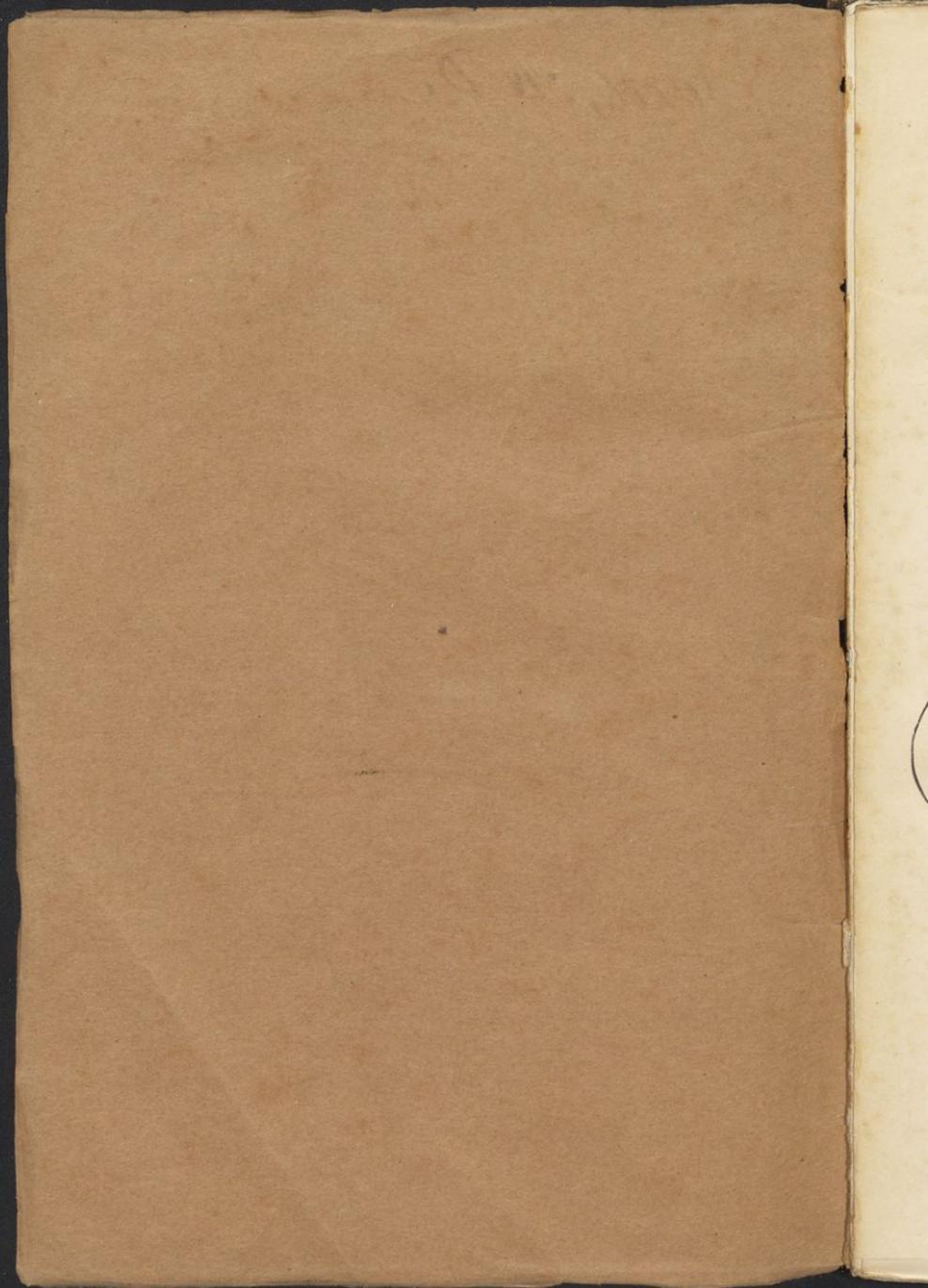


30286, IV, De, 51

37
277.

II



Leitfaden

für den

Unterricht an der Maschinenjungen- und Maschinen-
Unteroffiziers-Schule S. M. Kriegsmarine.

Zweiter Band:

Die Fachwissenschaften.



~~Hierzu 21 autographirte Tafeln.~~

(Als Manuscript gedruckt.)

1877.

Druck von Ig. v. Kleinmayr & Fed. Bamberg in Laibach

Im Selbstverlage der Schule.

Inhaltsverzeichnis.

Maschinenkunde.

	Seite
Einleitung	3
Erster Abschnitt.	
Maschinenelemente.	
A. <i>Befestigungsmittel</i>	5
I Nietverbindungen	5
II. Schraubenverbindungen	9
Schraubenversicherungen	12
III. Keilverbindungen	13
Keilversicherungen	14
IV. Bolzenverbindungen	14
B. <i>Mittel zur Übertragung rotirender Bewegungen</i>	14
I. Mittel zur ungeänderten Übertragung von rotirenden Bewegungen	15
1. Axen und Wellen	15
2. Kupplungen	15
3. Zapfen	16
4. Lager	17
II. Mittel zur geänderten Übertragung von rotirenden Bewegungen	20
1. Riementriebe	20
2. Räderwerke	22
3. Ketten- und Seiltriebe	24
C. <i>Mittel zur Verwandlung geradliniger hin- und hergehender Bewegungen in continuirlich rotirende und umgekehrt</i>	26
I. Der Kurbelmechanismus	26
1. Bestandtheile desselben	26
2. Art und Weise der Bewegungsübertragung	27
3. Weg des Kreuzkopfes und des Kurbelzapfens	28
4. Kräfte, welche im Kreuzkopfe und in der Schubstange wirksam sind	29
5. Kräfte, welche am Kurbelzapfen wirksam sind	31
6. Geschwindigkeit des Kurbelzapfens	32
7. Elemente des Kurbelmechanismus (mit besonderer Rücksicht auf Dampfmaschinen und Pumpen)	34
a) Kolben, b) Cylinder, c) Stopfbüchsen, d) Kreuzköpfe, e) Schubstangen, f) Kurbeln, g) besondere Formen des Kurbelmechanismus.	
II. Excentrische Scheiben	42

	Seite
D. Mittel zur Leitung von Flüssigkeiten	43
I. Röhren und Röhrenverbindungen	43
II. Ventile	45
1. Hähne	46
2. Schieber	47
3. Klappenventile	47
4. Rundventile	48

Zweiter Abschnitt.

Von den Dampfkesseln.

I. Material, Gestalt und Wandstärke	49
II. Wasser- und Dampfraum; Heizfläche	51
III. Heizraum, Zugkanäle und Schornstein	53
IV. Kesselsysteme	59
1. Cylindrische Kessel mit äusserer Feuerung	60
2. Cylindrische Kessel mit innerer Feuerung	60
3. Cylindrische Kessel mit Vorwärmröhren und mit äusserer Feuerung	61
4. Cylindrische Kessel mit darunterliegendem Sieder	62
5. Die verschiedenen Formen der Röhrenkessel	63
6. Die Kessel nach Dupuis' System	65
7. Die Locomotivkessel	66
8. Die Schiffskessel	66
V. Kesselgarnituren	71
1. Sicherheitsventile	71
2. Manometer	74
3. Wasserstandsanzeiger	75
4. Probirhähne, Schwimmer, Allarmpfeifen	76
5. Dampfabsperrentile	77
6. Speiseventile	77
7. Ablassventile	79
8. Injectoren	80
9. Luftventile	81
VI. Dampfkesselproben	81

Dritter Abschnitt.

Von den Dampfmaschinen.

I. Besondere Eigenschaften und Art der Anwendung des Wasserdampfes	83
II. Eintheilung der Dampfmaschinen	87
1. Hauptbestandtheile jeder Dampfmaschine	87
2. Eintheilung der Dampfmaschinen nach der Art der Kolbenbewegung, nach der Art der Wirkung des Dampfes am Kolben, nach der Höhe der in ihnen angewendeten Dampfspannung und nach dem Orte ihrer Aufstellung	89
3. Dampfmaschinen mit und ohne Condensation	90

	Seite
4. Dampfmaschinen mit und ohne Expansion	91
5. Eintheilung der Dampfmaschinen nach der Lage der Cylinder und der Kolbenstangen	96
6. Atmosphärische und Cornwall-Dampfmaschinen	97
7. Aufstellungsformen der Schiffsdampfmaschinen	98
<i>a)</i> Balanciermaschinen, <i>b)</i> oscillirende Maschinen, <i>c)</i> Maschinen mit directwirkender Triebstange, <i>d)</i> Maschinen mit zurückgelegter Triebstange, <i>e)</i> Trunkmaschinen.	
8. Verschiedene Dampfmaschinensysteme	102
III. Über die Dampfvertheilung (Steuerung)	104
1. Steuerung mit einem Schieber.	104
2. Steuerung mit zwei Schiebern.	109
3. Umsteuerungen	113
IV. Messung der Leistung von Dampfmaschinen	118
1. Nominelle, effective und indicirte Leistung	118
2. Der Indicator und seine Anwendung.	119
3. Das Indicator-Diagramm	123
4. Bestimmung der indicirten Leistung einer Dampfmaschine	126
V. Über den Bewegungszustand der Dampfmaschinen	129

Vierter Abschnitt.

Beschreibung von Schiffsmaschinenbestandtheilen.

I. Garnituren der Dampfeylinder	133
1. Stopfbüchsen	133
2. Schmiervorrichtungen	135
3. Vorrichtungen zum Entfernen des Condensationswassers aus den Dampfeylindern und deren Dampfmänteln	136
II. Condensatoren und ihre Details	140
1. Einspritz-Condensatoren	140
2. Oberflächen-Condensatoren	142
III. Speise- und Sodpumpen.	145
IV. Verschiedene Schiffsdampfmaschinentheile	146
V. Kesselinstallirung und zugehörige Rohrleitungen	148
1. Dampfentnahme, 2. Kesselfüllen, 3. Kesselspeisen, 4. Abschäumen, 5. Durchpressen, 6. Sodpumpen, 7. Kesselauspumpen.	
VI. Von den Treibapparaten	154
1. Schaufelräder	155
2. Schiffsschrauben	158

Fünfter Abschnitt.

Schiffspumpen, Destillatoren und Ejectoren.

I. Schiffspumpen	165
1. Dampfumpen	165
2. Handpumpen	168

	Seite
II. Destillatoren	169
1. Der Destillator mit zugepumptem Kühlwasser	170
2. Der selbstthätige Destillator von Perroy	170
III. Sodwasser-Ejectoren	172

Sechster Abschnitt.

Beschreibung der wichtigsten und verbreitetsten Arten von Schiffsdampfmaschinen.

(Mit besonderer Rücksicht auf die in Sr. Majestät Kriegsmarine gebräuchl.ichen Gattungen.)

I. Verticale Schiffsmaschinen mit directwirkenden Triebstangen (Dampfhamersystem).	176
1. Maschine für ein Dampfboot	176
2. Maschine für einen Transportdampfer	180
II. Horizontalliegende Schiffsmaschinen	181
1. Maschine mit zurückgelegten Triebstangen	182
2. Trunkmaschine	185
III. Verticale oscillirende Schiffsmaschine	187

Abriss der Materialkunde und Materialbearbeitung.

Erster Abschnitt.

Abriss der Materialkunde.

Baumwolle.	193
Bimsstein	193
Blei.	194
Bleiweiss	194
Eisen	195
Feuerfeste Mauersteine	197
Graphit	197
Hanf	197
Holz	198
Kautschuk.	202
Kohle.	203
Kupfer	208
Leder	210
Legirungen	210
Leinöl.	212
Mennige.	212
Messing	213
Muntzmetall	213
Olivnöl.	214
Pottasche	215
Quecksilber	215

	Seite
Schmirgel	216
Stahl	217
Terpentinöl	220
Unschlitt	220
Werg	221
Zink	221
Zinkweiss	222
Zinn	223

Zweiter Abschnitt.

Abriss der Materialbearbeitung.

