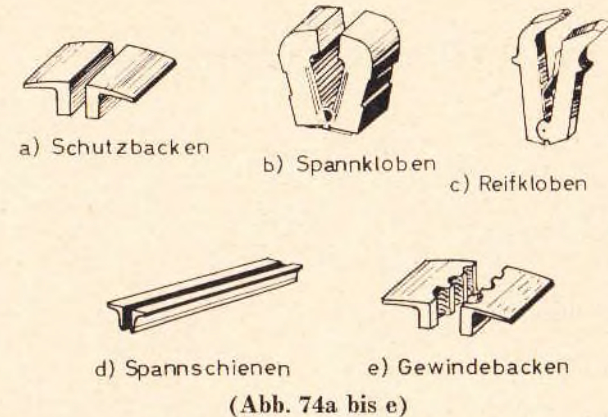


Der **Rohrschraubstock** (vgl. hierzu Abb. 72) dient zum Einspannen von Rohren. Er wird hauptsächlich bei Installations- und Schlosserarbeiten verwendet. Die Backenbreite beträgt 40 bis 200 mm. Der **Maschinenschraubstock** (vgl. hierzu Abb. 73) ist ein Parallelschraubstock, mit dessen Hilfe Werkstücke schnell, sicher und fest eingespannt werden können, damit sie während der Bearbeitung an Werkzeugmaschinen nicht durch den Schnittdruck in ihrer Lage verschoben werden.



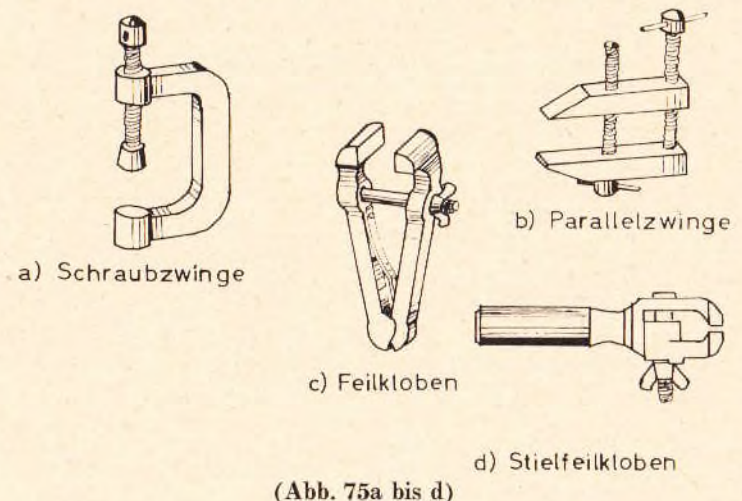
9.2. Hilfszeuge

Hilfszeuge für das Einspannen in den Schraubstock werden zum Schutz der Werkstücke, zum Schutz des Schraubstocks oder zur besseren Bearbeitungsmöglichkeit des Werkstücks verwendet. Die wichtigsten Hilfszeuge sind **Schutzbacken** (vgl. hierzu Abb. 74a), **Spannkloben** (vgl. hierzu Abb. 74b), **Reifkloben** (vgl. hierzu Abb. 74c), **Spannschienen** (vgl. hierzu Abb. 74d) und **Gewindebacken** (vgl. hierzu Abb. 74e).



9.3. Hilfsspannzeuge

Hilfsspannzeuge dienen sowohl zum Spannen der Werkstücke als auch zum Spannen der Werkzeuge. Abb. 75 zeigt einige Hilfsspannzeuge:



9.4. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 9.

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

10. Spanabhebende Verformung

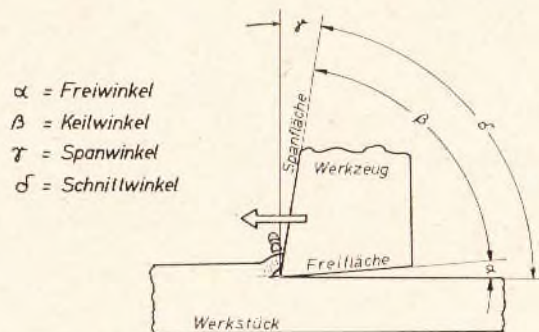
Feilen, Sägen, Schaben, Meißeln, Bohren, Drehen, Fräsen usw. zählen zu den spanabhebenden Bearbeitungsarten. Alle Werkzeuge, mit denen eine spanabhebende Verformung des Werkstückes ausgeführt wird, trennen mit ihrer Schneide Späne vom Werkstoff ab. Für den Vorgang der Spanabtrennung sind die Winkel an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

10.1. Allgemeines

10.1.1. Keilwinkel

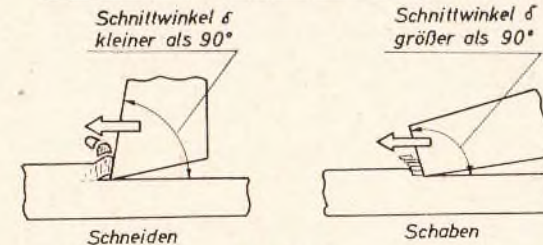
Der **Keilwinkel** β (vgl. hierzu Abb. 76) ist der Winkel des Werkzeugkeiles, der in das Werkstück eindringt. Je kleiner der Keilwinkel ist, um so leichter dringen die Werkzeuge in einen Werkstoff ein. Bei hohem Schnittdruck und zu kleinem Keilwinkel bricht jedoch die Schneide aus. Der Keilwinkel kann also um so kleiner gehalten werden, je weicher der Werkstoff des Werkstückes ist.

Grundform und Winkel der Werkzeugschneide



(Abb. 76)

Schnittwinkel beim Schneiden und Schaben



(Abb. 77)

10.1.2. Freiwinkel

Der **Freiwinkel** α (vgl. hierzu Abb. 76) ist der Winkel zwischen Schneidrücken 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. 76 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. Der Freiwinkel soll nur so groß sein, daß das Werkzeug genügend frei schneidet, ohne sehr zu reiben und sich zu erwärmen.

10.1.3. Spanwinkel

Der Winkel zwischen dieser Spanfläche und einer gedachten Linie senkrecht zur Bearbeitungsrichtung heißt **Spanwinkel** γ (vgl. hierzu Abb. 76). Der Span gleitet an der **Span-** oder **Brustfläche** entlang. Bei **kleinem Spanwinkel** federt die Werkzeugschneide immer etwas hin und her, was zur Folge hat, daß die Bearbeitungsfläche nicht glatt wird, sondern Stufen zeigt. Bei **sehr kleinem Spanwinkel** wird die zu bearbeitende Oberfläche besonders uneben und u. U. nicht mehr maßhaltig, weil die Spanteilchen in diesem Falle regelrecht aus dem Werkstoff herausgerissen werden (**Reißspan**). Der **große Spanwinkel** gewährleistet zwar eine glatte Oberfläche, weil sein Span zum Teil auf große Längen zusammenhängend bleibt (**Fließspan**) und nie aus dem Werkstoff herausgerissen werden kann; es gibt aber Fälle, in denen gerade der wenig abreißende Span hinderlich ist, weil die Werkzeugschneide zu schwingen beginnt. In den meisten Fällen wird deshalb ein **mittlerer Spanwinkel** gewählt; der hier entstehende Span bröckelt in kurzen Stücken ab und heißt **Scherspan**.

10.1.4. Schnittwinkel

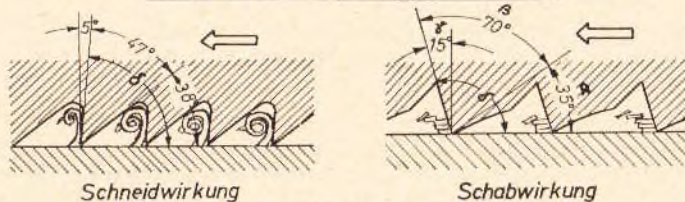
Der **Schnittwinkel** δ (vgl. hierzu Abb. 76) setzt sich zusammen aus dem Freiwinkel und Keilwinkel. Bei bestimmtem Keilwinkel kann einem

Werkzeug einen größeren oder kleineren Schnittwinkel geben, je nachdem, welche Neigung er erhält. 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°** , **schabt** es (vgl. hierzu Abb. 77).

10.2. Feilen

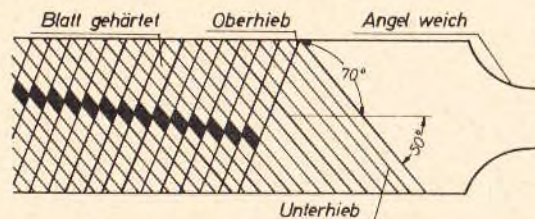
Feilen sind trotz Anwendung moderner Werkzeugmaschinen nicht überflüssig geworden.

Gehauener und gefräster Feilenzahn



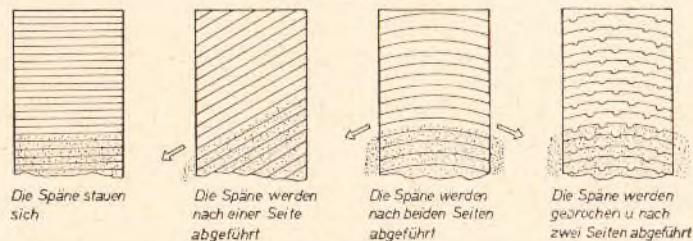
(Abb. 78)

Kreuzhieb



(Abb. 79)

Hiebanordnung



(Abb. 80)

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 (vgl. hierzu Abb. 78 u. 79). Die gehauene Zahnform hat eine um 5 bis 15° nach hinten liegende Schneide (vgl. hierzu Abb. 78). Der gehauene Zahn hat einen negativen Spanwinkel. Der über 90° liegende Schnittwinkel ergibt eine schabende Wirkung. Der gefräste Zahn hat einen positiven Spanwinkel von etwa 5° (vgl. hierzu Abb. 78). Dadurch entsteht eine schneidende Wirkung.

Abb. 80 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. 80 heißen **einhiebig** **Feilen**, sie werden vorwiegend als Säge- und Schärffeilen und zur Bearbeitung weicher Werkstoffe (Zinn, Zink, Blei, Aluminium usw.) benutzt. Der **Doppel-** oder **Kreuzhieb** (vgl. hierzu Abb. 79) 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.

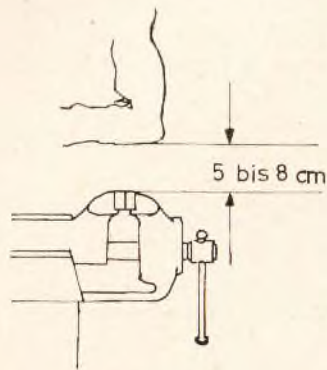
Ihrer Größe nach werden die Feilen eingeteilt in **Armfeilen**, **Handfeilen**, **Schlüsselfeilen** und **Nadelfeilen**. Abb. 81 zeigt die gebräuchlichsten Feilenarten.

Die gebräuchlichsten Feilenarten (Querschnitte)



(Abb. 81)

Beim Feilen wird das Werkstück in einen Parallelschraubstock (vgl. hierzu Abb. 70) eingespannt. Der Schraubstock hat die richtige Höhe, wenn seine Oberkante etwa



(Abb. 82)

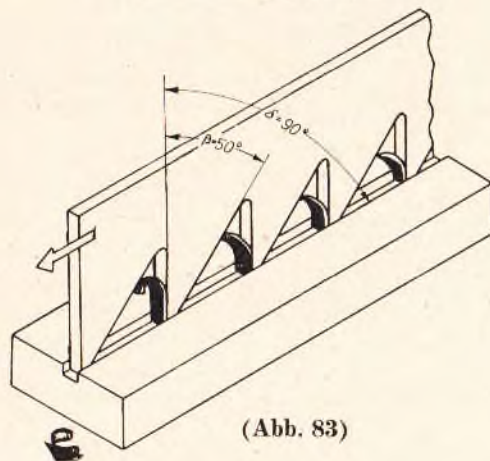
beim Vorstoßen der Feile ausgeübt werden. Die Bewegung erfolgt in Richtung der Feilenachse, wobei man die Feile um die halbe Feilenbreite nach rechts oder links verschiebt.

$\frac{1}{4}$ der Oberarmlänge (das sind 5 bis 8 cm) unter der Ellenbogenhöhe liegt (vgl. hierzu Abb. 82). 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. 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 Feilenende, 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

10.3. Sägen

Sägen werden zum **Trennen** von Werkstoffen und zum **Einschneiden** von Nuten und Schlitzten verwendet. Es gibt Sägen mit gestanzten und mit

Wirkungsweise der Säge



(Abb. 83)

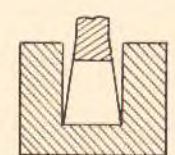
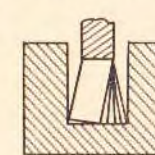
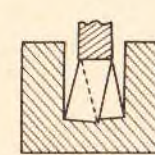
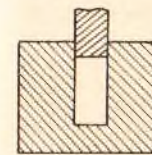
gefrästen **Zähnen**. Das Sägeblatt ist gehärtet; damit es nicht springt, ist es angelassen. Das **Sägeblatt** (vgl. hierzu Abb. 83) hat viele hintereinanderliegende Zähne mit meißelartigen Schneiden. Beim Sägen kommen die Zähne nacheinander zum Eingriff und nehmen dabei kleine Späne ab. Die Form und Größe der Zähne sind von großem Einfluß auf die Schnittleistung. Der Keilwinkel beträgt etwa 50° und der Schnittwinkel etwa 90° .