I. Allgemeines über Werkzeuge und Werkzeugmaschinen	225
II. Form und Geschwindigkeit der Werkzeugsstähle	226
III. Die verschiedenen auf Schiffen zumeist gebräuchlichen Maschinenwerkzeuge	229
1. Drehstähle, Bohrer und Metallscheeren	229
2. Mittel zum Anzeichnen und Messen der Werkstücke	231
3. Bohrwerkzeuge	232
4. Schraubenschneidwerkzeuge	233
5. Drehbank mit Zubehör	233
6. Schmiedewerkzeuge	237
7. Verschiedene Werkzeuge	238

Maschinenkunde.

Zusammengestellt von

J. Ulm,

Maschinenbau-Ingenieur S. M. Kriegsmarine,

und

G. Lendecke,

Ingenieur-Eleve S. M. Kriegsmarine.

Hiezu die autographirten Tafeln 1 bis incl. 20.

Einleitung.

Alle mechanischen Vorrichtungen, welche dazu dienen, um die Wirkungen von Kräften zur Verrichtung nützlicher Arbeit zu verwerthen, werden Maschinen genannt. Man unterscheidet Maschinen, welche eine Formveränderung und solche, die eine Ortsveränderung eines Körpers bezwecken. — Jede Maschine muss derart eingerichtet sein, dass, wenn gewisse Theile derselben durch einen Motor bethätigt werden, andere Theile auf die zu verändernden Körper zweckentsprechend einwirken können. Hienach muss jede Maschine aus dreierlei Bestandtheilen bestehen.

1.) Jene Theile einer Maschine, welche zur unmittelbaren Aufnahme der motorischen Kraft geeignet sind, heissen Receptoren oder Kraftaufsammler. — Diejenigen Bestandtheile, welche die einzelnen Receptoren zu einem festen Ganzen verbinden, so dass diese durch die Beschaffenheit des Motors bedingte Bewegungen machen müssen, nennt man in ihrer Gesammtheit die Betriebsmaschine oder Kraftmaschine.

2.) Jene Theile einer Maschine, welche unmittelbar auf den zu verändernden Körper einwirken, heissen Werkzeuge. — Diejenigen Bestandtheile, welche den Werkzeugen eine gewisse, durch die Natur des Arbeitsvorganges bedingte Bewegung ertheilen, nennt man zusammengenommen die Arbeitsmaschine oder Werkzeugmaschine.

3.) Alle jene Theile einer Maschine, deren Bestimmung es ist, die Verbindung zwischen der eigentlichen Betriebs- und zwischen der Arbeitsmaschine herzustellen, werden in ihrer Gesammtheit mit dem Namen Transmission oder Triebwerk bezeichnet.

Jede wie immer geartete Maschine besteht somit aus der Betriebsmaschine, aus der Arbeitsmaschine und aus der Transmission. — So sind z. B. bei einer durch Wasserkraft getriebenen Mahlmühle die Radschaufeln die Receptoren, das Wasserrad ist die Betriebsmaschine;

die Mühlsteine sind die eigentlichen Werkzeuge, der Mahlgang ist die Arbeitsmaschine; endlich bilden die zwischen der Wasserradwelle und der Welle des beweglichen Mühlsteines (Läufers) angewendeten Maschinentheile (Zahnräder, Wellen sammt Lager, Riementriebe) zusammengenommen die Transmission. — Bei einem durch eine Schraube getriebenen Dampfschiffe sind die Dampfkolben die Receptoren, die Schiffsmaschine ist die Betriebsmaschine; die Flügel der Schraube sind hier das eigentliche Werkzeug, und die ganze Schraube (Flügel, Nabe und Befestigung der Flügel) ist die Arbeitsmaschine; endlich bilden die Fortleitungswellen mit ihren Kupplungen und Lagern die Transmission.

Die eigenthümliche Verbindung aller Bestandtheile einer Maschine zu einem Ganzen, in einer solchen Weise, dass sie nur gezwungene, und zwar solche Bewegungen machen müssen, wie durch die beabsichtigte Art der mittelst der Maschine zu verrichtenden Arbeit erheischt wird, nennt man den geometrischen Zusammenhang derselben.

Es wurde bereits im ersten Bande dieses Leitfadens bei der Lehre von der Wirkung der Kräfte auseinandergesetzt, dass nur ein Theil vom Effecte eines an einer Maschine wirkenden Motors nutzbar verwerthet werden kann; Maschinen sind daher auch nie im Stande, den ihnen zugeführten Effect zu vergrössern, und bestehen ihre Vortheile vielmehr lediglich darin, dass bewegende Kräfte, welche sich nicht unmittelbar verwerthen lassen, durch sie für gewisse Zwecke nutzbar gemacht werden können. Je zweckmässiger eine Maschine in allen ihren Theilen construirt ist, desto mehr nähert sich ihre Nutzleistung dem absoluten Effecte des an ihr thätigen Motors.

Noch soll hier erwähnt werden, dass es im gemeinen Leben und selbst in wissenschaftlichen Werken Sprachgebrauch ist, die Betriebs- oder Kraftmaschinen kurzweg Motoren zu nennen; so findet man die Dampfmaschinen, Wasserräder, Turbinen etc. unter diesem Namen oft vorgeführt.

Erster Abschnitt.

Maschinenelemente.

Die im Maschinenwesen zur Anwendung gelangenden Maschinenteile oder Maschinenelemente lassen sich zwar nicht in vollkommen strenge durchgeführte Gruppen und Untergruppen eintheilen; es erscheint jedoch der Übersichtlichkeit wegen wünschenswerth, die aus einem analogen Zwecke mehrerer Elemente entspringende Zusammengehörigkeit derselben zu ihrer Gruppierung zu benützen.

A. Befestigungsmittel.

Als eine solche Gruppe können wir alle jene Bestandtheile ansehen, die zur Befestigung von Maschinenteilen dienen. Es wird eine solche Verbindung entweder derartig gestaltet sein, dass die Lösung derselben nur durch Anwendung ausserordentlicher Mittel oder aber mit Leichtigkeit erfolgen kann; im ersteren Falle nennt man sie eine undemontirbare, im letzteren aber eine demontirbare. Zu den undemontirbaren Verbindungen wird die Nieten-, zu den demontirbaren die Schrauben-, Keil- und Bolzenverbindung gezählt.

I. Nietenverbindungen.

Nieten bestehen aus einem cylindrischen Kern aus Schmied-eisen (Kupfer oder Messing), der einen segmentartigen, etwas vorspringenden Kopf besitzt. Ihre Verwendung erfolgt fast ausschliesslich bei Blechen, und zwar in der Art, dass man den Nietbolzen im weissglühenden Zustande in die correspondirenden Löcher der zu verbindenden Bleche steckt, dem an der Niete bereits vorhandenem Kopfe (dem Setzkopfe) einen entsprechend geformten Hammer (den

Setzhammer) entgegenhält, den vorstehenden Nietenschaft aber durch Hammerschläge niederstaucht, bis er eine kopfähnliche Form erlangt. Der Setzkopf und der auf die eben erwähnte Art gebildete Schliesskopf halten den Nietbolzen in seiner Lage. Durch solche in regelmässigen Abständen angebrachte Niete bildet man Nietreihen.

Selbstverständlich erfahren die zu verbindenden Bleche früher gewisse Vorbereitungen. Sie werden zunächst gerichtet und erhalten jene Form und Grösse, in welcher sie verwendet werden sollen. Dann werden sie an den Kanten gehobelt und in jene Stellung gebracht, die sie nach ihrer Verbindung einzunehmen haben; die Theilung der Nietlöcher wird aufgetragen, und diese entweder durch Stanzen oder Bohren der Bleche erzeugt. Das Bohren bietet den Vortheil der besonderen Genauigkeit, bedingt aber einen grossen Zeitaufwand, weshalb das Stanzen vorwiegend angewendet wird. — Wenn die Bleche derart vorbereitet sind, werden sie durch Schrauben provisorisch verbunden und die Niete in der früher beschriebenen Weise eingezogen.

Wie eine jede Befestigung muss auch die durch Niete gebildete so angeordnet sein, dass sie jenen Kräften Widerstand leistet, welche die Verbindung zu lösen beabsichtigen. Denken wir uns die in Fig. 1, Taf. 1 auf die einfachste Art verbundenen Bleche *A*, *B* als Bestandtheile irgend eines Ganzen, so werden sie durch eine Kraft — sei es der Dampfdruck oder der einer Flüssigkeit, oder durch den Zug einer Belastung — auseinander gezogen und würden eine Änderung ihrer gegenseitigen Lage eingehen, wenn sie nicht durch die eingezogenen Nietbolzen daran gehindert wären. — Wenn die auf solche Weise wirkenden Kräfte diese Verbindung zerstören würden, so könnte dies offenbar auf dreifache Weise erfolgen: 1.) Es könnte der Nietbolzen reissen und abspringen; 2.) das Blech könnte gegen den Rand hin durchreissen, oder 3.) es könnte ein Durchreissen des Bleches von einer Niete zur andern erfolgen.

Der Nietbolzen ist nur bei kalt eingezogenen Niete auf Abscheerfestigkeit beansprucht; bei heiss eingezogenen Niete jedoch auf absolute Festigkeit, indem durch die beim Erkalten des Bolzens erfolgende Zusammenziehung desselben eine Spannung in demselben hervorgerufen wird, die ein Zusammendrücken der beiden Bleche *A*, *B* in solchem Grade erzeugt, dass die Reibung beider Bleche bedeutend grösser ist als die Kraft, welche die Bleche auseinander zu ziehen strebt. — Der Nietbolzen hat daher nur seiner inneren Spannung genügenden Widerstand zu leisten, und kann man durch entsprechende Wahl seines Durchmessers ein Abspringen der Niete leicht vermeiden.

Um ein Durchreissen des Bleches gegen den Rand hin zu verhindern, braucht eben nur der Abstand der Niete vom Rande ein genügend grosser zu sein, und wird der $1\frac{1}{2}$ fache Bolzendurchmesser als Minimalentfernung der Nietemitte vom Blechrand angesehen.

Was endlich das Durchreissen des Bleches von einer Niete zur andern betrifft, so ist es einleuchtend, dass durch das Lochen des Bleches die Festigkeit desselben leidet. Es ist auch die Festigkeit der Verbindungsstelle immer geringer als die des ungelochten Bleches. Je weniger Nieten daher eine Nietereihe (innerhalb gewisser Grenzen) besitzt, eine je grössere Nietentheilung also angewendet wird, eine desto grössere Festigkeit besitzt die Nietung, desto geringer ist die Gefahr eines Durchreisens des Bleches an der Verbindungsstelle. — Will man aber zwei Bleche so verbinden, dass sie ein Durchlassen von tropfbaren Flüssigkeiten oder Gasen nicht gestatten, d. h. will man ihre Dichtigkeit erzielen, so muss der Abstand zweier Nieten von einander ein möglichst geringer sein. Aus Blech genietete Träger besitzen daher eine Festigkeitsnietung, während bei Gefässen, die Flüssigkeiten aufnehmen sollen, ausschliesslich Dichtigkeitsnietungen angewendet werden. Bei Dampfkesseln muss beiden Anforderungen gleichzeitig Rechnung getragen werden; selbe müssen genügend fest und auch dicht sein.

Soll eine möglichst dichte Verbindung zweier Bleche erfolgen, so genügt die Wahl eines kleinen Nietenabstandes allein nicht, sondern es müssen die Bleche ausserdem sorgfältig verstemmt werden. Diese Arbeit besteht darin, dass man die schräg abgehobelten Blechränder, die nie vollständig genau aneinander aufliegen, mittelst geeigneter Werkzeuge durch Hammerschläge zum vollkommenen Aufliegen bringt.

Die Verbindung zweier Bleche erfolgt, wie wir gesehen, durch eine regelmässige Aufeinanderfolge von Nieten (Nietennath). — Die Verbindung kann durch Anwendung einer oder mehrerer solcher Näthe erreicht werden; man heisst sie im ersteren Falle eine einfache Nietung (Fig. 1), im letzteren eine mehrfache (Fig. 2). Bei einer mehrfachen Nietung werden die Nieten der zweiten Reihe gegen die der ersten um die halbe Theilung versetzt.