Die Spänchen werden von den Zahnluken 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 (vgl. hierzu Abb. 84a). Deshalb wird das Sägeblatt **geschränkt**, d. h. die Zähne sind abwechselnd nach rechts und nach links abgebogen (vgl. hierzu Abb. 84b). Ein Festklemmen des Sägeblattes wird auch durch ein **wellenförmig geschränktes Blatt** verhindert, d. h. eine Anzahl von Zähnen ist abwechselnd bogenförmig nach rechts und nach links gebogen (vgl. hierzu Abb. 84c). Außerdem werden noch **gestauchte Sägeblätter** verwendet (vgl. hierzu Abb. 84d).

Sägeblatt in Schnittfuge

Säge klemmt

Säge schneidet frei



a.

b.

c.

d.

(Abb. 84)

Die Wirkung der Säge wird verstärkt, je mehr Zähne sie hat und je größer der Druck ist, der auf sie wirkt. Das Ansägen läßt sich 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 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** (Trennscheiben) sind zahnlose, schnellumlaufende Scheiben aus Elektrokorund mit Kunstharzbindung. Diese **Reib-** oder **Schnelltrennsägen** brauchen nie geschärft zu werden.

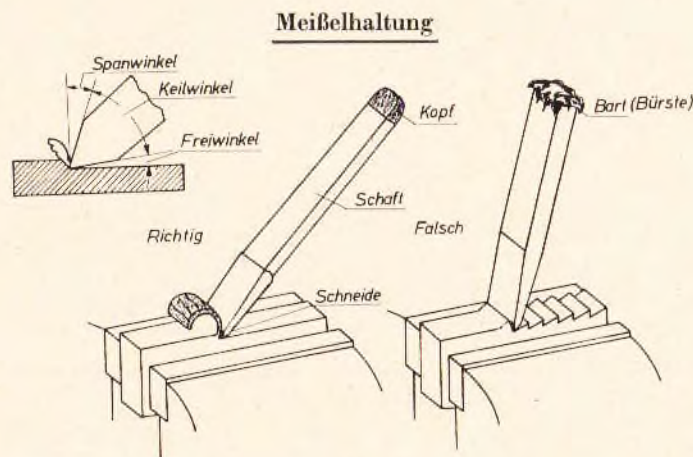
10.4. Schaben

Bei Werkstücken, die eine glatte, riefenfreie Oberfläche haben müssen (z. B. Führungs-, Gleit- und Dichtungsflächen), wird die verlangte Ober-

flächengüte 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.

10.5. Meißeln

Der **Meißel** dient zum Trennen und zur Spanabnahme. Er besteht aus **Schneide**, **Schaft** und **Kopf** (vgl. hierzu Abb. 85). Eine einwandfreie, richtig geschliffene Meißelschneide ist die Voraussetzung für eine saubere Arbeit.



(Abb. 85)

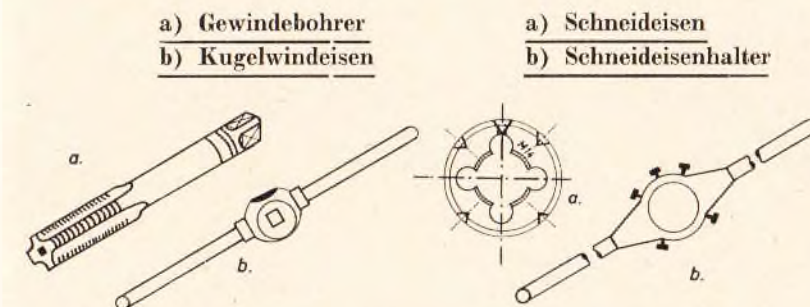
Bei flacher Haltung des Meißels entsteht ein kleinerer Freiwinkel; der Spanwinkel wird dabei größer und der Meißel hat das Bestreben, aus dem Werkstoff auszutreten. Durch Anheben des Meißels verkleinert sich der Spanwinkel bei gleichzeitiger Vergrößerung des Freiwinkels (vgl. hierzu Abb. 85). Bei zu steiler Meißelhaltung überschreitet der Freiwinkel den Mittelwert, der Meißel dringt zu tief in den Werkstoff ein.

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.

10.6. Gewindeschneiden

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



(Abb. 86)

(Abb. 87)

Zum **Schneiden von Innengewinden** wird der **Gewindebohrer** (vgl. hierzu Abb. 86) 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 unterbrochen. 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. 86 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. M5) trägt. Sie werden in der Reihenfolge dieser Kennzeichnung angewendet. Erst der Fertigschneider erzeugt ein voll ausgeschrittenes 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. Bohrerndurchmesser zum Bohren von Gewindekernlöchern sind aus Tabellen zu ersehen. Die Faustformel zur Ermittlung der Kerndurchmesser lautet: **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. Die meistens verwendeten **geschlossenen** Schneideisen (vgl. hierzu Abb. 87) ergeben ein einwandfreies maßhaltiges Gewinde. Der Steg des Schneideisens kann auch durchgeschliffen werden und ergibt dann ein **geschlitztes** Schneideisen, das in geringen Grenzen nachgestellt werden kann. 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 $\frac{3}{10}$ 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. **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!

10.7. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 10.

1. Nennen Sie die für den Vorgang der Spanabtrennung wichtigen Winkel an der Schneide des Werkzeuges und erläutern Sie sie! 2. Was versteht man unter Feilenhieb? 3. Nennen Sie die gebräuchlichsten Feilenarten und skizzieren Sie 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? 9. Wie heißen die Halter von Gewindebohrern und Schneideisen? 10. Warum ist der Handgewindebohrersatz dreiteilig? 11. Wie sind Schneideisen in den Halter einzusetzen? 12. Welche Schneideisen werden unterschieden?

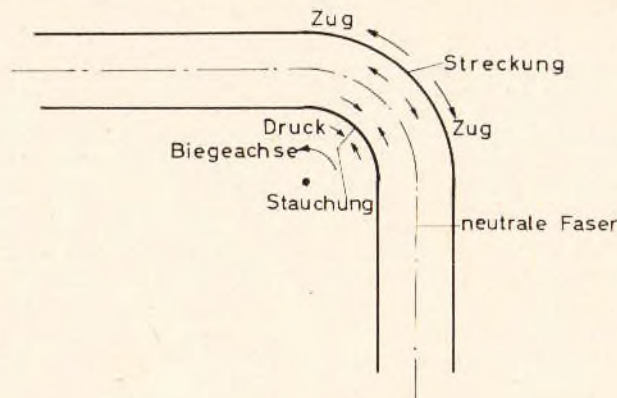
11. Spanlose Verformung

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

11.1. 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 entweder nach dem Augenmaß oder durch Prüfung mit dem Lineal oder Winkel. Draht läßt sich in den meisten Fällen durch **Recken** richten. Dazu wird ein Ende des Drahtes in den Schraubstock gespannt und am anderen Ende ein Stück Holz befestigt. Durch mehrmaliges, ruckartiges Anziehen streckt sich der Draht und wird gerade.

Beim **Biegen** eines Werkstoffes wird die äußere Faser gestreckt, die innere dagegen gestaucht (vgl. hierzu Abb. 88). 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



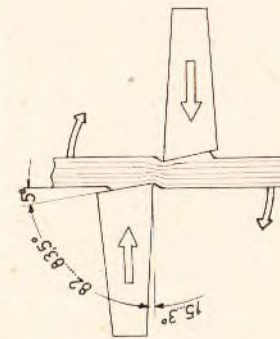
(Abb. 88)

achten; die Biegekante soll möglichst quer zur Walzrichtung liegen. Nach dem Biegen tritt je nach Werkstoff, Biegeradius und Walzrichtung eine Rückfederung ein. Das Werkstück muß deshalb überbogen werden, damit nach der Auffederung der gewünschte Biegewinkel bleibt. Schmale Werkstücke werden im Schraubstock, über die Kante des Ambosses 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 dient die **Blechkluppe** als Hilfswerkzeug zum Biegen. Diese wird mit dem einen Ende in einen Schraubstock gespannt, am anderen Ende klemmt eine Schraube oder ein Feilkloben das Werkstück 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.

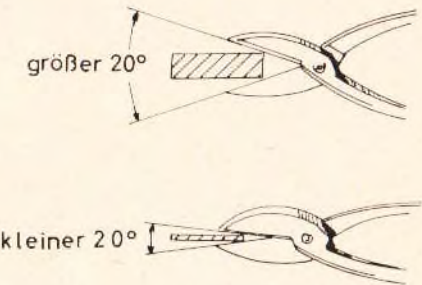
11.2. Schneiden und Scheren

Beim Schneiden setzt der Werkstoff den eindringenden Schermessern einen Widerstand entgegen, **Scherfestigkeit** genannt. Im Gegensatz zum Meißeln dringen hier **zwei** Messer gegeneinander in den Werkstoff ein. Die Schermesser durchschneiden im allgemeinen $\frac{6}{10}$ bis $\frac{7}{10}$ der Werkstoffdicke, dann erfolgt der Bruch. Die mittlere Scherfläche ist daher rau und zerrissen; der äußere Anschnitt ist glatt und sauber. Die Schneiden der Schermesser erhalten einen Spanwinkel von etwa 5° zur Erleichterung des Eindringens in den Werkstoff. Ein Freiwinkel von

Winkel an Schermessern



(Abb. 89)

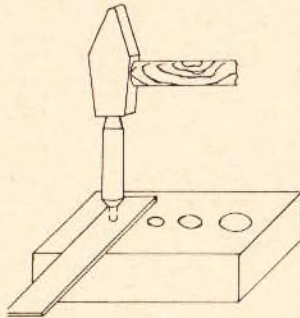


(Abb. 90)

$1,5$ bis 3° verringert die Reibung beim Durchschneiden. Der günstigste Keilwinkel liegt also zwischen 82 und $83,5^\circ$ (vgl. hierzu Abb. 89). 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 (vgl. hierzu Abb. 90). Die Schneiden von **Hebel-** und **Maschinenscheren** müssen sich aneinander vorbeibewegen, damit ein gegenseitiges Aufsetzen der Schermesser vermieden wird und keine Reibung der Schermesser aneinander entsteht. Der Abstand, mit dem sich die Schermesser aneinander vorbeibewegen, heißt **Schneidenspiel**. In fast jeder Werkstatt findet sich die **Hebelschere**. Sie schneidet Bleche bis zu 6 mm Dicke. Das Verkanten des Bleches wird durch einen verstellbaren **Niederhalter** verhindert.

11.3. Lochen

Beim Lochen spielt sich ein dem Scheren ähnlicher Vorgang ab. Der Werkstoff wird zunächst angeschnitten, dann gestaucht und schließlich durchgeschnitten. Zum Herstellen von Löchern geringerer Genauigkeit findet der **Durchschlag** Verwendung. Er hat die Form des herzustellenden Loches. Als Unterlage genügt ein Hartholzklötz oder eine Bleiplatte. Die mit einem Durchschlag gelochten Bleche sind oft verbent; das Loch ist ausgerissen und nicht gratfrei. Dieser Nachteil wird bei Verwendung einer **Lochplatte** (vgl. hierzu Abb. 91) vermieden. Der Lochstempel muß

Lochen mit Lochplatte

(Abb. 91)

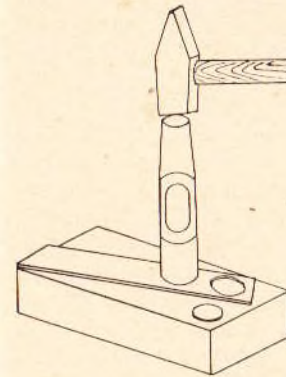
etwas kleiner sein als der Durchbruch der Lochplatte. Zum Lochen dickerer Werkstücke werden **Handhebelpressen** oder **Maschinenpressen** eingesetzt.

11.4. Stanzen

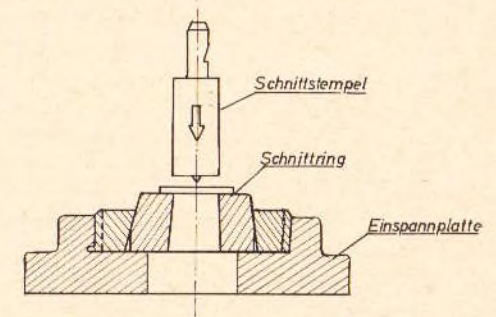
In der **Stanzereitechnik** gibt es Werkzeuge, die den Werkstoff trennen oder schneiden, sogenannte **Schnitte**. Werkzeuge, die den Werkstoff nur verformen, werden als **Stanzen** bezeichnet. Zum Ziehen dienen die **Ziehwerkzeuge**.

Das einzige noch von Hand zu bedienende Werkzeug ist das **Locheisen** (vgl. hierzu Abb. 92). Alle anderen Werkzeuge sind in mehr oder weniger große Pressen eingebaut. Der Vollständigkeit wegen sollen aber einige Beispiele skizziert werden: Das **Locheisen** wird nur für untergeordnete Zwecke und zum Ausschneiden von Scheiben aus Leder oder Pappe benutzt. Der **Freischnitt** (vgl. hierzu Abb. 93) besteht aus **Schnittstempel** und **Schnittplatte**; er wird zum Ausschneiden großer Scheiben verwendet. Die **Biegestanze** (vgl. hierzu Abb. 94) 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**.