Ebene, wie gekrümmte Flächen bildet man aus einzelnen Blechtafeln; die Verbindung erfolgt dabei entweder durch ein Überlappen der Bleche oder durch Anbringung von Laschen. — Die Überlappung der Bleche besteht in einem Zusammenschieben derselben in der Weise, dass sie sich in einem Streifen bedecken, welcher die beide Blechtafeln verbindenden Nieten aufnimmt. Sind dabei die beiden Blechtafeln vollkommen gerade geblieben, so steht

das zweite Blech um die Blechdicke vom ersten ab; man biegt (kröpft) daher häufig die Ränder, um beide Bleche in eine Flucht zu bringen. — Die Verbindung mittelst Laschen erfolgt in der Art, dass man die Bleche stumpf aneinander stossen lässt und über die zwischen denselben bleibende Fuge auf einer oder auf beiden Seiten Blechstreifen, die Laschen, legt, welche durch gesonderte Nietreihen mit jedem der Bleche verbunden werden; man nennt im ersteren Falle die Verbindung eine einfache Laschenvernietung, im letzteren aber eine Kettenvernietung. In beiden Fällen kann jedes Blech auch eine doppelte oder mehrfache Nietnath erhalten. — Bei der Bildung von Flächen genügt meistens die Verbindung von nur zwei Blechen nicht, sondern es wird erforderlich, diese mit einem dritten, oder auch drei Bleche mit einem vierten zu verbinden. Eine Verbindung von drei Blechen ist in Fig. 4, Taf. 1 dargestellt. Eine Blechtafel *C* soll mit den Blechen *A*, *B* verbunden werden. Es erfolgt dies in der Art, dass man die Tafel *C* unter die beiden anderen so schiebt, dass sie von denselben in einem Streifen, der für die Aufnahme der Niete genügend breit ist, überdeckt wird. Die Blechtafel *B* ist behufs besseren Anlegens keilförmig zugeschräfft, das Blech *A* kröpft sich darüber. — In Fig. 5 derselben Tafel sind vier Bleche miteinander verbunden. Die Bleche *A* und *C* stossen stumpf aneinander und werden durch *B* und *D* gedeckt. *A* und *C* könnten auch keilförmig zugeschräfft einander übergreifen, während *B* und *D* ungeschärft und ungekröpft bleiben würden.

Die Bildung von Kanten erfolgt durch Umflantschen des einen oder des andern Bleches oder durch Einschalten von Winkeleisen. Wird erstere Verbindungsart angewendet, so kann entweder die Flantsche nach innen (Fig. 7) oder nach aussen gekehrt werden, und hängt die Wahl der einen oder andern Verbindungsart von den sich geltend machenden Nebenumständen ab. Die wol am häufigsten vorkommende Kantenbildung ist die durch Winkeleisen (Fig. 9), welche letztere bei Blechconstructions eine äusserst wichtige Rolle spielen.

Die Bildung von Ecken bietet bei der Verbindung von Blechen wol die meisten Schwierigkeiten, und ist die Art und Weise der Durchführung gänzlich von der angewendeten Kantenbildung abhängig. In Fig. 12, 13 ist eine Kantenbildung durch Winkeleisen vorausgesetzt und demgemäss die Eckverbindung durchgeführt. Die beiden verticalen Bleche sind mit dem horizontalen durch ein Winkeleisen verbunden, welches im rechten Winkel abgebogen ist. Die Verbindung der beiden verticalen Bleche erfolgt durch ein Winkeleisen,

das sich über das erstere kröpft. — Es tritt bei solchen Verbindungen häufig der Fall ein, dass die vorstehenden Nietenköpfe der Verbindung hinderlich werden; man versenkt dann dieselben. Es erfolgt dies in der Weise, dass man das Nietloch des einen oder andern oder beider Bleche auf zwei Drittel der Blechstärke conisch erweitert und die Schliessköpfe der Nieten in die so gebildeten Vertiefungen legt.

II. Schraubenverbindungen.

Über das Erzeugen einer Schraubenlinie wurde bereits im ersten Bande, S. 227, Erwähnung gethan. Das Entstehen derselben kann man sich (Fig. 14, Taf. 1) durch die Bewegung eines Punktes auf der Mantelfläche eines Cylinders vorstellen, welche derart vor sich geht, dass der sich bewegende Punkt gleiche Winkelgeschwindigkeit behält und dabei gleichzeitig der Grösse des Drehwinkels proportional in der Axenrichtung aufsteigt. Die Begriffe „Schraubengang“ und „Ganghöhe“ wurden ebenfalls erläutert, und kann das Entstehen eines Schraubengewindes sowie die Form der Schrauben, endlich deren Eintheilung in flach- und scharfgängige (Fig. 15, 16, 26, Taf. 2) als bekannt vorausgesetzt werden. Es bliebe daher nur noch zu erwähnen, dass die im Maschinenwesen verwendeten Schraubenmutter eine sechseckige oder viereckige Form erhalten und dass ferner Steigung und Ganghöhe der Schraubengewinde meist in einer gewissen Beziehung zum Bolzendurchmesser stehen (Whitworth'sche Schraubenscale).

Die zur Befestigung von Maschinentheilen verwendeten Schrauben sind ausschliesslich scharfgängige, und erfolgt die Befestigung selbst in der Weise, dass man den Schraubenbolzen durch die an geeigneter Stelle angebrachten Löcher zweier zu verbindenden Theile, beispielsweise zweier Platten, hindurchsteckt, die Schraubenmutter aufsetzt, und so lange niederschraubt, bis der Schraubenkopf an einer und die Schraubenmutter an der andern Platte aufliegt. Durch weiteres Anziehen der Mutter mit einem hiezu geeigneten Schraubenschlüssel werden die beiden Platten mit einer gewissen Kraft aneinander gepresst, die dem im Schraubenbolzen hervorgerufenen Zuge entspricht und die Platten hindert, sich in der axialen Richtung des Schraubenbolzens, sowie in der darauf senkrechten bewegen zu können. — Dass die Schraubenverbindung eine leicht demontirbare ist, ist einleuch-

tend, da sie durch Emporschrauben der Mutter auf dem Bolzen behoben werden kann. Wie bei der Nietenverbindung die Niete allen Kräften genügenden Widerstand entgegenzusetzen hat, die eine Veränderung der relativen Lage beider verbundenen Theile zu bewirken trachten, so ist es bei der Schraubenverbindung der Schraubenbolzen, der dies besorgen soll. Er wird wie die übrigen Schraubentheile meist aus Schmiedeisen erzeugt und gewöhnlich auf absolute Festigkeit beansprucht. Wäre jedoch die Verbindung so angeordnet, dass der Bolzen auf Scheerfestigkeit beansprucht würde, so wird die scheidende Einwirkung der Zugkräfte durch Einschaltung von Scheiben oder Keilen behoben. — Liegt eine Schraubenmutter auf Gusseisen auf, so soll dies stets auf einer bearbeiteten Fläche erfolgen; oft gibt man auch schmiedeiserne Unterlagscheiben. Auch bei Verbindungen von Hölzern durch Schrauben werden Unterlagscheiben angewendet; diese dienen jedoch in diesem Falle zur gleichmässigeren Vertheilung des Druckes der Mutter auf das Holz, weshalb diese Unterlagscheiben meist mehreren Schraubenmütern gemeinschaftlich sind. — Die Schraubenverbindung kann, je nach der Gestalt der Verbindungsstücke und nach den Anforderungen, die an eine Verbindung gestellt werden, eine äusserst verschiedenartige sein, und sollen im Folgenden die häufigst angewendeten Schraubenverbindungen besprochen werden.

Die Schraube ohne Kopf (Fig. 17, Taf. 2) unterscheidet sich von der normalen (Fig. 18, Taf. 2) dadurch, dass sie statt des Kopfes einen conischen Ansatz besitzt, der sich in die gleichfalls conische Bohrung des einen der zu verbindenden Theile einlegt. Die Schraube hat daher eigentlich einen versenkten Kopf, und werden solche Versenkungen in allen jenen Fällen angewendet, in denen das Vorstehen des Schraubenkopfes aus irgend welchem Grunde hinderlich wäre.

Die Kopfschraube (Fig. 20, Taf. 2) ist von der gewöhnlichen dadurch verschieden, dass sie keine Mutter besitzt, indem diese durch das mit Gewinde versehene Bohrloch des einen der zu verbindenden Theile ersetzt wird. Diese Verbindung hat den Nachtheil, dass sie durch das Einrosten der Schraubengänge oft schwer gelöst werden kann, was namentlich dann der Fall ist, wenn das Gegengewinde in einen gusseisernen Körper geschnitten wurde. Will man in einem solchen Falle eine bereits eingerostete Schraube entfernen, so reisst der Bolzen häufig ab und muss ausgebohrt werden. Um diesem Übelstande abzuhelpen, wendet man oft die in Fig. 19, Taf. 2 dargestellte Verbindung in solchen Fällen an, wenn ein Demontiren der-

selben zu gewärtigen ist. Der Schraubenbolzen besitzt hierbei seinen Kopf nicht am Ende, sondern zwischen beiden Enden eingeschaltet; der Bolzen ist beiderseits mit Gewinden versehen und wird mit Hilfe seines meist viereckigen Kopfes in eines der zu verbindenden Stücke wie eine gewöhnliche Kopfschraube eingebracht. Der Schraubenkopf findet in einer entsprechenden Aussparung des zweiten Theiles Aufnahme, so dass letzterer auf dem ersten Theile unmittelbar aufliegt und durch auf das andere Ende des Bolzens aufgeschraubte Muttern gehalten wird.

Statt des gewöhnlichen Kopfes besitzt mitunter der Schraubenbolzen ein angeschmiedetes Auge und wird durch einen in das eine der beiden Verbindungsstücke eingeschraubten Bolzen, der in die Öffnung des Auges reicht, gehalten (Augschraube). Das andere Verbindungsstück nimmt in einem Bohrloch das Bolzenende der Schraube auf und wird durch eine Mutter gehalten. Diese Verbindungsart kann selbstverständlich nur dann angewendet werden, wenn der von der Mutter gehaltene Theil nur die Tendenz besitzt, sich vom anderen Theile zu entfernen; sie findet sich häufig bei Stopfbüchsen vor.

Die Keilschraube (Fig. 22, Taf. 2) ist eine Schraube, bei welcher der Kopf durch einen den Bolzen durchdringenden Querkeil ersetzt wird. Ihr analog ist die Fundamentschraube (Fig. 24, Taf. 2), die ihrer häufigsten Anwendung als Befestigungsmittel von Maschinen-Fundamentplatten ihren Namen verdankt. Der Schraubenbolzen geht hierbei durch das Mauerwerk und wird durch einen Querkeil gehalten, der sich auf eine gusseisene Druckplatte legt.

Bei solchen Verbindungen von Maschinentheilen mit dem Mauerwerke, die keine bedeutende Wichtigkeit besitzen, wendet man fast allgemein die Steinschraube an. Der Schraubenkopf ist in diesem Falle (Fig. 25, Taf. 2) ein prismatisches Stück, das in den Schraubenbolzen übergeht. Dieser Kopf wird in eine gleichfalls prismatische Öffnung des Steinfundamentes gelegt und in demselben durch Einbringen von kleinen Eisenkeilen und nachherigem Eingiessen von Blei oder Schwefel befestiget. Die Kanten des Schraubenkopfes sind behufs besseren Haltes der Schraube aufgehauen.

Verbindungen von mehr als zwei Theilen erfolgen häufig durch Schrauben mit Zwischenkopf (Fig. 23, Taf. 2). Wir haben in diesem Falle eigentlich zwei Schrauben, die einen gemeinsamen Kopf besitzen, welcher sich in eine Aussparung des Mittelstückes einlegt und dadurch eine feste Verbindung der beiden anderen äusseren Theile an dieses ermöglicht.

Schraubenversicherungen.