Mit dem **Ziehwerkzeug** (vgl. hierzu Abb. 95) werden Hohlkörper hergestellt. Es besteht im wesentlichen aus **Ziehstempel**, **Niederhalter**, **Ziehring** und **Aufnahme**. Bei tiefen Hohlkörpern sind mehrere Ziehstufen und ebenso viele Ziehwerkzeuge erforderlich.

Locheisen

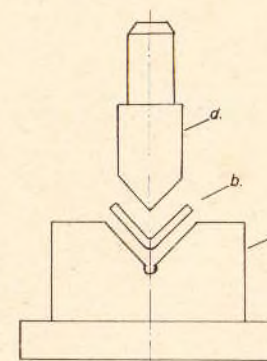
(Abb. 92)

Freischnitt

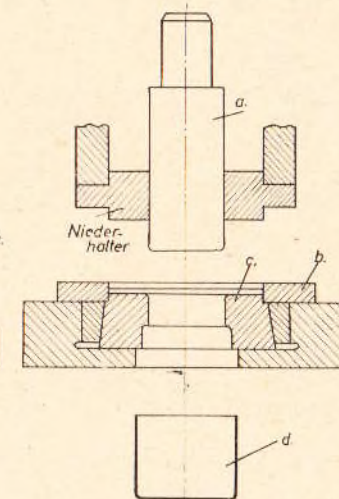
(Abb. 93)

BiegestanzeZiehwerkzeug

- a) Oberstempel c) Unterstempel a) Ziehstempel c) Ziehring
b) Werkstück b) Aufnahme d) fertiges Teil



(Abb. 94)

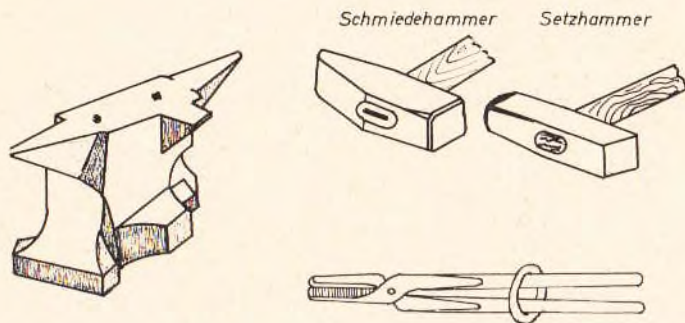


(Abb. 95)

11.5. Schmieden

Das Schmieden ist eine Warmbehandlung von Metall. Die Form schmiedbarer Werkstoffe wird dabei unter Anwendung von Schlag und Druck spanlos verändert. Die wichtigsten schmiedbaren Metalle sind: Stahl, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Kupfer, Messing und Bronze. Der am meisten geschmiedete Werkstoff ist Stahl, die weiteren Ausführungen beziehen sich deshalb darauf. 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** (vgl. hierzu Abb. 96) sowie verschiedene **Zangen** und **Hämmer** (vgl. hierzu Abb. 97).

Schmiedewerkzeuge



(Abb. 96)

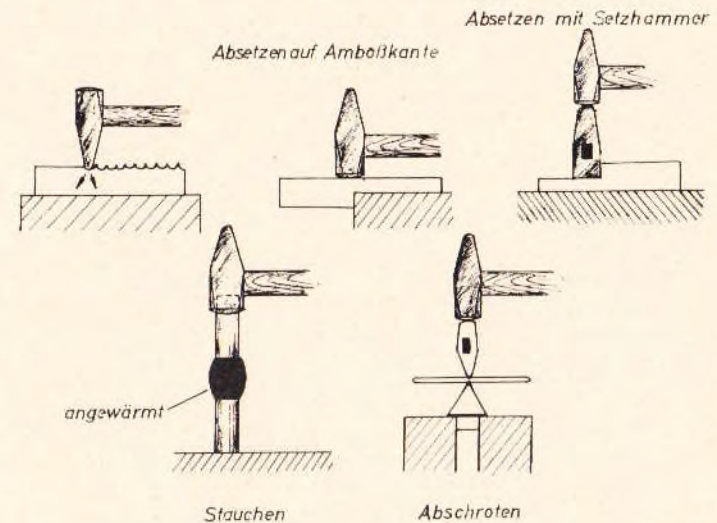
(Abb. 97)

Es wird zwischen Freiformschmieden und Gesenkschmieden unterschieden. 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.

Abb. 98 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

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

Arbeitsvorgänge beim Schmieden



(Abb. 98)

11.6. Federnwickeln

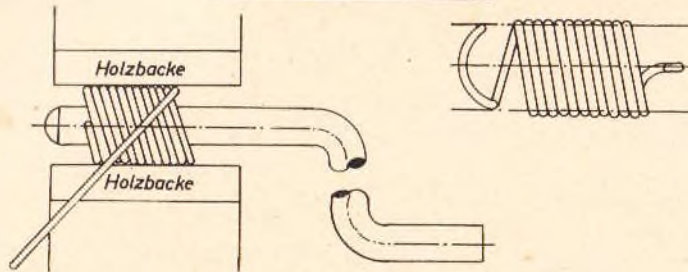
Federn haben die Aufgabe, Maschinenteile elastisch miteinander zu verbinden. Sie dienen auch zum Auffangen von Stößen (Stoßdämpfer) und als Kraftspeicher.

Je nach ihrem Verwendungszweck wird zwischen folgenden Arten von Federn unterschieden:

1. **Spiralfedern** (Antrieb von Spielzeug, Uhren usw.),
2. **Verdrehungsfedern** (Gepäckhalter beim Fahrrad),
3. **Blatfedern** (Tragfedern beim Kraftfahrzeug) und
4. **Schraubenfedern** (Tragfedern bei Eisenbahnwaggons).

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

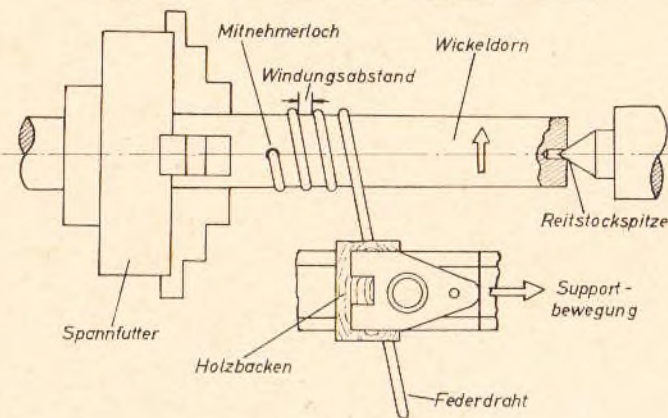


(Abb. 99)

Abb. 99 zeigt das Wickeln einer Zugfeder im Schraubstock. Hierbei wird der Wickeldorn, der die Form einer Kurbel hat, zwischen zwei Holzbacken in den Schraubstock eingespannt. Auf den Dorn wird dann der Federdraht aufgewickelt. Die Auffederung ist so gering, daß sie unberücksichtigt bleiben kann.

Beim Wickeln der Feder auf der Drehbank (vgl. hierzu Abb. 100) ist der Wickeldorn zwischen den Spitzen oder im Spannfutter eingespannt. Der Federdraht wird in das Mitnehmerloch des Wickeldornes eingeführt und die Feder bei langsam laufender Maschine durch Bewegen des Supports gewickelt. Die Steigung der Druckfeder

Wickeln einer Druckfeder auf der Drehbank



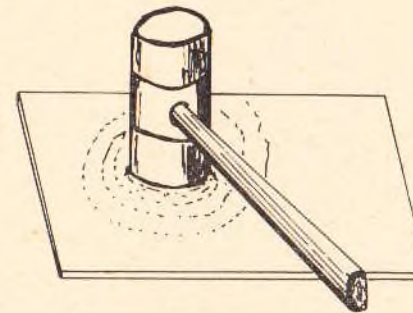
(Abb. 100)

bestimmt der Vorschub. Der gewünschte Windungsabstand läßt sich 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. Es entsteht hierdurch eine gleichmäßige Druckfläche. Bei einer Zugfeder werden die beiden Enden der Feder aufgebogen.

11.7. Blechbearbeitung

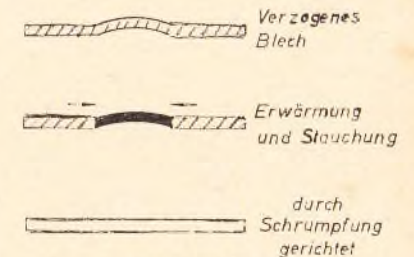
Das Wesentliche ist schon im Abschnitt 11.1., Richten und Biegen, gesagt worden. Die Beschreibung von Arbeitsvorgängen wie **Bördeln**, **Sicken**, **Falzen**, **Träben**, **Ziselieren**, **Drücken** würde hier zu weit gehen. Auf das Spannen und Richten von Blechen soll jedoch etwas näher eingegangen werden.

Spannen von Blech



(Abb. 101)

Flammrichten durch Schrumpfung



(Abb. 102)

Durch Transport oder Lagerung entstandene Verformungen lassen sich durch **Spannen** des Bleches wieder beseitigen. Beulen verschwinden durch **Strecken** des Bleches am Rande der Beule. Dabei werden Hammerschläge spiralförmig von innen nach außen um die Beule geführt (vgl. hierzu Abb. 101). 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 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 (vgl. hierzu Abb. 102).

11.8. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 11.

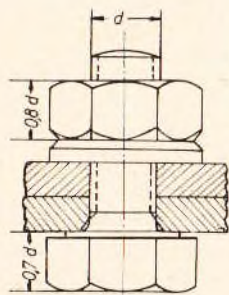
1. Erklären Sie anhand einer Skizze die beim Biegevorgang am Werkstück auftretenden Kräfte! 2. Worauf ist beim Scheren zu achten? 3. Welche Werkzeuge werden beim Loehen von Hand benutzt? 4. Erklären Sie den Unterschied zwischen Schnitt-, Stanz- und Ziehwerkzeugen in der Stanzereistechnik! 5. Wodurch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

12. Verbindungen

12.1. Schraubenverbindungen

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

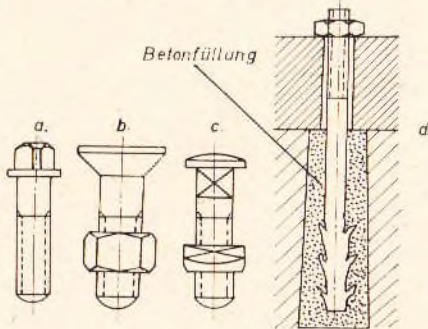
Sechskantschraube mit Mutter



(Abb. 103)

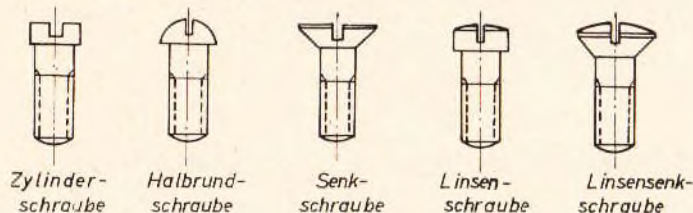
Schraubenarten

- Vierkantschraube
- Senkschraube
- Flachrundschrabe
- Steinschraube



(Abb. 104)

Schlitzschrauben

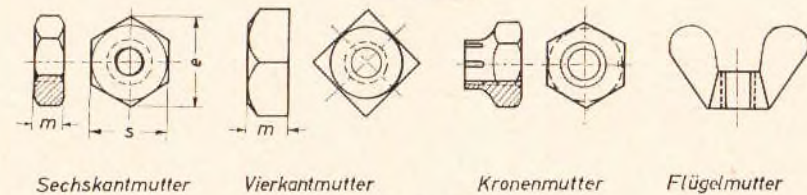


(Abb. 105)

Abb. 103 bis 105 zeigen die gebräuchlichsten Schrauben. Neben den dargestellten Arten gibt es u. a. noch Paß-, Stift-, Blech- und Holzschrauben.

Abb. 106 zeigt die am häufigsten verwendeten Muttern. Außerdem werden noch Hut-, Rändel-, Überwurf-, Nut-, Kreuzloch- und Anniutmtern verwendet.

Muttern



(Abb. 106)

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

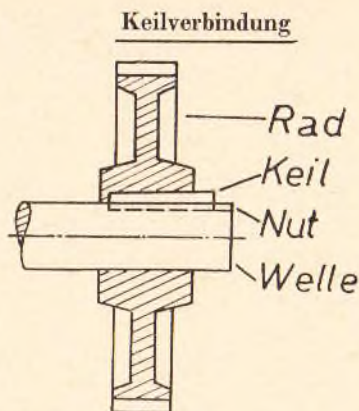
Zum Anziehen der Schlitzschrauben dient der Schraubenzieher, auch Schraubendreher genannt. Zur Schonung der Schraubenschlitze muß der Schraubenzieher die richtige Dicke und Breite haben und flach und nicht keilförmig angeschliffen sein. Zum Anziehen der Muttern und Schrauben mit Sechskantkopf dürfen nur gut passende Schraubenschlüssel verwendet werden. Bei Benutzung zu großer Schlüssel werden die Muttern und Schraubenköpfe beschädigt; außerdem können durch Abgleiten des Schraubenschlüssels Unfälle verursacht werden. Die gebräuchlichsten Schraubenschlüssel sind: Sechskant-, Steck-, Gabelsteck-, Haken- und Ringschlüssel.