Die Verbindung zweier Maschinentheile durch Schrauben besitzt den wesentlichen Vortheil einer leichten Lösbarkeit. Allein dieser Vortheil birgt auch den Übelstand, dass die Lösung durch Selbstlosgehen der Mutter oft ungewünscht erfolgt, was namentlich bei Maschinentheilen, die Stößen ausgesetzt sind, leicht eintritt und die unangenehmsten Folgen herbeiführen kann. — Durch die Wahl eines sehr geringen Steigungswinkels kann diesem Übelstande mit Sicherheit nicht abgeholfen werden, da trotzdem oft ein Losprellen der Mutter stattfindet; auch ist ein vollständiges Anziehen der Schraubemutter oft gar nicht zulässig, wie dies etwa bei Theilen, die nur eine bestimmte Lage einnehmen können (Lagerdeckel), der Fall ist. Man muss daher den Schrauben besondere Sicherungsvorrichtungen geben. Die einfachste derselben ist eine Gegenmutter, d. i. eine Mutter, die sich auf die eigentliche Befestigungsmutter auflegt und durch die Reibung auf den Gängen dem Loswerden der ersten Mutter entgegenwirkt. Mutter und Gegenmutter erhalten in diesem Falle ebene Stirnflächen, um besser aufzuliegen. — Eine andere äusserst einfache Versicherung ist die mittelst Stift oder Splint (Fig. 27, Taf. 2). Häufig sind Gegenmutter und Splint gleichzeitig als Schraubensicherungen angewendet (Fig. 28, Taf. 2). — Eine Sicherung, die ein Nachziehen der Schraube ermöglicht, ist die in Fig. 29, Taf. 2 dargestellte; es erhält nämlich die Schraubenspindel einen kreisförmigen, mit segmentartigen Ausschnitten versehenen Kopf, in welchem letzteren der kreisförmige Kopf einer nebenangebrachten Kopfschraube eingreift und so ein Rückgehen der Mutter hindert. Um ein Anziehen der Schraube bewirken zu können, besitzt selbe einen viereckigen Ansatz behufs Aufnahme eines Schraubenschlüssels, und ist ferner der Kopf der kleinen Sicherungsschraube mit einem segmentartigen Ausschnitt versehen, welcher nach erfolgter Verdrehung derselben ein Vorbeigehen des zu sichernden Schraubenkopfes ermöglicht.

Eine namentlich bei Schiffsmaschinen gebräuchliche Schraubensicherung ist die mittelst Klemmschraube. Sie besitzt den Vortheil, jede beliebig kleine Drehung der Mutter behufs Nachziehens derselben zu gestatten, was bei der früher besprochenen Schraubenversicherung nicht der Fall war. Die Mutter muss hiebei etwas stärker gehalten werden und ist oberhalb sechseckig, unterhalb aber cylindrisch und mit einer eingedrehten Nuth versehen; in diese drückt

eine kleine Klemmschraube, die meist aus Stahl erzeugt und gehärtet ist. Diese Klemmschraube ist entweder in dem zu befestigenden Maschinenteile selbst angebracht (Fig. 30, Taf. 2), oder in einer Unterlagscheibe befestigt (Fig. 31, Taf. 2), wobei diese durch einen kleinen Stift gegen Verdrehung versichert ist. Schrauben, die kein weiteres Nachziehen erfordern, werden entweder durch eine einfache Klemmschraube gesichert (Fig. 32, Taf. 2) oder durch eine angeschraubte, mehreren Muttern gemeinsame Leiste (Fig. 33, Taf. 2) vor dem Zurückgehen gewahrt.

III. Keilverbindungen.

Eine vielfach angewendete Befestigungsart von Maschinenteilen ist die mittelst Keilen; diese Verbindung gehört zu den demontirbaren und wird nach der Beschaffenheit der zu verbindenden Theile verschieden ausgeführt. Das Wesen des Keiles und seine Wirkungsweise wurde bereits im ersten Bande, S. 221, besprochen. Die Steigung des Keiles nennt man auch den Anzug; derselbe kann ein- oder zweiseitig sein. Der Anzug ist bei Keilen, die eine dauernde Verbindung bewerkstelligen sollen, äusserst gering ($\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{50}$); bei solchen, die öfters gelöst werden, etwas grösser ($\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{24}$); endlich bei solchen, die eine Verschiebung der verbundenen Theile gestatten sollen, am grössten ($\frac{1}{6}$). Während Schraube und Niete vorwiegend auf ihre absolute Festigkeit beansprucht wurden, erfolgt die Annahme des Keiles auf dessen Scheerfestigkeit, und zwar entweder senkrecht gegen das Querprofil oder senkrecht gegen das Längsprofil des Keiles; im ersteren Falle wird er Längskeil, im letzteren Querkeil genannt. Es sind daher die bei der Keil- und Fundamentschraube vorkommenden Keile Querkeile, während die Befestigung von Rädern und Scheiben auf Axen oder Wellen durch Längskeile erfolgt. — Längskeile (Fig. 34, Taf. 2) erhalten an ihrem Ende einen vorspringenden Ansatz, Nase genannt, um ein Herausziehen des Keiles zu ermöglichen.

Die Verwendung von Keilen ist eine mannigfache. Die Verbindung kann dabei so erfolgen, dass die verbundenen Theile eine unverrückbare Lage zu einander einnehmen (wie die Wellenstücke in Fig. 39 oder der Kurbelzapfen in Fig. 40); oder die Keilverbindung kann eine derartige sein, dass sie durch Anziehen des Keiles ein

gegenseitiges Verrücken der verbundenen Theile gestattet, was in vielen Fällen wünschenswerth erscheint. (Schubstangenköpfe, Fig. 37, 38, sind vorwiegend mit derartigen Keilen versehen.)

Keilversicherungen.

Wie die Schraubenmuttern, so müssen auch die Keile gegen das Zurückgehen und Herausfliegen gesichert werden, was durch Anbringung von Vorsteckstiften (Fig. 39, Taf. 2), durch Klemmschrauben (Fig. 37, Taf. 2) oder durch Zugschrauben (Fig. 38, Taf. 2) erfolgt. Letztere Sicherungsart wird namentlich bei den hin- und hergehenden Schubstangenköpfen angewendet, und erhält die Zugschraube selbst wieder eine Sicherung durch Gegenmutter.

IV. Bolzenverbindungen.

Die Verbindung mittelst Bolzen erfolgt meist bei Gabelungen und Gelenken. Der Bolzen besteht aus einem cylindrischen Körper (Fig. 35, Taf. 2), der mit einem runden Kopfe versehen und gegen das Herausfallen durch einen vorgesteckten Splint gesichert ist. In Fig. 35, Taf. 2 besitzt der Kopf einen nasenförmigen Ansatz, der ein Verdrehen des Bolzens hindert. Der vorgesteckte Splint stützt sich dabei auf eine Unterlagscheibe. Der Bolzenkopf wird mitunter auch eingelassen; in diesem Falle wird er conisch hergestellt, wie aus der in Fig. 36 dargestellten Befestigungsweise ersichtlich ist.

B. Mittel zur Übertragung rotirender Bewegungen.

Als zweite Gruppe von Maschinenelementen kann man jene betrachten, die zur Übertragung rotirender Bewegungen dienen. Nach der Art und Weise der Übertragung theilen sich diese Elemente in zwei Gruppen, nämlich in solche, welche die rotirende Bewegung ohne Geschwindigkeits- und Drehungsrichtungs-Änderung übertragen, und in solche, die entweder die eine oder die andere oder auch beide Änderungen gleichzeitig bezwecken.

I. Mittel zur ungeänderten Übertragung von rotirenden Bewegungen.

1. Axen und Wellen.

Zur ungeänderten Übertragung rotirender Bewegungen bedient man sich im Maschinenwesen der Axen und der Wellen. Beide sind meist cylindrische Körper, die durch die continuirliche Drehung um ihre geometrische Axe das Fortpflanzen einer rotirenden Bewegung ermöglichen. Je nach der Art der Inanspruchnahme werden sie in Axen und Wellen geschieden; erstere sind bloß biegenden Kräften, letztere aber verdrehenden, oder auch gleichzeitig biegenden und verdrehenden Kräften ausgesetzt.

Axen sind aus Guss- oder Schmiedeisen, selten aus Holz hergestellt, und dienen zur Aufnahme von Rädern oder ähnlichen Maschinentheilen, mittelst denen die drehende Bewegung übertragen wird. Das Gewicht der Räder belastet die Axe; sie heisst eine einfach oder mehrfach belastete, je nachdem sie ein Rad oder mehrere Räder aufnimmt. Jener Theil, der zur Aufnahme der Last des Rades dient, heisst Axenkopf und ist den Regeln der Biegungsfestigkeit entsprechend stärker gehalten. Jede Axe erhält an mindestens zwei Stellen Unterstützungen. Fällt die Belastung ausserhalb des Unterstützungspunktes hinaus, so heisst die Axe eine freitragende.

Wellen werden entweder nur durch drehende Kräfte beansprucht und heissen in diesem Falle Torsionswellen, oder sie sind auch gleichzeitig belastet und werden dann belastete Wellen genannt. Belastete Wellen erhalten im Angriffspunkte der Last eine Vergrößerung des Durchmessers, einen Kopf; der Durchmesser der Welle läuft gegen denselben an (Anläufe). Torsionswellen werden meist aus Schmiedeisen, belastete Wellen, wie die Axen, vorwiegend aus Gusseisen erzeugt, wobei sie behufs Materialersparniss einen meist sternförmigen Querschnitt erhalten.

2. Kupplungen.

Erfolgt die Übertragung der rotirenden Bewegung auf grössere Entfernungen, so ist es nöthig, die einzelnen Wellenstücke mit einander zu verbinden. Jene Vorrichtungen, deren man sich zur Verbindung von Wellenstücken bedient, heissen Kupplungen.

Sie können entweder so eingerichtet sein, dass die beiden Wellenden in einer festen Verbindung bleiben, und heissen dann feste

Kupplungen, oder sie sind so beschaffen, dass durch Ein- und Ausrücken gewisser Theile die Mitnahme des getriebenen Wellenstückes von Seite des treibenden erfolgt oder unterbrochen wird (Ein- und Auskuppeln); letztere werden lösbare Kupplungen genannt.

Feste Kupplungen kommen in verschiedenen Anordnungen vor; sie können ein- oder zweitheilig sein. Zu den ersteren rechnet man die Muffenkupplung (Fig. 42, Taf. 2); die Wellenenden stossen dabei entweder stumpf aneinander (wie im vorliegenden Falle), oder bilden durch einfaches oder schwalbenschwanzförmiges Überlappen ein sogenanntes Schloss. Über diese Wellenenden wird eine Muffe geschoben und mit denselben durch einen Längskeil, mitunter noch mit jedem Wellenstück durch je einen Querkeil (Fig. 39, Taf. 1) verbunden. — Eine zweitheilige Kupplung ist die in Fig. 43, Taf. 2 dargestellte Scheibenkupplung. Sie besteht aus zwei Scheiben, die mit den beiden Wellenenden durch Längskeile verbunden sind und untereinander durch Schrauben in Verbindung stehen.

Zu den lösbaren Kupplungen zählt man alle jene Constructionen, die ein Ein- und Ausrücken der getriebenen Welle ermöglichen; sie werden im allgemeinen in Zahn- und Frictionskupplungen eingetheilt. Im ersteren Falle erfolgt die Mitnahme der getriebenen Welle von Seite der treibenden durch zahnförmig gestaltete Theile; wird der Eingriff dieser Stücke durch Verrücken eines Kupplungstheiles unterbrochen, so erfolgt auch gleichzeitig eine Unterbrechung der Bewegung der getriebenen Welle. Im letzteren Falle erfolgt die Mitnahme durch Scheiben, die, aneinander gepresst, eine Reibung verursachen, welche zur Übertragung der Bewegung genügt; auch in diesem Falle kann die Bewegung unterbrochen werden, wenn man durch Ausrücken des einen Kupplungstheiles die zur Mitnahme nöthige Reibung behebt. (Universalgelenke; Hook'scher Schlüssel.)

3. Zapfen.

Jede Welle oder Axe muss behufs eines unverrückbaren Verbleibens in ihrer Lage und Richtung mindestens an zwei Stellen unterstützt werden. Diese Unterstützungsstellen haben aber auch die Drehung der Welle um ihre geometrische Axe zu ermöglichen, und muss daher der getragene Theil der Welle die Form eines Rotationskörpers erhalten, der diesen aufnehmende Theil jedoch die zugehörige Hohlform besitzen. Ersteren Theil nennt man Zapfen; die ihn ganz oder theilweise umfassende Hohlform wird Lager genannt.

Zapfen kommen bei der Mannigfaltigkeit der Anwendung rotirender Bewegungen ausserordentlich häufig vor. Je nach der Art der Inanspruchnahme der Zapfen durch die sie belastenden Kräfte werden sie im Allgemeinen in Trag- und Stützzapfen getheilt. Tragzapfen können als Stirn- oder als Halszapfen vorkommen, je nachdem sie am Ende einer Welle liegen oder sich im Verlaufe derselben eingeschaltet befinden. Stützzapfen können entweder als Spur- oder als Kammzapfen zur Anwendung gelangen, wobei für die Benennung der bei den Tragzapfen angeführte Eintheilungsgrund massgebend ist.

Die Länge und der Durchmesser eines Zapfens sind von Einfluss auf dessen Festigkeit, auf den durch die Reibung bedingten Effectverlust und auf die Abnützung desselben. — Die Festigkeit des Zapfens erfordert eine thunlichst geringe Länge desselben, indem alle der Belastung der Welle entsprechenden Druckkräfte auf denselben biegend wirken, und ihr Biegemoment der Zapfenlänge direct proportional ist. Der durch die Reibung hervorgerufene Effectverlust ist von der Zapfenlänge unabhängig, steigt aber mit der Vergrösserung des Zapfendurchmessers. Die aus der Zapfenreibung folgende Abnützung erfordert möglichst grosse Berührungsflächen des Zapfens mit dem Lager, da sie um so geringer ausfallen wird, je kleiner der Druck für die Einheit der Berührungsfläche ist. Eine möglichst geringe Abnützung des Zapfens kann daher nur auf Kosten des Effectverlustes erreicht werden, indem man nur durch Vergrösserung der Länge oder des Durchmessers grosse Berührungsflächen erreichen kann.

Tragzapfen müssen immer mit Anläufen versehen werden, die den Zweck haben, ein Verschieben der Welle in Folge Auftretens etwaiger Schubkräfte zu verhindern. — Kammzapfen nehmen den Druck durch eine Anzahl von Ringen auf, welche an der Welle angebracht sind und sich in die ringförmigen Vertiefungen des zugehörigen Lagers einlegen. Auch hier wählt man auf Kosten der Effectübertragung lieber grössere Durchmesser der Ringe, indem dadurch der Druck auf die Flächeneinheit, mithin auch die Abnützung, geringer wird, was aus dem Grunde um so nöthiger erscheint, als sich der Druck ohnehin nicht auf alle Ringe vollkommen gleichförmig vertheilt.

4. Lager.

Zapfenlager haben, wie bereits erwähnt wurde, einen zweifachen Zweck; sie sollen erstens die Drehung des Zapfens um seine geometrische Axe ermöglichen, anderseits den Zapfen, mithin auch

die Welle, in einer Lage erhalten, die ihr Zusammenhang mit anderen Maschinentheilen bedingt. — Zapfenlager bestehen daher aus Theilen, die durch gänzlich oder theilweises Umschliessen des Zapfens seine Drehung, und aus solchen, welche die Befestigung desselben ermöglichen sollen; ersteren Zweck erfüllen die Lagerschalen, letzteren der Lagerkörper.

Die Lagerschalen sind meist zwei-, mitunter auch mehrtheilig, und müssen die Hohlform jenes Rotationskörpers besitzen, die dem Zapfen eigen ist; sie sind daher in den meisten Fällen nach einer cylindrischen, seltener nach einer Kugelfläche geformt. Sie bestehen stets aus einem weicheren Materiale als der Zapfen, um die Zapfenreibung und mithin auch die Abnutzung des Zapfens möglichst zu verringern. In besonders wichtigen Fällen bringt man in den Lagerschalen Aussparungen an, welche mit leichtflüssigen Legirungen ausgegossen werden. Die so gebildeten Auflagen schmiegen sich dem Zapfen leicht an und tragen bei guter Wartung zu dessen Erhaltung wesentlich bei; im entgegengesetzten Falle schmelzen sie schon bei selbst geringer Erwärmung des Zapfens und machen durch sofortiges Verstopfen der Schmierlöcher und Schmiernuten eine weitere Schmierung des Zapfens mit Öl unmöglich. — Die Lagerschalen werden vom Lagerkörper aufgenommen, der zum mindesten aus zwei Theilen besteht, nämlich aus dem Lagerdeckel und dem Lagerkörper im engeren Sinne. Beide Theile werden durch Schrauben in einer bestimmten Lage gehalten. Der Lagerkörper ermöglicht mittelbar eine Befestigung desselben mit dem Fundamente und hält auf diese Weise auch den Zapfen und die Welle in einer bestimmten Richtung. Er ruht entweder auf einer eigenen Lager- oder Fundamentplatte auf, welche ihrerseits mit dem Fundamente verbunden ist, oder er ist auf einem Gerüste (Lagerstuhl) befestigt. Lagerdeckel wie Lagerkörper sind meist aus Gusseisen erzeugt und heissen nach der Art des Zapfens, zu dessen Aufnahme sie dienen, Trag- oder Stehlager, Fuss- oder Spurlager. — Lager, die an einem horizontalen Balken derart befestigt sind, dass der Zapfen unterhalb desselben zu liegen kommt, nennt man Hängelager; solche, die auf einem erhöhten Gerüste befestigt werden, Bocklager.

Fig. 44, Taf. 2 stellt ein Stehlager dar; der Aufriss ist halb im Schnitte, halb in der Ansicht gezeichnet, der Grundriss ist in einer Hälfte mit abgehobenem Lagerdeckel dargestellt. — Die beiden Lagerschalen besitzen vorspringende Ränder, Nasen, mittelst denen sie sich an den Lagerkörper anlegen und verhindert werden, eine Längs-

verschiebung einzugehen; an ihrem inneren Umfange besitzen sie die dem Zapfendurchmesser entsprechende Bohrung und liegen mit ihrem äusseren Umfange in zwei ringförmigen Hauleisten im Lagerkörper auf. Letztere sind deshalb angebracht, um nicht den ganzen äusseren Umfang der Lagerdeckel sowie das Innere des Lagerkörpers bearbeiten zu müssen. Um ein Verdrehen der Lagerschalen zu verhindern, besitzt jede Lagerschale ein Zäpfchen, welches in eine entsprechende Bohrung des Lagerkörpers passt, oder sie erhalten seitliche Nasen (Fig. 44, *b*), oder es werden ihre äusseren Hauleisten nach den Flächen eines sechsseitigen Prisma bearbeitet (Fig. 44, *a*), welche auf die in derselben Weise gebildeten Flächen des Lagerkörpers zu liegen kommen. Lagerkörper und Lagerdeckel greifen in einander ein und lassen zwischen sich einen Spielraum, der mindestens eben so gross sein muss, als der zwischen beiden Lagerschalen. Er dient dazu, um trotz der allmäligen Abnützung der inneren Schalenflächen durch das Nachziehen der Deckelschrauben stets eine sichere Lagerung des Zapfens erzielen zu können. — Der Lagerdeckel besitzt einen gefässartigen Ansatz, der zur Aufnahme von Schmiermaterial dient, welches durch die im Deckel wie in der oberen Lagerschale angebrachte Bohrung (in welche ein kleines Rohr gesetzt wird) zum Zapfen gelangt, und sich auf demselben durch die an der Innenfläche der Lagerschale angebrachten Nuten gleichmässig vertheilt. — Der untere Theil des Lagerkörpers liegt auf der Fussplatte des Lagers auf, weshalb die Köpfe der Deckelschrauben in einer entsprechenden Vertiefung des Lagerkörpers versenkt sind. Die Fussplatte wie der untere Lagerkörper sind gleichfalls mit Schrauben verbunden; die Schraubenlöcher sind behufs leichterer Montirung des Lagers länglich und stehen quer über einander. Befindet sich der Lagerkörper in seiner richtigen Lage, so wird er mit der Fussplatte durch festes Anziehen der Schrauben sowie durch Eintreiben von Eisenkeilen, die sich einerseits an die seitlichen Nasen der Fussplatte, anderseits an den Lagerkörper anlegen, sicher verbunden; die Fussplatte selbst wird mittelst Fundamentschrauben am Mauerwerke befestigt.

Fig. 45, Taf. 2 stellt ein Fusslager dar. Dasselbe besteht aus einer kreisförmigen Platte, der Spurplatte, welche im Gegensatze zu den Lagerschalen der Stehlager aus einem härteren Materiale als der Zapfen (meistens aus Stahl) erzeugt ist, auf dem Lagerkörper aufliegt und durch einen sowol in die Platte als in den Lagerkörper eingelassenen Stift am Mitdrehen gehindert wird, und aus einer

Metallbüchse, die im Lagerkörper sitzt und oben behufs Aufnahme des Schmiermaterials etwas erweitert ist. Die Verbindung des Lagerkörpers mit der Fussplatte, sowie jene mit dem Fundamente, erfolgt in der beim Traglager beschriebenen Weise.

II. Mittel zur geänderten Übertragung rotirender Bewegungen.

Die continuirlich rotirende Bewegung einer Welle kann auf eine andere unter gleichzeitiger Änderung der Geschwindigkeit oder der Drehungsrichtung übertragen werden; eine solche Übertragung wird hauptsächlich — je nachdem der Abstand der beiden Wellen ein grösserer oder kleinerer ist — durch Riementriebe oder durch Räderwerke und nur selten durch Scheiben, über welche Ketten oder Seile gelegt sind, bewerkstelligt.

1. Riementriebe.

Jeder Riementrieb besteht aus zwei cylindrischen Scheiben (Riemenscheiben oder Rollen) und aus einem über sie gelegten Riemen ohne Ende (Treibriemen), welcher einen Theil des Umfangs derselben umspannt. Jene Riemenscheibe, welche auf der Welle angebracht ist, von welcher aus die Bewegung weiter übertragen werden soll, heisst die treibende, jene, auf welche die Bewegung übertragen wird, die getriebene; das Riemenstück, welches auf die treibende Scheibe aufläuft, nennt man das führende, das von ihr ablaufende Riemenstück das geführte. — Besteht ein Riementrieb nur aus den oben erwähnten Bestandtheilen, und erfolgt somit die Leitung des Treibriemens ohne Zuhilfenahme anderer Rollen, so heisst er ein selbstleitender, im entgegengesetzten Falle ein Riementrieb mit Leitrollen. (Offene und gekreuzte oder geschränkte Riementriebe.)

Die Übertragung der Bewegung von einer Riemenscheibe auf die andere ist nur durch die Reibung möglich, welche der Riemen in Folge seiner Anspannung auf den Mantelflächen der Riemenscheiben wachruft; diese Reibung wird, falls selbe so gering sein sollte, dass ein Riemengleiten stattfindet, durch Aufstreuen von Colophoniumstaub auf die Gleitseite des Riemens erhöht. — Beginnt die treibende Riemenscheibe sich zu drehen, so erfolgt zunächst die Mitnahme des führenden Riemenstückes in Folge seiner Reibung auf der treibenden

Rolle; da dieses Riemenstück jedoch auch von der getriebenen Riemenscheibe in Folge der Reibung gehalten wird, so tritt eine Anspannung desselben ein, welche so lange wächst, bis durch selbe der Umfangswiderstand der getriebenen Scheibe erreicht ist; dann erst bewegt sich die letztere. — Dass bei so erfolgter Bewegungsübertragung auch gleichzeitig eine Geschwindigkeitsänderung erfolgen kann, wird ersichtlich, wenn man bedenkt, dass die Umfangsgeschwindigkeiten der Scheiben eines Riementriebes — ein Gleiten des Riemens ausgeschlossen — gleich sein müssen; denn da die Umfangsgeschwindigkeiten der Riemenscheiben ihrem Durchmesser und ihrer Umdrehungszahl direct proportional sind, so ist klar, dass eine Änderung des Durchmessers einer Scheibe, bei gleich bleibender Umfangsgeschwindigkeit, auch eine Änderung der Umdrehungszahl im Gefolge haben müsse; und zwar verhalten sich die Umdrehungszahlen der Wellen eines Riementriebes verkehrt wie die Durchmesser der zugehörigen Riemenscheiben. Dass ein Riementrieb nebst der Änderung der Umdrehungszahl (Geschwindigkeit) auch eine Änderung der Drehungsrichtung bewerkstelligen kann, wird aus dem Anblick eines gekreuzten Riementriebes ersichtlich.