12.2. Stifte

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

12.3. Keile und Federn

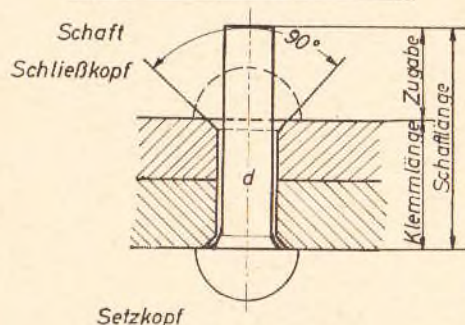
Keile und Federn dienen zur Verbindung von Welle und Nabe. Sie haben die Aufgabe, ein Verdrehen der Nabe auf der Welle zu verhindern (vgl. hierzu Abb. 107). Der Keil sichert gleichzeitig die Nabe gegen ein Verschieben in der Längsachse. Der Keil stellt die einfachste mechanische Anwendung der schiefen Ebene dar.



(Abb. 107)

12.4. Nietverbindungen

Bezeichnungen an einem Niet



(Abb. 108)

Die Nietverbindung ist eine feste Verbindung, die ohne Zerstörung des Nieses nicht zu lösen ist. Der Niet ist ein einfaches und billiges Verbindungselement. Er besteht aus Setzkopf, Schaft und Schließkopf. Der Schließkopf wird aus dem vorstehenden Ende des Schaftes in kaltem oder glühendem Zustand gebildet (vgl. hierzu Abb. 108). Die Formen und Abmessungen der Nies sind genormt.

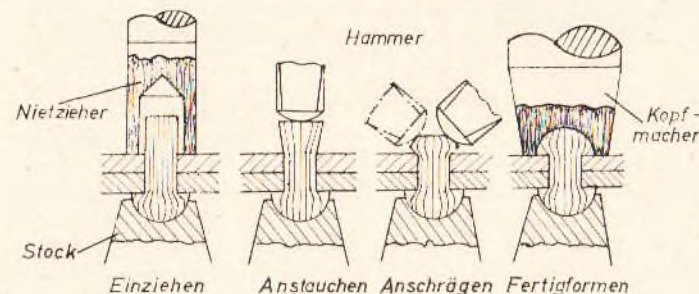
Blechniete haben einen Schaftdurchmesser unter 10 mm, Nies mit einem Schaftdurchmesser von 10 bis 43 mm heißen **Kessel- und Stahlbauniete**. Der Schaft des Kessel- und Stahlbaunies ist kegelig, damit er besser in das Nietloch eingeführt werden kann. Die **Kopfformen** bestimmen die Verwendungszweck; 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. gibt es **Sonderniete**, wie **Hohniete**, **Sprengniete**, **Pilzniete**, **Riemenniete** und andere. Die einfachste und gebräuchlichste Verbindung

ist die **Überlappungsnetzung**, hierbei werden Bleche mit ihren Rändern übereinandergelegt und vernietet. Es gibt die ein- und die zweireihige Überlappungsnetzung. Bei der **Laschennietung** werden die gegeneinanderstoßenden Bleche mit einer über den „Stoß“ gelegten Lasche vernietet (einreihige, einfache Laschennietung). Liegt **unter und über** den zu verbindenden Blechen je eine Lasche, so wird die Netzung als einreihige Doppellaschennietung bezeichnet.

Abb. 109 zeigt die Arbeitsgänge bei einer Nietung. Die zu nietenden Werkstücke werden ausgerichtet und mit Feilkloben oder Schraubzwingen zusammengespant. Die Löcher dürfen nur so groß sein, daß die Nies leicht eingeführt werden können. Die Lochränder werden angesenkt, damit die Niesköpfe gleichmäßig anliegen. Der Niet wird in das Nietloch eingeführt und der Setzkopf auf einen Setzstock aufgelegt. Mit Hilfe eines Nietziehers werden die Teile zusammengedrückt. Dann wird mit der Bahn des Nieshammers der Nieschaft durch senkrechte Schläge vorgestaucht und der Schließkopf durch schräge Hammerschläge vorgeformt. Mit einem Kopf-

Arbeitsvorgänge einer Nietung



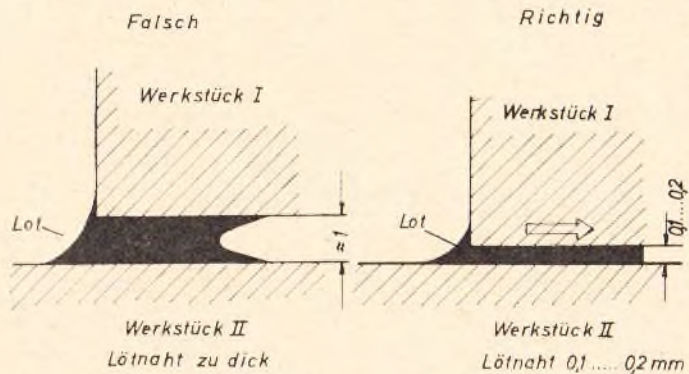
(Abb. 109)

macher wird der Schließkopf fertig geformt. Nies unter 8 mm Durchmesser werden **kalt genietet**. Stahlniete über 8 mm Durchmesser und Nies für Verbindungen, die fest und dicht sein sollen, werden **warm genietet**. Das **Lösen einer Nietverbindung** kann nur durch Zerstören des Nieses erfolgen. Dies geschieht entweder durch Abmeißeln, Abbrennen oder Anbohren des Kopfes und Austreiben des Schaftes mit dem Durchschlag.

12.5. 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 (vgl. hierzu Abb. 110). Der Schmelzpunkt des Lotes muß immer niedriger sein als der der zu lötenden Metalle (über Lote siehe Abschnitte 2.1. und 2.2.).



(Abb. 110)

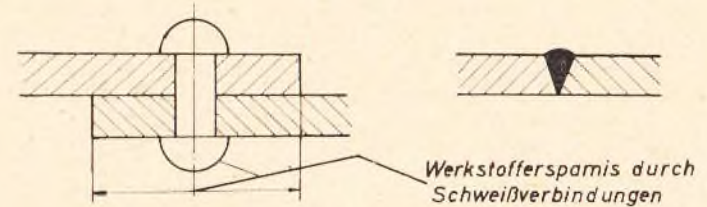
Flußmittel haben die Aufgabe, die Oxydhäute vom Metall zu lösen und die blanke Metallfläche während des Lötvorganges vor erneuter Oxydation zu schützen. Als Flußmittel werden verwendet: Lötwasser, Lötfett, Kolophonium, Stearin und Talg zum Weichlöten; gebrannter Borax sowie Streuborax zum Hartlöten; 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 fließt das Lot nicht; bei überhitztem Kolben verbrennt es, die Lötnaht wird rau und körnig.

Werden an die Lötnaht hohe Ansprüche gestellt, so wird die **Hartlötung** angewendet. In der Werkstatt dienen **Lötpistole**, **Lötlampe** oder **Schweißbrenner** als Wärmequelle, in größeren Betrieben **Gas-**, **Muffel-** oder **Elektroöfen**. Die Lötflächen werden mit dem Flußmittel (z. B. Borax) bestrichen und so lange erwärmt, bis das Kupferlot schmilzt und in die Lötfläche einläuft. Die Werkstückteile werden dabei fest aneinandergedrückt; dabei ergibt sich dann eine dünne Lötfläche (vgl. hierzu Abschnitt 14.4.6.3.1., Herstellung von bestückten Stählen).

12.6. Schweißverbindungen

Schweißen ist das Verbinden von meistens gleichartigen Metallen, die sich dabei an der Schweißstelle in teigigem oder flüssigem Zustand befinden. Beim Schweißen wird gegenüber anderen Verbindungsarten erheblich an Werkstoff gespart (vgl. hierzu Abb. 111). Die Schweißung ist die beste unlösbare Verbindungsart für Metalle. Mit einer gut ausgeführten Schweißung wird eine feste, dichte und korrosionsbeständige Verbindung der Grundmetalle erreicht.



(Abb. 111)

12.6.1. 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** (vgl. hierzu Abschnitt 6.5.3., Polyvinylchlorid); es erreicht bei Verbrennung mit Sauerstoff Temperaturen von etwa 3300 °C. **Wasserstoff** wird hauptsächlich zum Schneiden, selten zum Schweißen, 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).

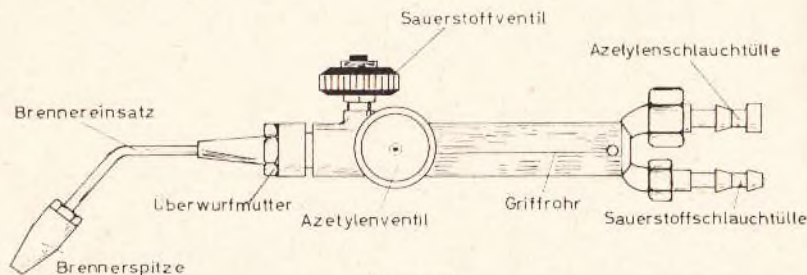
12.6.1.1. Gasflaschen

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

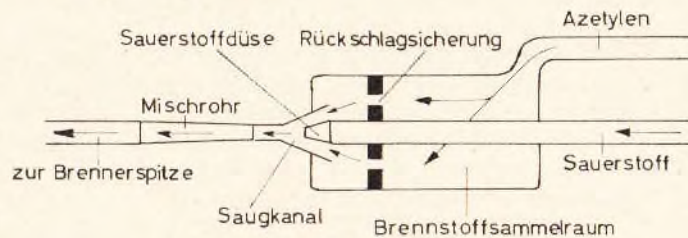
12.6.1.2. Schweißbrenner

Im **Schweißbrenner** werden der Sauerstoff und das Brenngas im richtigen Verhältnis gemischt. Fast alle Schweißbrenner sind **Wechselschweißbrenner** (vgl. hierzu Abb. 112), auf deren **Griffrohr** verschiedene **Brennereinsätze** aufgeschraubt werden können. Der Schweißbereich richtet sich nach der Werkstoffdicke und ist auf jedem Einsatz angegeben (z. B.



(Abb. 112)

2 bis 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 (vgl. hierzu Abb. 113).



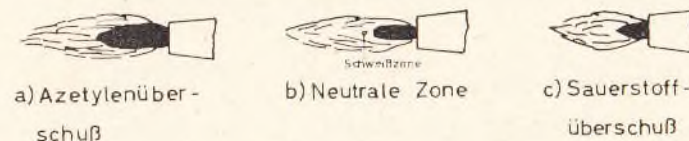
(Abb. 113)

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 **zunächst** 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.

12.6.1.3. Schweißflamme

Nach dem Anzünden hat die Schweißflamme bei voll geöffnetem Gasventil einen gelbweißen, verschwommenen Flammenkegel (vgl. hierzu Abb. 114a). Beim Schweißen mit einer solchen Flamme würde die Schweißnaht verkohlen, Stahl würde spröde und hart werden. Deshalb wird die Gaszufuhr so lange gedrosselt, bis ein langer, scharf abgegrenzter,

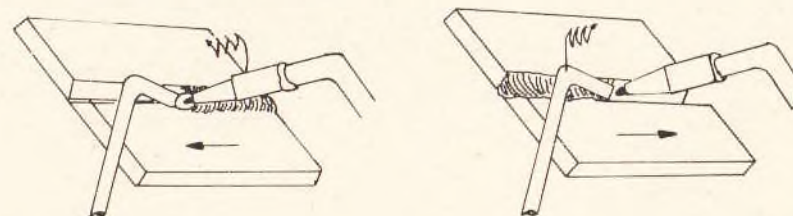


(Abb. 114 a-c)

weißleuchtender Flammenkegel entstanden ist (vgl. hierzu Abb. 114b). 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 (vgl. hierzu Abb. 114c). Der Werkstoff würde verbrennen, was durch starkes Funksprühen angezeigt wird. Außerdem würden sich Schlackeneinflüsse in der Schweißnaht bilden.

12.6.1.4. Schweißnaht

Es wird zwischen Nachlinks- und Nachrechtsschweißung unterschieden. Bei dünnen Blechen, bis zu 4 mm Dicke, wird die **Nachlinksschweißung** angewandt (vgl. hierzu Abb. 115 a). Der Schweißdraht wird geradlinig vor der Flamme geführt, während der Brenner halbkreisförmig bewegt wird.



a) Nachlinksschweißung

b) Nachrechtsschweißung

(Abb. 115 a u. b)

Bei Blechen über 4 mm Dicke findet die **Nachrechtsschweißung** Anwendung (vgl. hierzu Abb. 115 b). Der Schweißdraht wird **hinter** der Flamme in halbkreisförmigen Schürfbewegungen geführt, während der Brenner

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

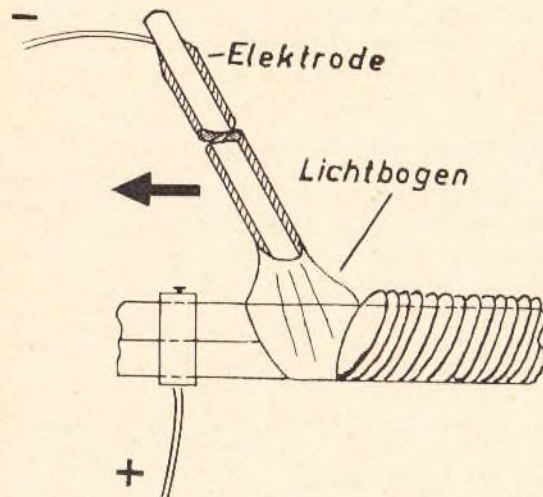
Merke:

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!