Treibriemen werden oft aus Guttapercha, meistens aber aus gut gegerbtem Leder erzeugt, welches in Streifen geschnitten und durch Näthe zu einem Stücke ohne Ende gebildet wird; seltener erfolgt die Verbindung der einzelnen Riemenstücke durch Leimung, durch Niete oder Metallschnallen.

Die Riemenscheiben werden aus Gusseisen (manchmal aus Holz) erzeugt; sie bestehen (Fig. 46, Taf. 2) aus der Nabe, welche mittelst eines Keiles auf der Welle befestigt wird, aus dem Kranze, auf welchen der Riemen zu liegen kommt, und aus den Armen, welche die Verbindung der Nabe mit dem Kranze herstellen. — Behufs einer besseren Auflage des Riemens ist bei grösseren Riemenscheiben die äussere Fläche des Kranzes etwas gewölbt abgedreht.

Oft tritt das Bedürfniss ein, die Geschwindigkeit der getriebenen Welle, bei sich gleich bleibender Geschwindigkeit der treibenden, zu ändern; je nachdem die beabsichtigte Änderung der Geschwindigkeit der getriebenen Welle eine successiv zu- oder abnehmende oder aber nach einem bestimmten Verhältnisse anzuwendende sein soll, bedient man sich der conischen Trommeln oder der Stufenscheiben; erstere finden beispielsweise in Spinnereien, letztere namentlich bei Holz- und Metall-Bearbeitungsmaschinen Verwendung. Die Stufenscheiben (Fig. 47, Taf. 2) bestehen aus mehreren Riemenscheiben von

verschiedenen Durchmessern, welche in einem Stücke gegossen werden. Die Durchmesser eines Stufenscheibenpaares müssen zu einander in einem bestimmten Verhältnisse stehen, damit eine durch sie einzuleitende Geschwindigkeitsänderung nicht auch gleichzeitig eine Änderung der Länge des zugehörigen Treibriemens nothwendig mache.

2. Räderwerke.

Soll die rotirende Bewegung einer Welle auf eine zweite ihr naheliegende Welle übertragen werden, so wendet man bei Übersetzung kleinerer Kräfte Scheiben an, die sich, je nach der Axenlage, in cylindrischen oder in conischen Flächen berühren. Wenn beide Scheiben aneinander gepresst werden, so erfolgt die Bewegungsübertragung in Folge der durch den Druck hervorgerufenen Reibung der sich berührenden Flächen; solche Scheiben nennt man *Frictionsräder*. — Ist aber der Umfangswiderstand ein grösserer, und sind Stösse oder plötzliche Geschwindigkeitsänderungen der treibenden Welle zu gewärtigen, und wäre ferner bei grösserem Umfangswiderstande die zur Bewegungsübertragung nöthige Reibung beider Räder so gross, dass daraus eine baldige Abnützung derselben folgen würde, so versieht man die Räder an ihrem Umfange mit künstlichen Unebenheiten in der Art, dass die Erhöhungen des einen Rades in Vertiefungen des anderen eingreifen. Diese am Umfang angebrachten Erhöhungen nennt man *Zähne*, die entsprechenden Vertiefungen *Zahnücken*, endlich die Räder, an denen sie angebracht wurden, *verzahnte Räder* oder *Zahnräder*. — Wenn wir uns die Zahnräder auf solche Weise aus Frictionsrädern entstanden denken, so ist es ersichtlich, dass sich selbe gleichfalls in zwei Rotationsflächen berühren, die bei paralleler Stellung der Axen Cylinderflächen, bei schiefer Stellung derselben aber Kegelflächen sein werden. Im ersteren Falle nennt man sie *cylindrische* oder *Stirnräder* (Fig. 48, Taf. 2), im letzteren *conische* oder *Kegelräder* (Fig. 49, Taf. 2).

Denkt man sich die Berührungsfläche eines Stirnrades durch eine senkrecht zu seiner Axenrichtung gelegte Ebene geschnitten, so ist die hiedurch entstehende Durchschnittslinie offenbar ein Kreis. Diesen nennt man den *Grund- oder Theilkreis*. — Auch die Berührungsflächen von Kegelrädern geben, durch senkrecht zu ihrer Axenrichtung gelegte Ebenen geschnitten, Kreise als Durchschnittslinien, deren Durchmesser gegen den Fuss des Berührungskegels hin wächst; man nennt in diesem Falle den grössten dieser Kreise, das

ist jenen, der am Fusse des Berührungskegels selbst liegt, den Grund- oder Theilkreis.

Theilkreis wird dieser Kreis deswegen genannt, weil auf demselben die Theilung des Rades, das ist der Abstand zweier Zähne, aufgetragen wird. Der Theilkreis theilt jeden Zahn in zwei Theile: in den Zahnkopf, das ist das oberhalb desselben befindliche Zahnstück, und den Zahnfuss, der unterhalb des Theilkreises liegt. Die gegen die Zahnhöhe senkrechten Dimensionen des Zahnes sind die im Theilkreise zu messende Zahndicke und die Zahnbreite. Die Zahndicke ist von der Theilung des Rades abhängig; sie ist etwas kleiner als die halbe Entfernung zweier Zähne, indem die Zahnücke grösser als die Zahndicke ist. Die Breite und Dicke des Zahnes sowie die Zahnhöhe sind von der Grösse der zu übertragenden Umfangskraft sowie von der Umfangsgeschwindigkeit abhängig.

Die den Zahn begrenzenden gekrümmten Seitenflächen nennt man die Zahnflanken. Die Form der Krümmung dieser Seitenflächen ist von Wichtigkeit und muss derart beschaffen sein, dass die Übertragung der Bewegung ohne Stösse und ohne Unterbrechungen stattfindet. Es besitzen daher alle Zahnflanken gut ausgeführter Räder bestimmte Zahnformen. (Beschreibe die Evolventen- und die Cycloiden-Verzahnung.)

Je nach dem Orte der Anbringung der Zähne theilt man die Zahnräder in solche mit äusserer und innerer Verzahnung ein; im ersteren Falle sitzen die Zähne am äusseren, im letzteren am inneren Umfang des Zahnkranzes.

Das Übersetzungsverhältniss bei Zahnrädern wird nicht wie bei den Riemenscheiben durch das Verhältniss ihrer Durchmesser, sondern durch das ihrer Zähnezahlen ausgedrückt.

Zahnräder werden meist aus Gusseisen, nur in seltenen Fällen aus Messing oder Schmiedeisen hergestellt; sie bestehen aus der Nabe, den Armen und dem Zahnkranze, welch' letzterer zur Aufnahme der Zähne bestimmt ist. Die Zähne bestehen entweder aus demselben Materiale wie der Kranz, und sind in diesem Falle mit diesem in einem Stücke gegossen, oder sie sind aus Holz erzeugt und werden in entsprechende Öffnungen des Zahnkranzes eingesetzt und durch Holzkeile unter einander befestigt (Fig. 48, Taf. 2). Grössere Räder erhalten häufig Holzzähne, welche mit den Eisenzähnen des zugehörigen kleineren Rades arbeiten. Der Eingriff eines Rades mit Holz- in eines mit Eisenzähnen ist sehr günstig, indem erstens die Räder bedeutend ruhiger arbeiten, zweitens aber ein Bruch stets bei

einem Holz- und nicht bei einem Eisenzahn erfolgt, und man ersteren leicht auswechseln kann. — Die Arme der Räder erhalten Verstärkungsrippen und besitzen daher einen T- oder sternförmigen Querschnitt.

Soll die drehende Bewegung einer Welle auf eine zweite übertragen werden, die so gelegen ist, dass ihre Axe weder mit der der ersteren parallel liegt, noch selbe schneidet, sondern sie kreuzt, so kann diese Bewegungsübertragung nicht in der besprochenen Weise mittelst Stirn- oder Kegelrädern erfolgen, sondern sie geschieht (Fig. 54, Taf. 2) durch den Eingriff schiefstehender Zähne eines am Umfang verzahnten Rades mit einem zähneartig geformten Gewinde einer Schraubenspinde. Die Theilung dieses Zahnrades ist dann offenbar gleich der Ganghöhe der Schraube, und es heisst ersteres, wie bereits bekannt, das Schneckenrad, letztere aber die Schnecke oder Schraube ohne Ende.

3. Ketten- und Seiltriebe.

Bei der Anwendung von Ketten- und Seilscheiben zur Übertragung von rotirenden Bewegungen ist es die Anspannung im führenden Ketten- oder Seilstücke, welche auf den Scheiben einen Reibungswiderstand wachruft, der die Bewegungsübertragung ermöglicht. — Man theilt die Ketten je nach der Art ihrer Anwendung in Lastketten und Treibketten. Erstere werden für das blosses Tragen oder Fortbewegen von Lasten, letztere aber bei Übertragung rotirender Bewegungen gebraucht. Ihrer Form nach unterscheidet man: die weite Ringkette (deutsche Kette), die enge Ringkette (englische Kette), die Stegkette und die Gelenkskette (siehe Fig. 50, Taf. 2). Die ersteren drei Gattungen sind aus einer Reihe von ineinandergreifenden Gliedern, den Kettengliedern, die aus Rundeisen erzeugt sind, letztere Gattung aber durch entsprechende Verbindung von Flacheisenschienen mit quergehenden Bolzen gebildet. — Die Kettenglieder der deutschen Ketten sind mehr länglich und lassen ein leichtes Verwirren der Kette zu, jene der englischen sind mehr oval; die Stegkette besitzt ein eingeschweisstes Querstück, den Steg, um ein Zusammendrücken der Kettenglieder durch starkes Anspannen derselben, sowie ein Verwirren der Kette zu verhindern. — Die Erzeugung der einzelnen Kettenglieder erfolgt auf dem Horn eines Ambosses durch Biegen und Zusammenschweissen von Rundeisenstücken, und wird die Hälfte der Kettenglieder für sich, die andere Hälfte aber unter gleichzeitiger Verbindung mit ersteren erzeugt.

Von der guten Schweissung und dem Materiale der Kette hängt die Festigkeit derselben wesentlich ab.

Werden Ketten zur Übertragung rotirender Bewegungen benützt, so erhalten die Kettenscheiben am Umfange entsprechende Vertiefungen, um ein gutes Einlegen der Kette zu ermöglichen. Bei Anwendung von Gelenkketten zum gleichen Zwecke wird der Umfang der Scheibe mit zahnförmigen Vertiefungen versehen, in welche sich die Querbolzen der Kette einlegen.

Zur Verbindung der Kettenstücke untereinander gebraucht man die Scheckel und Wirbel oder Warrel (Fig. 51); erstere bestehen aus einem einerseits offenen Kettengliede von etwas grösserer als der normalen Länge, welches durch einen Bolzen abgeschlossen werden kann; letztere ermöglichen ein Verdrehen der Kette um ihre Längsaxe. — Zur Anhängung von zu hebenden Lasten an Ketten bedient man sich der Kettenhaken (Fig. 52); diese besitzen entweder einen kreisförmigen oder einen kreisförmigen, durch zwei parallele Ebenen begrenzten Querschnitt (wie im vorliegenden Falle), oder ihr Querschnitt ist trapezförmig. An den Kettenhaken schliesst sich gewöhnlich ein Wirbel an, um dessen Drehbarkeit zu ermöglichen. Soll aber eine Kette an einem Haken befestigt werden, so gebraucht man einen Wirbelring (Fig. 53).

Die zur Verwendung gelangenden Seile werden in Hanfseile und Drahtseile geschieden; ihrer Form nach theilt man sie in Rundseile und in flache oder Bandseile. — Hanfseile werden zu Rundseilen durch Zusammendrehen mehrerer Litzen erzeugt, während Bandseile nebeneinander liegende Litzen besitzen; die bedeutende Biegsamkeit der Hanfseile gestattet ihre Verwendung in allen jenen Fällen, in welchen Rollen oder Trommeln von geringem Durchmesser zur Anwendung gelangen, wie z. B. bei Flaschenzügen. Sie leiden jedoch durch Nässe oder Temperaturswechsel sehr und erhalten in Fällen, in welchen sie solchen Einflüssen sehr ausgesetzt sind, einen Theer- oder Asphaltanstrich; jedoch erfolgt die Vergrösserung ihrer Dauerhaftigkeit in diesem Falle stets auf Kosten ihrer Biegsamkeit. Die Tragkraft eines Hanfseiles hängt in erster Linie von der Qualität des zu seiner Herstellung verwendeten Hanfes und von der Grösse des Seilquerschnittes, sowie vom Grade der Drehung der Fäden in den einzelnen Litzen ab.

Drahtseile werden als Rundseile durch Zusammendrehen von Litzen um eine Hanfseele gebildet; selbe finden hauptsächlich als Trag- und Förderseile, als Triebseile, sowie als stehendes Gut auf Schiffen

ihre Verwendung. — Da Drahtseile eine grosse Steifigkeit besitzen, müssen bei Leitung derselben über Rollen letztere bedeutende Durchmesser erhalten, wie z. B. die Seiltrommeln bei Fördermaschinen. Drahtseile werden meistens aus Eisendraht, seltener aus Kupfer- oder Stahldraht erzeugt.

C. Mittel zur Verwandlung geradliniger hin- und hergehender Bewegungen in continuirlich rotirende und umgekehrt.

Die Verwandlung einer gegebenen hin- und hergehenden Bewegung eines Maschinentheils in die continuirlich rotirende einer Welle und umgekehrt spielt im Maschinenwesen eine äusserst wichtige Rolle. Fast bei einer jeden Maschine finden sich derlei Bewegungsübersetzungen vor, und werden dieselben, je nach dem Zwecke, zu welchem das rotirende oder hin- und hergeführte Maschinenelement dienen soll, verschieden ausgeführt. Unter den vielen Anordnungen dieser Bewegungsübertragung ist der Kurbelmechanismus sowie der zu diesem einschlägige mittelst excentrischer Scheiben der wichtigste, und sollen beide in Folgendem zur Besprechung gelangen.

I. Der Kurbelmechanismus.

1. Bestandtheile desselben.

Soll die geradlinig hin- und hergehende Bewegung eines Maschinentheils in die continuirlich rotirende einer Welle umgesetzt werden, so hängt man an das Ende einer mit demselben fest verbundenen Stange gelenkartig eine zweite ein, deren Ende mit dem Zapfen eines Hebels verbunden ist, welcher sich auf einem Wellenende aufgekeilt befindet. Den Hebelarm der Welle nennt man Kurbel und die mit einem Zapfen desselben, dem Kurbelzapfen, gelenkartig verbundene Stange die Schub- oder Pleuelstange. Die Verbindung der letzteren mit dem Ende der hin- und hergehenden Stange erfolgt durch Einschaltung eines Zwischenstückes, welches Kreuzkopf genannt wird. So lange dieses eine Ausweichung des Endstückes der hin- und hergehenden Stange von ihrer geradlinigen Bahn ver-

hindert, erfolgt mittelst der Schubstange eine rotirende Bewegung der Kurbel. Die Schubstange wird deshalb auch oft Triebstange genannt.

Fig. 1, Taf. 3 zeigt die schematische Anordnung eines Kurbelmechanismus. Der Kreuzkopf ist mittelst einer aus zwei Linealen gebildeten Geradföhrung geleitet und bedingt das Verbleiben der mit ihm in fester Verbindung befindlichen Stange in ihrer geradlinigen Bahn; er ist aber andererseits mit der Schubstange gelenkartig verbunden, welche um einen am Kreuzkopfe befindlichen Zapfen schwingen kann. Schubstange und Kurbel sind in der Figur durch gerade Linien angedeutet.

2. Art und Weise der Bewegungsübertragung.

Dass ein aus vorerwähnten Bestandtheilen bestehender Mechanismus die hin- und hergehende Bewegung des einen Elements in die rotirende des anderen verwandelt, ist aus folgender Betrachtung leicht ersichtlich: Denken wir uns die Kurbel horizontal nach rechts stehend, so befindet sich der Kreuzkopf in der Stellung 1, und es liegen Kurbel und Schubstange in einer Geraden, die, wie wir sehen werden, auch die Symmetrielinie der ganzen Bewegung ist. Rückt nun der Kreuzkopf gegen den Punkt 2, so müssen sich Kurbel und Schubstange von dieser Symmetrielinie heben oder unter dieselbe senken, indem der Abstand vom Wellenmittel bis zum Kreuzkopfe, der früher der Summe der Schubstangen- und der Kurbellänge gleich war, nun ein geringerer wird.

Angenommen, Kurbel und Schubstange hätten sich über die Gerade $W_3 W_1 K_3 K_1$ (Fig. 2, Taf. 3) gehoben, so bleiben sie auch so lange über derselben, bis der Kreuzkopf in die Stellung 2 gelangt, in welchem Falle die Schubstange die Kurbel deckt und die Entfernung vom Wellenmittel zum Kreuzkopfe der Differenz der Schubstangen- und der Kurbellänge gleich ist. — Bei der Zurückbewegung des Kreuzkopfes gegen seine ursprüngliche Lage 1 werden sich Kurbel und Schubstange unter die Mittellinie senken, bis sie, beim Eintreffen des Kreuzkopfes in seiner Anfangsstellung, wieder ihre ursprüngliche Lage erreichen, das ist in einer Geraden liegen. Bei dieser beschriebenen Bewegung des Kreuzkopfes hat die Schubstange eine schwingende Bewegung vollbracht, der Kurbelzapfen aber ist von W_1 über WW_2 nach W_3 und über W_4 zurück nach W_1 gelangt, hat also, da seine Entfernung vom Wellenmittel constant blieb, um dasselbe einen Kreis beschrieben.

Wenn also der Kreuzkopf von seiner Anfangsstellung über seine Endstellung in die Anfangsstellung zurückkehrt, so beschreibt der Kurbelzapfen einen Kreis und die Welle vollbringt eine Umdrehung. Nachdem dabei die grösste Entfernung des Kreuzkopfes vom Wellenmittel gleich der Summe der Schubstangen- und der Kurbellänge, die kleinste Entfernung desselben vom Wellenmittel aber der Differenz jener beiden Längen gleich ist, so sind die äussersten Lagen des Kreuzkopfes um die doppelte Kurbellänge von einander entfernt. Man sagt hiefür: der Hub des Kreuzkopfes ist gleich der doppelten Kurbellänge.

3. Weg des Kreuzkopfes, und des Kurbelzapfens.

Im Vorigen wurde dargelegt, dass die Lage des Kreuzkopfes in seinen Endstellungen $K_1 K_3$ (Fig. 2) die Stellung des Kurbelzapfens in den Punkten $W_1 W_3$ bedingt. Über den Weg und die Stellung des Kurbelzapfens für eine beliebige Lage des Kreuzkopfes zwischen diesen Endstellungen gibt uns folgende Betrachtung Aufschluss: Denken wir uns die Schubstange unendlich lang, so wird sie bei der Bewegung der Kurbel stets parallel zur Symmetrielinie bleiben, und es ist die Entfernung des Kreuzkopfes von seiner Anfangslage stets gleich der Horizontal-Projection des Kurbelzapfenweges. Für eine beliebige Stellung W_1 des Kurbelzapfens ist $AW_1 = KK_1$.

Anders verhält es sich, wenn die Schubstange eine endliche Länge besitzt. Halten wir die allgemeine Lage des Kurbelzapfens in W fest, so ist in diesem Falle der Weg des Kurbelzapfens (im Sinne der Symmetrielinie) AW_1 kleiner als KK_1 . Denken wir uns nämlich die Schubstange von der Kurbel losgelöst und um den Punkt K in die Mittellinie gedreht, so ist CW_1 der Weg des Kreuzkopfes für diese Kurbellage, indem wir uns ja auch die Schubstange aus der Stellung $K_1 W_1$ in die Stellung KC längs der Mittellinie verschoben vorstellen können. Um die Grösse der Pfeilhöhe des Bogens CW , das ist um die Grösse $CA = w$, ist daher der Weg des Kurbelzapfens kleiner als jener des Kreuzkopfes. Wenn sich also der Kurbelzapfen in seiner Mittellage W_2 befindet, so ist nicht auch der Kreuzkopf gleichzeitig in seiner Mittellage, sondern bereits über selbe hinaus. Diese Differenz beider Wege ist für den Punkt W_2 offenbar die grösste, indem eine von W_2 entsprechend verzeichnete Bogenlänge, somit auch die zugehörige Pfeilhöhe, die grösste wäre. Sie nimmt bei der Weiterbewegung des Kurbelzapfens von W_2 aus ab und ist im Punkte W_3 wieder gleich Null; der Weg der Kurbel im Sinne der Symmetrielinie

($W_1 W_3$) ist gleich dem Wege des Kreuzkopfes ($K_1 K_3$). Bei der Bewegung des Kurbelzapfens auf der unteren Hälfte seiner Bahn tritt gerade das Entgegengesetzte ein. Denn befindet sich derselbe unterhalb der Symmetrielinie in einer allgemeinen Stellung W , so ist $W_3 B$ der Weg des Kurbelzapfens, während der Weg des Kreuzkopfes nur $W_3 E$ ist. Eilte daher der Kreuzkopf bei der Bewegung des Kurbelzapfens oberhalb der Mittellinie demselben vor, so eilt er jetzt demselben nach, und zwar erreicht dies Nacheilen ein Maximum für die Lage W_4 , von welchem Punkte ab es abnimmt und in W_1 wieder gleich Null wird.

Benennen wir jenen Theil der Kurbelbewegung, während welchem sich der Kreuzkopf dem Wellenmittel nähert, mit der Bezeichnung Her(zu)gang, und jenen Theil derselben, während welchem sich der Kreuzkopf vom Wellenmittel entfernt, mit Hin(weg)gang, so können wir nach dem Vorigen folgenden Satz aufstellen: Während des Herganges eilt die Kurbel dem Kreuzkopfe nach, während des Hinganges eilt sie demselben vor. — Für eine beliebige Stellung des Kreuzkopfes kann man die zugehörige des Kurbelzapfens leicht dadurch finden, dass man von jenem Punkte des Kreuzkopfes aus, in welchem die Schubstange eingehängt ist, mit der Länge derselben einen Kreisbogen beschreibt; der Punkt, in welchem dieser Bogen den Kreis des Kurbelzapfens schneidet, bestimmt die gesuchte Stellung der Kurbel. Dieser Bogen schneidet den Kurbelkreis im Allgemeinen in zwei Punkten; es entsprechen daher ein und derselben Kreuzkopfstellung stets zwei Kurbelstellungen; die eine fällt in den Hingang, die andere in den Hergang. — Für die Endstellungen des Kreuzkopfes fallen diese beiden Schnittpunkte in je einen zusammen (W_1 und W_3).