12.6.2. 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.

12.6.2.1. Lichtbogenschweißen

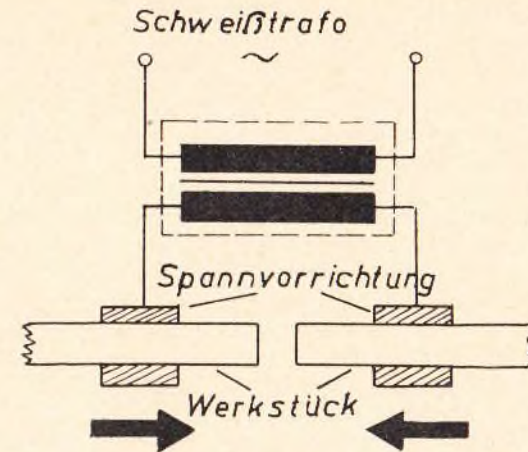


(Abb. 116)

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. 116 zeigt das Schema einer Lichtbogenschweißanlage.

12.6.2.2. Widerstandsschweißen

Beim **Widerstandsschweißen** wird eine Spannung von etwa 10 Volt an zwei aneinanderstoßende Werkstücke gelegt. An der Übergangsstelle ist der Widerstand größer als in den Werkstücken, es entsteht hier durch



(Abb. 117)

Punkt- und Nahtschweißen unterschieden. Die Punktschweißung findet vorwiegend im Apparate- und Automobilbau Anwendung, die Nahtschweißung bei der Rohrherstellung.

den hohen Strom in kürzester Zeit eine starke Erwärmung. Ist die erforderliche Schweißwärme erreicht, so wird die Schweißung durch Zusammendrücken der beiden Werkstücke vollzogen. Abb. 117 zeigt das Schema einer Widerstandsschweißung.

Die Widerstandsschweißung wird bei Massenfertigung angewandt. Sie wird mit **Schweißmaschinen** durchgeführt, dabei werden **Stumpf-**

12.7. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 12.

1. Nennen Sie die wichtigsten Schrauben und Muttern! 2. Wozu werden Keile und Federn verwendet? 3. Wodurch unterscheidet sich die Überlappungs- von der Laschenvernietung? 4. Beschreiben Sie den Arbeitsvorgang des Nietens anhand einer Skizze! 5. Was ist Lötten? 6. Was ist der Unterschied zwischen Weich- und Hartlötten? 7. Woran erkennt man eine Sauerstoff-Flasche und woran eine Azetylenflasche? 8. Erklären Sie die Wirkungsweise eines Schweißbrenners! 9. Welche Merkmale hat eine richtig eingestellte Schweißflamme? 10. Wann wird die Nachlinks- und wann die Nachrechtsschweißung angewandt? 11. Was ist zur Unfallverhütung beim Gasschmelzschweißen unbedingt zu beachten? 12. Was ist unter Lichtbogen- und was unter Widerstandsschweißen zu verstehen?

13. 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.

13.1. Behandlung der Stähle

13.1.1. Glühen

Stahl wird **geglüht** durch langsames Erwärmen auf eine bestimmte Temperatur und anschließendes langsames Abkühlen. 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. Oft ist dazu eine **Schutzgasatmosphäre** erforderlich (12% Wasserstoff, 6% Kohlenoxyd, 6,5% Kohlensäure, Rest Stickstoff), um Gefügeänderungen an der Oberfläche von Blechen vorzubeugen. Ohne Schutzgas würde der Luftsauerstoff den Kohlenstoffgehalt reduzieren und dadurch eine raue Oberfläche herbeiführen (vgl. hierzu Abschnitt 1.6.1.2., Kaltwalzverfahren).

13.1.2. Härten

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

Anlassen ist ein Wiedererwärmen und Abschrecken bei einer gewünschten Gefügestruktur, die an der Anlaßfarbe auf blankem Stahl erkennbar ist. 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 dann die für seinen Verwendungszweck richtige Härte und Zähigkeit bekommen. Glüh- und Anlaßfarben sind in Tabellen zusammengefaßt.

13.2. Behandlung der Leichtmetalle

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

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

13.3. 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 durch Überstreichen mit mäßiger Flamme unter ständigem Ändern der Richtung erwärmt. Dieses Verfahren wird nur zum Richten verbogener Stücke angewandt. Über Warmverformung von Kunststoff-Halbzeugen siehe Abschnitt 6.7.5.

13.4. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 13.

1. Beschreiben Sie 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?

14. Werkzeugmaschinen

14.1. Allgemeines

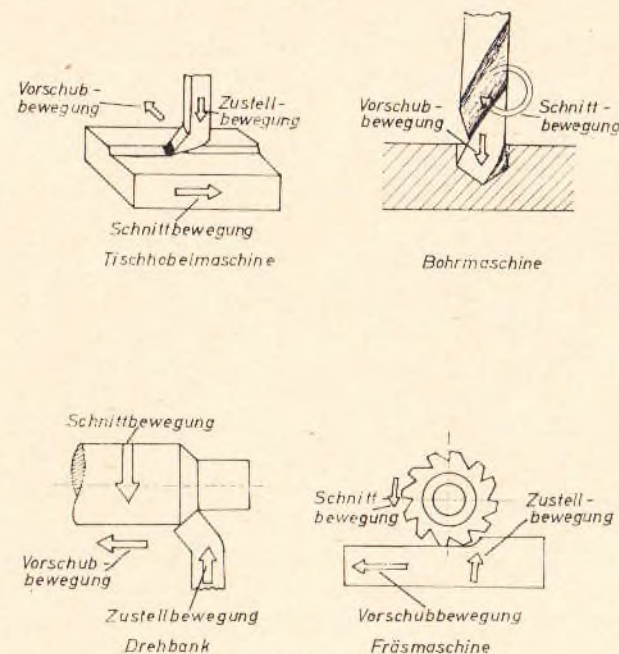
Maschinen zur spanabhebenden Bearbeitung oder spanlosen Verformung von Werkstücken werden **Werkzeugmaschinen** genannt. Die Maschinen sind nach dem **Bearbeitungsverfahren** benannt, für das sie konstruiert wurden: **Drehbank, Fräsmaschine, Hobelmaschine, Schleifmaschine, Bohrmaschine, Pressen, Stanzen,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

14.2. Bewegungsvorgänge

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

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 (vgl. hierzu Abb. 118). Die Geschwindigkeit der Hauptbewegung ist die **Schnittgeschwindigkeit**, 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 an der Maschine erleichtert das genaue Einstellen der Spantiefe.

Bewegungsvorgänge



(Abb. 118)

14.3. Getriebe

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 Werkzeugmaschinen müssen die Drehzahlen der Arbeits- und Vorschubspindeln möglichst feinstufig oder sogar stufenlos regelbar sein.

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. **Zahnradgetriebe** gibt es als Stufenrädergetriebe, Schwenkrädergetriebe und Ziehkeilgetriebe. Die gewünschte Drehzahl wird beim **Stufenrädergetriebe** erzielt, indem die entsprechenden Räder durch seitliches Verschieben eingestellt werden. Bei **Schwenkrädergetriebe** werden Zahnräder durch Schwenken der einen Zahnradachse in radialer Richtung eingestellt. Zu diesen Getriebe zählen die **Zahnrad-**

vorgelege 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.

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.

14.4. Arbeitsgänge

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

14.4.1. Bohren

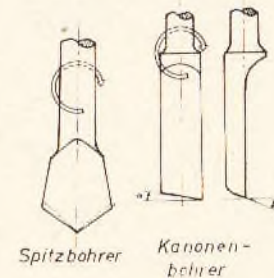
Das **Bohren** ist eine spanabhebende Verformung eines Werkstückes; es dient zur Herstellung von runden Löchern durch schneidende Werkzeuge. In der Regel dreht sich beim Bohren das Werkzeug, es wird in Richtung seiner Achse gegen das stillstehende Werkstück vorgeschoben. Das Bohrwerkzeug führt die Schnittbewegung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

14.4.1.1. Bohrwerkzeuge

Bei allen Bohrwerkzeugen ist die Grundform der Schneiden der Keil. Die wichtigsten Bohrwerkzeuge sind: **Spitzbohrer**, **Spiralbohrer**, **Kanonbohrer**, **Tieflochbohrer**, **Zentrierbohrer**, **Steinbohrer** 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** (vgl. hierzu Abb. 120); seine besonderen Vorteile sind:

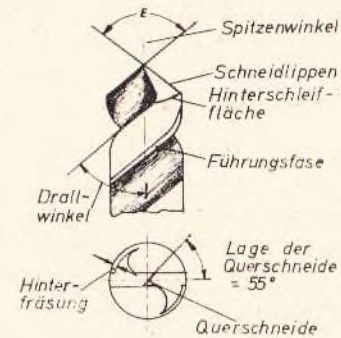
- günstige Winkel an den Schneiden,
- gleichbleibender Durchmesser beim Nachschleifen,
- gute Führung im Werkstück,
- gute Einspannmöglichkeit und
- selbsttätige Spanabfuhr aus der Bohrung.

Spitzbohrer und Kanonenbohrer



(Abb. 119)

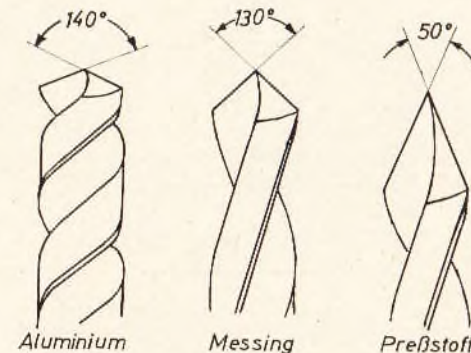
Spiralbohrer



(Abb. 120)

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** (vgl. hierzu Abb. 120). Der Spitzenwinkel und die Drallsteigung müssen der zu bearbeitenden Werkstoffart angepaßt sein. Abb. 121 zeigt Bohrer für Aluminium, Messing und Preßstoffe.

Sonderbohrer



(Abb. 121)

Große Drallsteigung ergibt kleinen, kleine Drallsteigung großen Spitzenwinkel. Ein Spiralbohrer für Gußeisen- und Stahlbearbeitung hat einen Spitzenwinkel von 116 bis 118°. Der **Kanonbohrer** wird zum Herstellen genauer Bohrungen verwendet. Zum Zentrieren von Werk-

stücken, die zwischen Spitzen zu bearbeiten sind, dient der **Zentrierbohrer**. **Steinbohrer** werden als **Dreikantbohrer**, **Kronenbohrer** oder **Spiralbohrer mit Hartmetallschneiden** gefertigt. Für die Herstellung von Hartmetallbohrern gilt der Abschnitt 14.4.6.3.1., Herstellen von bestückten Stählen, sinngemäß. Hartmetallbohrer werden wegen der hohen Schleifwirkung von Stein bevorzugt.

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 und ungleiche Schneidwinkel.

Bohrerbrüche können entstehen bei:

1. zu großem Vorschub,
2. zu hoher Schnittgeschwindigkeit,
3. zu stumpfem Bohrer,
4. falschem Anschliff des Bohrers,
5. abgenutzter Führungsfase (Bohrer klemmt),
6. ungenügender Spanabfuhr (bei tiefen Löchern),
7. ungenau eingespanntem Werkstück und
8. bei schlecht festgehaltenem Werkstück u. a. m.

14.4.1.2. Bohrmaschinen

Brustleier (Bohrwinde) und **Drillbohrer** sind die einfachsten Bohrmaschinen. Die **Bohrknarre** wird zum Anbohren großer Teile und für Löcher an schlecht zugänglichen Stellen verwendet. Heute werden nur noch selten handgetriebene Bohrmaschinen benutzt, sondern vorwiegend **elektrisch angetriebene Handbohrmaschinen** (vgl. hierzu Abb. 122); sie sind auch im Fernmeldebaudienst ein Universalgerät. Weil die Bohrmaschinen meistens beim Einrichten von Fernsprechan Schlüssen zum Herstellen von Mauerdurchbrüchen gebraucht werden, sind die Fernmeldebautrupps und Sprechstelleneinrichtergruppen vorwiegend mit **Schlagbohrmaschinen** ausgerüstet. Bei diesen Geräten ist ganz besonders auf gute Erdung der Maschine und Auswechslung schadhafter Stecker und Kabel zu achten, weil es sonst oft zu schweren Unfällen kommen kann!

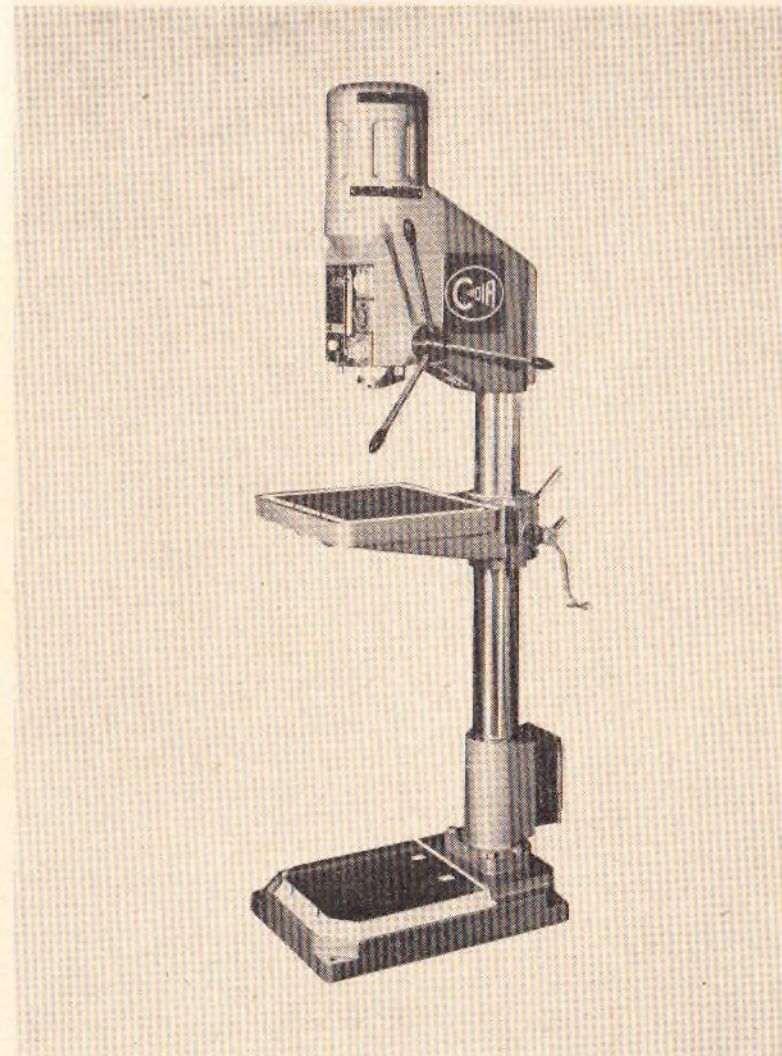
Handbohrmaschine



(Abb. 122)

(Werkfoto Fein)

Ständerbohrmaschine



(Abb. 123)

(Werkfoto Cordes u. Sluiter)

Tischbohrmaschinen werden in der Werkstatt meist auf Werkbänken angebracht. Mit ihnen werden Bohrungen bis zu 10 mm Durchmesser ausgeführt. Zum Bohren größerer Löcher werden **Säulen-** oder **Ständerbohrmaschinen** (vgl. hierzu Abb. 123) verwendet. Der Tisch dieser Maschinen ist vertikal verstellbar und meistens auch noch schwenkbar.

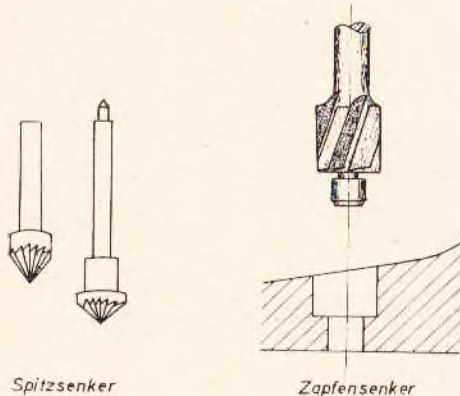
Bei der Säulenbohrmaschine wird die Bohrspindel durch eine Zahnstange axial bewegt. Bei tiefen Bohrungen tritt die Spindel weit aus ihrer Lagerung heraus; der Bohrer kann verlaufen. Bei der Ständerbohrmaschine bewirkt ein am Ständer geführter Schlitten den Vorschub. Dadurch wird auch bei tiefen Löchern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

14.4.1.3. Spannen der Werkstücke

Bei Bohrarbeiten ist stets darauf zu achten, daß die Werkstücke vom Bohrwerkzeug nicht mitgerissen werden können! Bleche sind beim Bohren mit dem Feilkolben zu halten, kleinere Teile sind am besten in den Maschinenschraubstock einzuspannen. Große und sperrige Teile werden mit Spannpratzen und Spannschrauben auf dem Bohrtisch befestigt. Beim Bohren von Durchgangslöchern sind Unterlagen zu verwenden, damit nicht der Bohrtisch angebohrt wird. Wenn die anzubohrende Werkstückfläche schräg zur 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.

14.4.2. Senken

Senker



(Abb. 124)

75° für Nietköpfe und 90° oder 120° für Senk- und Linsenkopfschrauben sowie Blechniete. Zapfensenker (vgl. hierzu Abb. 124) finden Ver-

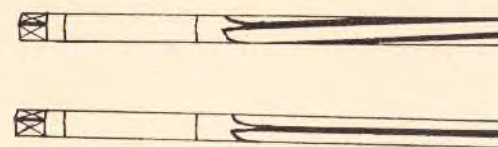
wendung zum Entgraten von Bohrungen und zum Herstellen von Aussenkungen für Schraubenköpfe, Niete usw. werden die Werkstücke **angesenkt**. Für die verschiedenen Arbeitsgänge gibt es besondere Senker, u. a. den Spitzsenker, Zapfensenker und Spiralsenker. Der Spitzsenker oder Krauskopf (vgl. hierzu Abb. 124) 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,

wendung zum Einsetzen von Schraubenköpfen und zur Herstellung von ebenen Auflageflächen für Schraubenköpfe und Muttern bei Gußstücken. Der Zapfen dient zur Führung im vorgebohrten Loch. Außerdem gibt es noch Spiralsenker; sie werden zum Fertigbohren von vorgebohrten oder vorgegossenen Löchern benutzt, wenn besonders saubere Lochwandungen verlangt werden.

14.4.3. 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. Es gibt Reibahlen mit

Gerade und schraubenförmig verzahnte Hand-Reibahlen



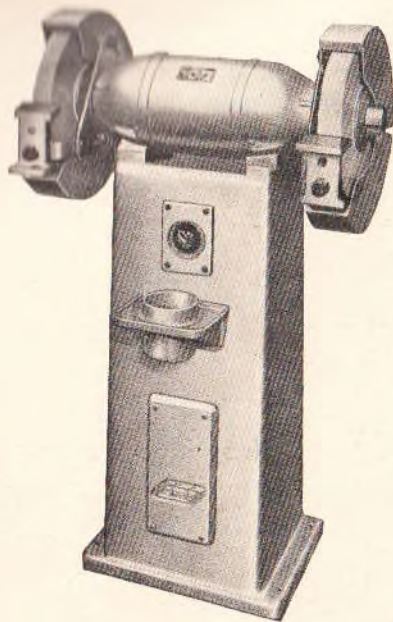
(Abb. 125)

geraden oder schraubenförmigen Zähnen. Handreibahlen haben am Schaftende einen Vierkant zur Aufnahme des Windeisens (vgl. hierzu Abb. 125). Je nach dem Verwendungszweck werden Hand- und Maschinenreibahlen, Pendel-, Aufsteck- und Kegelreibahlen sowie feste und verstellbare Reibahlen unterschieden.

14.4.4. Schleifen

Das Schleifen von Maschinenteilen ist ein wichtiges Metallbearbeitungsverfahren durch Spanabnahme. Es gibt Rund- und Flächenschleifmaschinen. Abb. 126 zeigt den in den meisten Werkstätten zum Anschleifen von Werkzeugen aufgestellten Schleifbock.

Die Schleifscheiben bestehen aus vielen kleinen Schleifkörnern (Schleifmittel), die durch ein Bindemittel zusammengehalten werden. Als Schleifmittel dienen Karborund (Silizium-Karbid) zum Schleifen von spröden und weichen Werkstoffen oder Korund (Aluminium-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 Schleif-



(Abb. 126)

(Werkfoto Greif)

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

Zur Vermeidung von Unfällen ist beim Schleifen zu beachten:

1. Augenverletzungen durch Tragen der Schutzbrille vermeiden.
2. Werkstückauflage dicht an die Schleifscheibe rücken, dadurch wird ein Einklemmen des Werkstückes 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.

14.4.5. Wiederholungsfragen zu den Abschnitten 14.1. bis 14.4.4.

1. Was sind Werkzeugmaschinen? 2. Welche Bewegungen werden bei einer Werkzeugmaschine unterschieden? 3. Nennen Sie einige Getriebearten für Werkzeugmaschinen! 4. Wie ist eine stufenlose Drehzahlregelung bei Werkzeugmaschinen möglich? 5. Auf welchem Grundprinzip beruht die Wirkungsweise des Bohrers?

6. Welche Vorteile bietet der Spiralbohrer gegenüber anderen Bohrerarten? 7. Wodurch können Bohrerbrüche entstehen? 8. Wodurch unterscheiden sich Säulen- und Ständerbohrmaschinen? 9. Zu welchem Zweck werden Senker verwendet? 10. Durch welche Bearbeitungsmethode erreicht man eine hohe Oberflächengüte bei einer Bohrung? 11. Worauf ist beim Schleifen besonders zu achten? 12. Woraus bestehen Schleifscheiben?

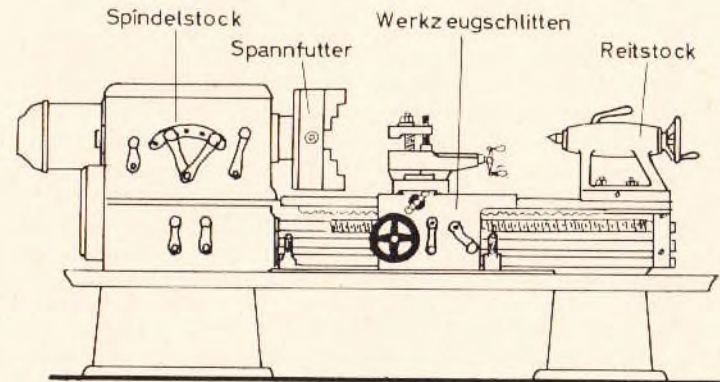
14.4.6. Drehen

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

14.4.6.1. Die Drehbank (Drehmaschine)¹⁾

Die Hauptteile einer Drehbank sind:

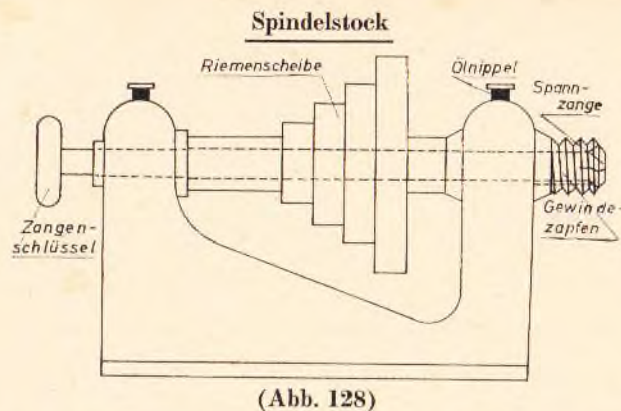
Gestell,
Drehbankbett,
Spindelstock,
Werkzeugschlitten und
Reitstock.



(Abb. 127)

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** (vgl. hierzu Abb. 128) 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.

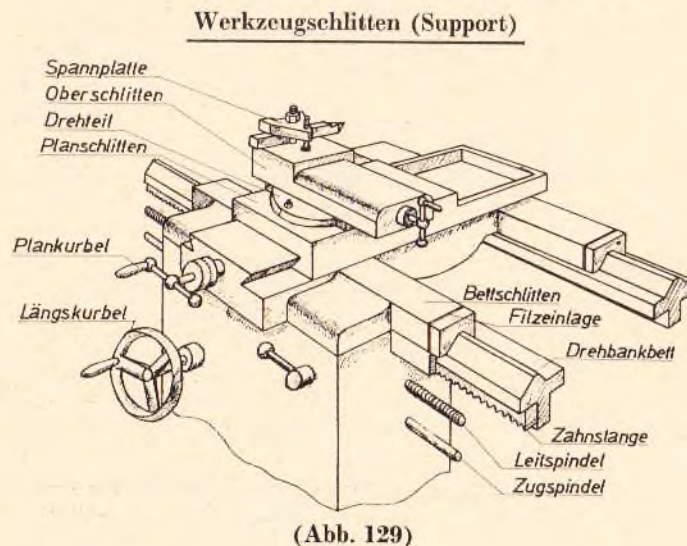
¹⁾ Drehmaschine ist die normgerechte Bezeichnung; sie wird in der Praxis jedoch nur wenig angewandt, deshalb ist im Text die gebräuchliche Bezeichnung beibehalten worden.



(Abb. 128)

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 **Bett-schlitten**, dem **Planschlitten** und dem **Oberschlitten** mit der **Spannplatte** (vgl. hierzu Abb. 129). Bett- und Planschlitten werden entweder von Hand oder selbsttätig durch die **Zugspindel** bzw. **Leit-spindel** bewegt. Der mit einer Gradeinteilung versehene, drehbare **Oberschlitten** nimmt die



(Abb. 129)

Drehwerkzeuge auf; er kann nur von Hand bewegt werden. Für den allgemeinen Längszug dient ausschließlich die **Zugspindel**. Die **Leit-spindel** darf nur zum **Gewindeschneiden** benutzt werden.

Der **Reitstock** (vgl. hierzu Abb. 127) 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 weiteres 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.

14.4.6.2. Spannen der Werkstücke

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

Spannzangen bestehen aus einem **zylindrischen Körper**, der an einem Ende ein **Gewinde** hat, auf das der **Zangenschlüssel** geschraubt wird. Beim Anziehen des **Zangenschlüssels** wird die geschlitzte und mit einem **Außenkegel** versehene **Spannzange** in die **Arbeitsspindel** hineingezogen. Dadurch können **zylindrische Werkstücke** genau laufend eingespannt werden. 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** (vgl. hierzu Abb. 128) geschraubt. Beim Drehen zieht es sich selbsttätig fester. Mit einem **Vierkantschlüssel** werden die drei **Backen** des **Futters** gleichmäßig zum **Mittelpunkt** hin angezogen, bis das einzuspannende **Werkstück** von allen drei **Backen** fest gefaßt ist. Darauf ist besonders zu achten, weil sonst das **Werkstück** schlagen und u. U. aus dem **Futter** fallen würde. Die zu spannenden **Stücke** dürfen nicht zu groß sein; die **Spannbacken** würden zu weit aus dem **Futterkörper** herausragen, sie könnten beschädigt werden und bilden außerdem noch eine **Unfallquelle**.

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).

14.4.6.3. Drehstähle (Drehmeißel)

14.4.6.3.1. Herstellen von bestückten Stählen

Als **Drehstähle** werden heute meistens **bestückte Stähle** verwendet, bei denen **Hartmetallplättchen** auf einen billigeren **Schaftwerkstoff** hart aufgelötet sind. Diese Drehstähle werden besonders zum Bearbeiten von harten Werkstoffen und von Kunststoffen benutzt. Die als Schnittwerkstoff benutzten Hartmetallplättchen entstehen durch Sinterung von Metallkarbiden nach dem im Abschnitt 2.7., Hartmetalle, beschriebenen Verfahren. Beim Vorbereiten der Schäfte und Auflöten der Plättchen sind die Arbeitsanleitungen der Hartmetallhersteller zu beachten, um Beschädigungen der Hartmetallplatte während des Lötvorgangs oder beim Zerspanen zu verhindern. Für eine gute Lötung (Löttemperatur etwa 800 °C) ist der Plattensitz sorgfältig in den Schaft einzuarbeiten und den Abmessungen des Plättchens anzupassen. Als Flußmittel dient Borax, als Lot Kupferblech oder ein Bimetallstreifen aus Silber und Kupfer. Zum Ausgleich der unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten von Schaft und Plättchen wird oft eine Drahtgitterfolie aus Weicheisen, Kupfer oder Nickel zwischengelegt. Beim Erhitzen darf die Flamme nur auf den Schaft, nicht auf die Hartmetallplatte gerichtet werden. Anschließend sind die Schnittwinkel, Freiflächenwinkel, Spanwinkel usw. entsprechend den Herstellerangaben zu schleifen, um eine optimale Standzeit zu erreichen (größtmögliche Zahl von Werkstücken mit einem Schliff). Für die verschiedenen zu zerspanenden Werkstücke bieten die Hersteller fein unterteilte Serien von Hartmetallwerkstoffen an, aus denen das jeweils günstigste Werkzeug auszuwählen ist. Das hier für Drehstähle Gesagte gilt sinngemäß für Bohrer (vgl. hierzu Abschnitt 14.4.1.1.) und Fräser (vgl. hierzu Abschnitt 14.5.2.).

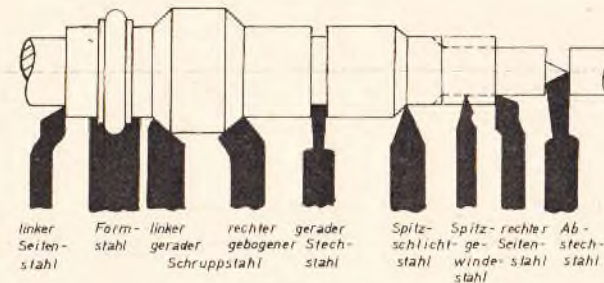
14.4.6.3.2. Arten von Drehstählen

Nach Form und Verwendung werden die Drehstähle nach **Schrupp-, Schlicht-, Seiten-, Ein- und Abstechstählen** sowie **Gewinde- und Formstählen** unterschieden. Nach der Lage des **Schneidkopfes** zum **Schaft** werden gerade, gebogene, abgesetzte und gekröpfte Stähle unterschieden, nach der Lage der Hauptschneide zum Werkstück rechte und linke Stähle. Die letztgenannte Bezeichnung gilt, wenn der Schneidkopf auf den Beschauer gerichtet ist und die Schneide oben liegt. Zeigt die Haupt-

schneide nach rechts, so ist es ein rechter Stahl, zeigt sie nach links, so ist es ein linker Stahl. Ein **rechter** Stahl arbeitet von **rechts nach links**, ein **linker** von **links nach rechts**.

Die Drehstähle werden in zwei Hauptgruppen eingeteilt: in **Außendrehstähle** (vgl. hierzu Abb. 130) und **Innendrehstähle**.

Außendrehstähle



(Abb. 130)

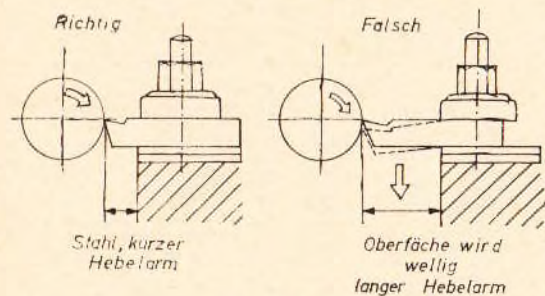
Außendrehstähle: Zum Abheben dicker Späne, dem Schrappen, werden **Schruppstähle** verwendet. **Schlichtstähle** dienen zum maßhaltigen und sauberen Fertigdrehen des Werkstückes, es gibt sie als Spitz- und Breit-schlichtstähle. **Seitenstähle** dienen zum **Plandrehen** und zum **Ausdrehen** von Ecken. 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**, deren vordere Schneidkante parallel zur Bearbeitungsfläche liegt. 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 wird erreicht, 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 vorgebohrter oder gegossener Bohrungen werden **Bohrstähle** verwendet. **Bohrstangen** ermöglichen das Ausdrehen von tiefen Bohrungen. (Bei Erdölbohrungen können Bohrgestänge von mehreren 1000 m Länge zusammengesetzt werden, für deren Handhabung **Bohrtürme** erforderlich sind). **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.

14.4.6.3.3. Einspannen der Drehstähle

Einspannen des Drehstahles



(Abb. 131)

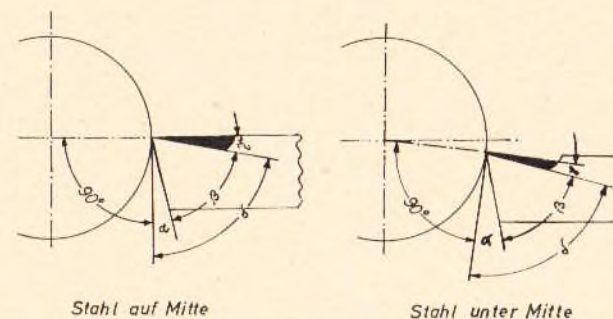
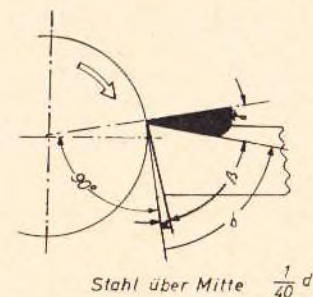
Bei der Spanabnahme wirkt auf den eingespannten Drehstahl ein sehr hoher **Schnittdruck**, der den **Stahl stark auf Biegung beansprucht**. Deshalb wird der Drehstahl fest und so kurz wie möglich eingespannt. Bei langem Hebelarm biegt sich der Stahl durch und federt wieder zurück. Dabei dringt die Schneide ungleichförmig in das Werkstück ein und

erzeugt eine wellige Oberfläche (vgl. hierzu Abb. 131).

Die gewünschte **Höhenlage des Drehstahles auf Mitte Werkstück** läßt sich durch Unterlegen einiger ebener Bleche einstellen (vgl. hierzu Abb. 132). 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 Schrapparbeiten wird deshalb der Stahl um 2% des Werkstückdurchmessers höher gestellt. Bei Einstellung **unter Mitte** vergrößert sich der Freiwinkel, die Reibung wird geringer. Der Spanwinkel wird kleiner, die Späne fließen schlecht ab. Es besteht außerdem die Gefahr, daß der Stahl in das Werkstück hineingezogen wird.

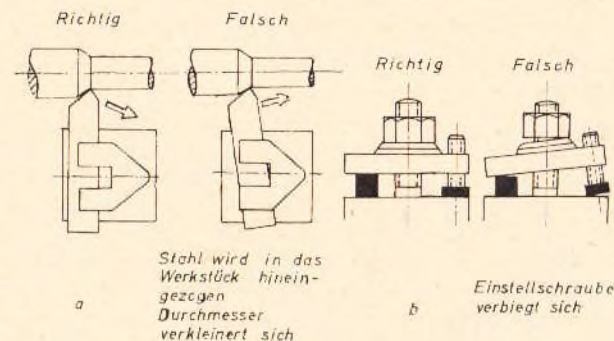
Zum Einspannen werden verschiedene **Spannvorrichtungen** verwendet: **Spannplatte**, **Stichelhaus**, **Vielstahlhalter** u. a. m. Die gebräuchlichste Spannvorrichtung in den Werkstätten ist die **Spannplatte** (vgl. hierzu Abb. 133). Sie muß waagrecht und ganz auf dem Stahl aufliegen. Der Stahl soll so kurz wie möglich eingespannt werden. Er darf bei einer seitlichen Verschiebung nicht tiefer in das Werkstück eindringen, was sich durch Einspannung des Stahls senkrecht zur Drehachse vermeiden läßt. Der **Vielstahlhalter** kann gleichzeitig vier Stähle aufnehmen. Der Halter wird ein- bis viermal um 90° geschwenkt, je nachdem welcher Stahl zum Eingriff kommen soll.

Einstellen des Stahles auf Höhenlage



(Abb. 132)

Einspannen des Drehstahles



(Abb. 133)

14.4.6.3.4. Dreharbeiten

14.4.6.3.4.1. Oberflächengüte bei 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 Schnitttiefe und mit höchstzulässigem Vorschub, aber mit geringer Schnittgeschwindigkeit gearbeitet.

Beim **Schlichten** ist die Spantiefe geringer und der Vorschub kleiner, dabei aber die Schnittgeschwindigkeit größer. Dadurch wird das Werkstück auf ein genaues Maß gebracht und außerdem noch eine glatte und saubere Oberfläche erzielt. Das beim **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.

14.4.6.3.4.2. Lang- und Plandrehen

Beim **Langdrehen** wird der Stahl **parallel zur Achse** des Werkstückes geführt, bei kurzen Stücken von Hand mit dem Oberschlitten (vgl. hierzu Abb. 129), bei langen Stücken durch den **Längszug**. Das Bearbeiten der Stirnflächen eines Werkstückes heißt **Plandrehen**, dabei wird der Stahl von Hand oder selbsttätig (Planzug) **senkrecht zur Achse** des Stückes bewegt. Der Bettschlitten (vgl. hierzu Abb. 129) muß festgestellt werden. Die Werkzeugschneide ist genau auf die Mitte einzurichten, damit in der Werkstücksmitte kein Ansatz stehenbleibt!

14.4.6.3.4.3. Ein- und Abstechen

Das Herstellen einer schmalen Nut heißt **Einstechen**, beim **Abstechen** wird der Vorgang bis zur Mitte des Werkstückes fortgesetzt. Zum **Einstechen** verwendet man Einstechstähle, zum **Abstechen** Abstechstähle (vgl. hierzu Abb. 130). 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.

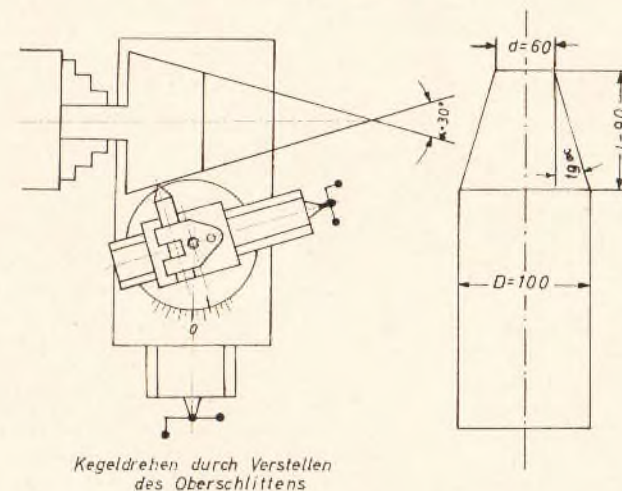
14.4.6.3.4.4. Bohren

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.

14.4.6.3.4.5. 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 durch Drehen des Oberschlittens, durch Verstellen des Reitstockes und mit Hilfe eines Leitlineals hergestellt werden. Die gebräuchlichste Kegelherstellung, das Drehen des Oberschlittens, soll hier näher erläutert werden (vgl. hierzu Abb. 134).

Das Kegeldrehen



(Abb. 134)

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.

Ist der Einstellwinkel auf der Werkzeichnung nicht angegeben, so läßt er sich rechnerisch ermitteln, wenn die Länge des Kegels (l), der große Durchmesser (D) und der kleine Durchmesser (d) bekannt sind (vgl. hierzu Abb. 134). Der Tangens des Einstellwinkels ist dann gleich: Kegeldurchmesserunterschied ($D - d$) geteilt durch 2 mal Kegellänge (2 mal l):

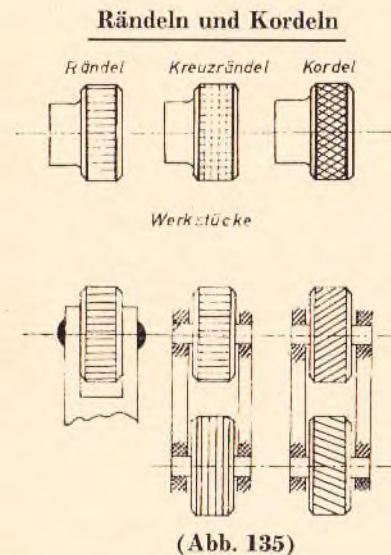
$$\tan \alpha = \frac{D - d}{2 \cdot l}$$

Nach Abb. 134 wäre demnach:

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

Der zugehörige Winkelwert ist einem Tabellenbuch zu entnehmen. Im o. a. Beispiel ist der Kegelwinkel $12^\circ 30'$.

14.4.6.3.4.6. Rändeln und Kordeln



Drehstücke, die eine griffige Oberfläche erhalten sollen (Griffe, Knöpfe, Einstellschrauben usw.), werden mit **Rändel**, **Kreuzrändel** oder **Kordel** versehen (vgl. hierzu Abb. 135). Bei dieser Bearbeitung kommt es zu keiner Spanabnahme; das gewünschte Profil wird durch **Einprägen** erzielt. Die gehärteten Zähne der Rändel- oder Kordelwerkzeuge werden in den Werkstoff eingedrückt und verdrängen ihn. Dadurch wird der Durchmesser des Werkstückes etwas vergrößert. Außerdem wird der Werkstoff zu den Stirnseiten hingedrückt, die Werkstücke erhalten deshalb nach dem Rändeln oder Kordeln eine Facette. Die gezahnten und gehärteten Rändel- und Kordelrädchen sind in einem Halter gelagert (vgl. hierzu

Abb. 135). 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. Mit einem **Kordierwerkzeug**, bei dem die beiden Rollen von oben und von unten auf das Werkstück wirken, so daß der gegenseitig erzeugte Druck aufgehoben wird, läßt sich diese Belastung vermeiden.

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

14.4.7. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 14.4.6.

1. Nennen Sie die Hauptteile einer Drehbank! 2. Aus welchen Teilen besteht ein Werkzeugschlitten, und wozu dient er? 3. Welche Spannwerkzeuge gibt es bei der Drehbank? 4. Erläutern Sie die Arbeitsweise des Dreibackenfutters! 5. Wie werden Hartmetallwerkzeuge gefertigt? 6. Welche Arten von Drehstählen gibt es? 7. Worauf ist beim Einspannen von Drehstählen zu achten? 8. Was geschieht bei der Einstellung eines Drehstahls „unter Mitte“? 9. Welche Oberflächengüte wird mit den drei Grunddreharbeiten erreicht? 10. Was ist unter Lang- bzw. Plandrehen zu verstehen? 11. Beschreiben Sie das Abstecken! 12. Beschreiben Sie das Bohren auf der Drehbank! 13. Wie wird die Einstellung des Oberschlittens beim Kegeldrehen ermittelt? 14. Was geschieht beim Rändeln und Kordeln? 15. Wie läßt sich beim Rändeln und Kordeln die Belastung der Lagerung vermindern?

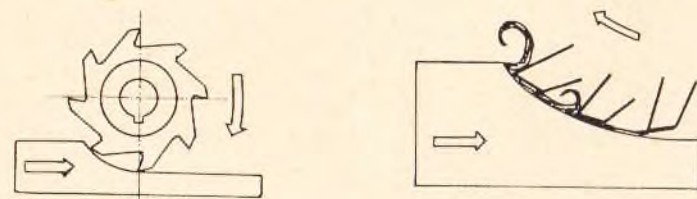
14.5. Fräsen

Das Fräsen ist eine spanabhebende Bearbeitung. Es handelt sich hierbei um 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 **einschneidiges** Werkzeug im Eingriff, während beim wirtschaftlicheren Fräsen **vielschneidige** Werkzeuge verwendet werden.

14.5.1. 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 (vgl. hierzu Abb. 118). Die Vorschub- und die Zustellbewegung werden beim Fräsen meistens vom Werkstück ausgeführt, sie können aber auch

Gegenlaufräsen

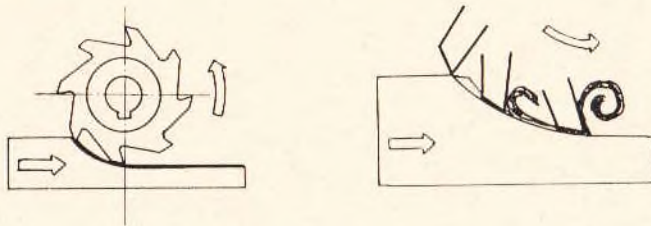


(Abb. 136)

vom **Fräser** erfolgen (**Kopierfräsmaschine**). Es werden drei Grundarten des Fräsens unterschieden:

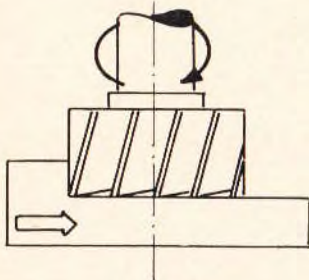
1. das **Gegenlaufräsen**,
2. das **Gleichlaufräsen** und
3. das **Stirnfräsen**.

Beim **Gegenlaufräsen** (vgl. hierzu Abb. 136) sind Drehrichtung des Fräfers 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**.



(Abb. 137)

Beim **Gleichlaufräsen** (vgl. hierzu Abb. 137) 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. Das Ergebnis ist eine glattere Oberfläche als beim Gegenlaufräsen.



(Abb. 138)

Beim **Stirnfräsen** (vgl. hierzu Abb. 138) 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 Kommaspäne wie beim Walzfräsen. Durch das Stirnfräsen lassen sich am besten ebene Flächen herstellen.

14.5.2. Fräswerkzeuge

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).

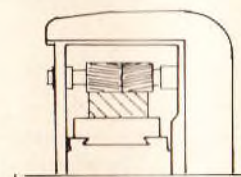
Fräserarten werden unterschieden

1. nach der **Zahnform**: **spitzgezahnte** Fräser zur Herstellung ebener **Flächen**; **hinterdrehte** Fräser als Formfräser für **Rundungen**, **Zahnräder**, **Gewinde** usw.,
2. nach der **Fräserform**: **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) und
3. nach der **Zahnrichtung**: **geradverzahnte**, **schräg-** oder **spiralverzahnte** und **kreuzverzahnte** Fräser. Schräg- oder spiralverzahnte Fräser arbeiten günstiger als geradverzahnte, weil immer mehrere Zähne im Eingriff sind.

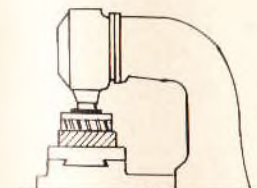
14.5.3. Fräsmaschinen

Bei den Fräsmaschinen wird hauptsächlich nach Lage der Frässpindel in **Waagrecht-** (oder **Horizontal-**) und **Senkrecht-** (oder **Vertikal-**) Fräsmaschinen unterschieden.

Frässpindeln



a) waagrecht



b) senkrecht

(Abb. 139a und b)

Bei der **Waagrechtfräsmaschine** nimmt die waagrechte **Frässpindel** (vgl. hierzu Abb. 139a) den **Fräsdorn** oder den **Aufsteckdorn** oder das **Spann-**

futter 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 (vgl. hierzu Abb. 139b). Ihr sonstiger Aufbau entspricht im wesentlichen dem der Waagrechtfräsmaschine.

Die **Universalfräsmaschine** kann sowohl als Waagrecht- wie 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 Fräasers in jede beliebige Lage. Weitere Maschinenarten sind die **Zahnradfräsmaschine**, die **Planfräsmaschine**, die **Kopierfräsmaschine** u. a. m.

Ein wichtiges Zubehör der Fräsmaschine ist der **Teilkopf**, er wird gebraucht 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.

14.5.4. Wiederholungsfragen zum Abschnitt 14.5.

1. Welches sind die drei Hauptarten des FräSENS, und wodurch unterscheiden sie sich? 2. Nennen Sie einige FräSERformen! 3. In welche zwei Gruppen sind die FräSMaschinen generell eingeteilt? 4. Erläutern Sie das KopierfräSEN! 5. Wodurch unterscheiden sich FräSERformen? 6. Nennen Sie einige der gebräuchlichsten FräSER! 7. Wozu dient der Universalfräskopf?

Band C 1

— **Werkstoffkunde und Werkstoffbearbeitung**

Werkstoffe der Fernmeldetechnik und ihre Bearbeitung — Werkzeuge und Werkzeugmaschinen — Werkstoffprüfung — Oberflächenschutz der Metalle — Nichtmetallische Werkstoffe — Isolierstoffe — Kunststoffe

Band C 2

— **Der oberirdische Linienbau**

FBG und FBZ im oberirdischen Linienbau — Planung und Bau oberirdischer Anschluß- und Fernlinien — Installationskabel und Luftkabel

Band C 3

— **Der unterirdische Linienbau**

Gestaltung der Fernmeldenetze — Fernmeldekabel — Aufgaben und Aufbau der Bauteile im Anschlußnetz — Schaltungen in Verzweigungseinrichtungen — Druckluftprüfeinrichtungen

Band C 4

— **Fernsprechapparate und Zusatzeinrichtungen**

Aufbau, Schaltung und Wirkungsweise der Fernsprechapparate und Zusatzeinrichtungen

Band C 5

(mit Beiheft)

— **Die Wählvermittlungstechnik**

Grundzüge der Wählvermittlungstechnik — Bauelemente und ihre Verwendung — Gliederung und Aufbau der Ortswählvermittlungen — Vorfeldeinrichtungen — Stromversorgungs- und Erdungsanlagen — Fernwählvermittlungsstellen

Band C 6

(mit Beiheft)

— **Die Nebenstellenanlagen**

Zweck der Nebenstellenanlagen — Baustufen — Stromversorgung — Schaltungsaufbau der kleinen Nebenstellenanlagen und der Reihenanlagen

Band C 7

— **Der Sprechstellenbau**

Bauauftrag — Einrichtungs- und Änderungsgebühren — Teilnehmer-einrichtungen — Fernmeldebauzeug — Bauausführung

Umfang je Band rund 140 Seiten

Wichtig zur Vorbereitung auf Eignungsfeststellungen und Prüfungen

Deutschlehre (mit Beiheft)

Rechtschreibung — Wortlehre — Satzlehre — Zeichensetzung — Stil- und Aufsatzkunde — Übungsaufgaben — Übungs-diktate — Lösungen

Umfang rund 200 Seiten

Preis 5,— DM

Rechenlehre

Rechnen — Raumlehre — Sortenverwandlung — Übungs- und Prüfungsaufgaben — Lösungsheft

Umfang rund 190 Seiten

Preis 3,50 DM

— Weitere Lehrbücher siehe 2. und 4. Umschlagseite —

Handbuch der Fernmeldetechnik *)

— Buchreihe BFt —

15

**wichtige Lehr- und Lernwerke zur Vorbereitung auf den
Grundlehrgang Ft 2, die verschiedenen Aufbaulehrgänge
BFt und den Abschlußlehrgang BFt**

Band A/B — Allgemeine Berufskunde (3 Teile)

Band G — Grundlagen der Fernmeldetechnik (2 Teile)

Band E — Fachbereich Entstörungstechnik (2 Teile)

Band L — Fachbereich Linientechnik

Band V — Fachbereich Vermittlungstechnik (3 Teile)

Band T — Fachbereich Telegraphentechnik (2 Teile)

Band U — Fachbereich Übertragungstechnik

Band Fu — Fachbereich Funktechnik

Umfang je Band etwa 180 Seiten

*) Frühere Bezeichnung „Handbuch für den mittleren fernmeldetechnischen Dienst“

— Weitere Lehrbücher siehe 2. und 3. Umschlagseite —

Sämtliche Lehrwerke können bestellt werden bei
Deutsche Postgewerkschaft, Verlag GmbH
6 Frankfurt 1 — Savignystraße 29

III AB
180