4. Kräfte, welche im Kreuzkopfe und in der Schubstange wirksam sind.

Denken wir uns, die Kurbel bewege sich, wie in Fig. 2, *a* und 2, *b* angedeutet ist, und befinde sich in der Stellung der Fig. 2, *a*. In diesem Falle erfolgt die Bewegung der Kurbel in Folge des Schubes, den der Kreuzkopf durch die mit selbem fest verbundene Stange erhält und dessen Intensität und Richtung in der Figur mit P bezeichnet ist. Die Schubstange stellt vermöge des Widerstandes, den die Kurbel der Drehung entgegensetzt, der Verschiebung des Kreuzkopfes ein Hinderniss entgegen, dem eine in der Figur mit p bezeichnete Kraft

entspricht, deren Richtung in die der Schubstange fällt. — Soll daher eine Bewegung des Kreuzkopfes, d. i. eine Drehung der Kurbel stattfinden, so muss die Kraft P für jede Lage des Kreuzkopfes sich in zwei Componenten zerlegen lassen, deren eine in die Schubstangenrichtung fällt und im Allgemeinen grösser ist als jener Widerstand p , während die andere Componente senkrecht zur Bewegungsrichtung des Kreuzkopfes ausfällt; letztere ist in der Figur mit Q bezeichnet. Diese Componente Q würde ein Heraustreten des Kreuzkopfes aus seiner geraden Bahn bewirken, wenn er nicht auf einer festen Fläche gleiten würde, die dies verhindert. Für die betrachtete Kurbelstellung in Fig. 2, *a* haben wir also in der Schubstange einen Druck in deren Längsrichtung, und im Kreuzkopfe einen Druck nach abwärts. Für den ganzen Hergang der Kurbel bleiben die Verhältnisse dieselben; befindet sich aber die Kurbel im Hingang (Fig. 2, *b*), so herrscht in der Schubstange ein Zug und der Kreuzkopf wird gleichzeitig abwärts gedrückt.

Setzen wir die in Fig. 2, *c* und 2, *d* angedeutete Drehungsrichtung der Kurbel voraus, so bleibt die Betrachtung dieselbe. — In der Fig. 2, *c* befindet sich die Kurbel im Hergange, die Schubkraft P des Kreuzkopfes findet einen Widerstand von der Grösse und Richtung der Kraft p ; soll die Drehung der Kurbel stattfinden, so müssen wir uns die Kraft P durch zwei Componenten ersetzt denken, wovon eine jener Kraft p entgegengesetzt ist und im allgemeinen wieder grösser als selbe sein muss, während die andere Componente wieder senkrecht zur Bewegungsrichtung des Kreuzkopfes ausfällt. Erstere Componente bewirkt bei dieser Kurbelstellung einen Druck in der Längsrichtung der Schubstange, und die zweite mit Q bezeichnete wirkt senkrecht nach aufwärts. Letztere würde also ein Abheben des Kreuzkopfes von seiner Bahn bewirken, wenn derselbe nicht geführt wäre. Für den ganzen Hergang der Kurbel bleiben diese Kraftverhältnisse gleich. Für den Hingang der Kurbel macht zwar der Druck in der Schubstange einem Zuge in derselben Platz, der Kreuzkopf wird aber wieder nach aufwärts gedrückt, wie aus Betrachtung der Fig. 2, *d* hervorgeht.

Für eine und dieselbe Drehungsrichtung erfolgt somit im Kreuzkopfe ein Druck senkrecht zu seiner Bahn, und zwar stets nur in einer Richtung; in der Schubstange wechseln Zug und Druck bei jeder Umdrehung der Kurbel, die Schubstange wird während des Herganges stets auf Druck, während des Hinganges auf Zug beansprucht.

Die Grösse des Druckes im Kreuzkopfe ist in den einzelnen Phasen der Bewegung verschieden; dieser Druck wächst mit dem Winkel α (Fig. 3, Taf. 3), den die Schubstange mit der Symmetrielinie bildet, und ist daher für die Kurbelstellungen 2 und 4 am grössten. Der Winkel α wird im Allgemeinen um so grösser, je kleiner die Schubstangenlänge bei gegebener Kurbellänge ist; man gibt daher den Schubstangen stets die grösste zulässige Länge (meistens das 5- bis 7fache der Kurbellänge), um möglichst geringe Schwankungen im Drucke des Kreuzkopfes zu erhalten.

5. Kräfte, welche am Kurbelzapfen wirksam sind.

Die in die Schubstangenrichtung fallenden Kräfte werden unmittelbar auf den Kurbelzapfen übertragen. Denken wir uns die Schubstange unendlich lang, so dass sie für jede Kurbelstellung parallel zur Mittellinie bleiben würde, und eine Kraft P , die constant auf sie einwirkt, so wird für eine beliebige Kurbelstellung offenbar nicht die ganze Kraft P zur Drehung der Kurbel nutzbar übertragen, sondern nur jene Componente derselben, welche in die für diese Kurbelstellung an den Kurbelkreis gezogene Tangente fällt, während die zweite Componente der Kraft P , die senkrecht gegen erstere, also in der Kurbelrichtung liegt, blos ein Andrücken der Welle im Lager hervorbringt. Es ist einleuchtend, dass in den Lagen 1 und 3 der Kurbel gar keine die Drehung der Kurbel fördernde Kraftübertragung stattfindet; es wird für diese Punkte keine in der Schubstangenrichtung wirkende Kraft im Stande sein, der Kurbel eine drehende Bewegung zu verleihen, und man nennt daher auch die Punkte 1 und 3 die todten Punkte. Von der Anfangsstellung 1 steigt die Grösse der die Kurbel bewegenden Kraft immer mehr, bis sie bei einer zur Kurbellage 1 senkrechten Richtung ihr Maximum erreicht, in welchem Punkte diese Kraft, die man auch die Umfangs- oder Tangentialkraft zu nennen pflegt, gleich dem Drucke in der Schubstange wird. Von dieser Kurbellage 2 an sinkt die Umfangskraft immer mehr und wird im Punkte 3, dem zweiten todten Punkte, gleich Null. Beim Hingange erfolgt das Analoge; von der Kurbelstellung 3 an wächst die Umfangskraft, wird in der Stellung 4 gleich dem Zuge der Schubstange (erreicht somit wieder ihr Maximum) und nimmt von da an ab; in der Kurbellage 1 ist sie wieder gleich Null. Eine unendlich lange Schubstange bewirkt also eine Kraftübertragung in der Art, dass die Umfangskraft am Kurbelkreis für die Drehungswinkel von 90° und 270° ihr Maximum erreicht, näm-

lich der Kraft P gleich wird, für die Winkel 0° und 180° aber ein Minimum erlangt und gleich Null wird.

Diese Betrachtung erhält einige Modificationen, wenn wir die endliche Länge der Schubstange berücksichtigen. Die in die Schubstangenrichtung fallende Kraft ist in diesem Falle nicht constant, sondern wächst, wie aus Fig. 3, Taf. 3 ersichtlich ist, mit dem Winkel, welchen die Schubstangenrichtung mit der Symmetrielinie bildet. Diese Kraft wird offenbar für eine Drehung der Kurbel um 90° (vom todten Punkte aus gerechnet) am grössten. Das Maximum der Umfangskraft am Kurbelkreise erfolgt jedoch schon früher, nämlich dann, wenn die Schubstangenrichtung senkrecht zur Kurbelrichtung steht, in welchem Falle zwar eine etwas geringere Schubstangenkraft als das Maximum wirkt, jedoch ganz zur Bewegung der Kurbel verwendet wird. — Für die Punkte 1 und 3 ist die Umfangskraft gleich Null, und wir erhalten somit bei Berücksichtigung der endlichen Länge der Schubstange folgendes Bild über die wechselnde Umfangskraft. Vom Punkte 1, in welchem die Umfangskraft Null ist, steigt selbe, erreicht in einer Stellung, welche etwas vor der senkrechten Kurbellage ist, ihr Maximum, fällt dann wieder allmähig und ist im Punkte 3 wieder Null. Für die weitere Bewegung der Kurbel beim Hingange steigt die Umfangskraft wieder und erreicht für eine gewisse Kurbelstellung (die hier rechts von der um 270° gedrehten Kurbel liegt) ihr zweites Maximum, und wird im Punkte 1 wieder Null.

Nachdem, wie früher erwähnt wurde, die in die Schubstangenrichtung fallende Kraft mit dem Neigungswinkel α wächst, so empfiehlt es sich, um möglichst geringe Schwankungen in der Inanspruchnahme der Schubstangen zu erzielen, das Verhältniss der Schubstangenlänge zur Kurbellänge gross zu halten.

6. Geschwindigkeit des Kurbelzapfens.

Wir denken uns, dass der Kurbelzapfen mit einer gewissen Geschwindigkeit im todten Punkte 1 anlange. Würden auf denselben von da an gar keine Kräfte einwirken, so müsste er (vom Einflusse der Reibungswiderstände abgesehen) mit dieser Geschwindigkeit weiter rotiren. Nun wirken aber auf denselben Kräfte ein, nämlich die Umfangskraft im Sinne der Drehung, und zwar mit variabler Intensität, und dieser Umfangskraft entgegen der Umfangswiderstand Q mit constanter Intensität. — Die Einwirkung dieser beiden Kräfte wird die Geschwindigkeit des Kurbelzapfens in nachfolgender Weise beeinflussen:

Nachdem, wie bekannt ist, die Umfangskraft für den Punkt 1 gleich Null, in der Nähe desselben aber sehr gering ist, so leuchtet ein, dass wegen des constanten Widerstandes Q eine Weiterbewegung des Kurbelzapfens vom todten Punkte aus nur bei gleichzeitiger Abnahme der Geschwindigkeit erfolgen kann, welche Geschwindigkeitsverminderung so lange dauern muss, bis in einer gewissen, zwischen 0° und 90° liegenden, Kurbelstellung die Umfangskraft gleich dem Umfangswiderstande Q wird. Bei der von dieser Lage aus erfolgenden stetigen Zunahme der Umfangskraft, die jetzt immer grösser als Q ist, erfolgt auch ein stetiges Wachsen der Geschwindigkeit des Kurbelzapfens. Hieraus ist ersichtlich, dass bei jener Kurbelstellung, in welcher die Umfangskraft gleich Q war, die Geschwindigkeit des Kurbelzapfens ihren niedrigsten Werth erreichte. Wir wissen, dass (eine unendlich lange Triebstange vorausgesetzt) die Umfangskraft für die Drehung der Kurbel um 90° ihr Maximum erreicht, und von da ab sinkt. Die Geschwindigkeit des Kurbelzapfens wächst dabei mit gleichzeitiger Zunahme der Umfangskraft, sie wächst aber auch noch dann, wenn die Umfangskraft bereits im Sinken begriffen ist, und zwar so lange, bis die Kurbel in eine Stellung gelangt, in welcher wieder die Umfangskraft gleich dem Umfangswiderstande wird, da ja in allen vorhergehenden Kurbellagen die Kraft grösser als der Widerstand war. Die Kurbellage, in welcher die Umfangskraft zum zweiten Male gleich dem Umfangswiderstande wird, liegt zwischen 90° und 180° und ist, da bei der Weiterbewegung der Kurbel ein Sinken der Geschwindigkeit eintreten muss, somit jene, in welcher das Maximum der Geschwindigkeit eintritt. — Die Geschwindigkeit des Kurbelzapfens sinkt bei der weitem Bewegung der Kurbel bis zum todten Punkte 3 wieder auf jene Höhe, die sie im Punkte 1 besass. Für die Bewegung der Kurbel auf der unteren Hälfte ihrer Bahn tritt genau dasselbe ein; es erreicht die Geschwindigkeit des Kurbelzapfens für eine Stellung zwischen 180° und 270° ihr Minimum, für eine Stellung zwischen 270° und 360° ihr Maximum. Die Geschwindigkeit des Kurbelzapfens wird daher bei jeder Umdrehung der Kurbel an zwei Punkten ein Maximum, an zwei Punkten ein Minimum.

Für eine endliche Schubstange erreicht der Kurbelzapfen für jede Umdrehung gleichfalls zweimal eine Maximal- und eine Minimalgeschwindigkeit. Nur die Kurbellagen, in welchen diese Geschwindigkeitsgrenzen erreicht werden, sind andere, da ja auch die Umfangskraft nicht bei 90° , sondern bereits früher ihr Maximum erreicht. — Die Betrachtung erhält aber einige Modificationen, wenn wir auch

noch die Einwirkung der bewegten Massen berücksichtigen. In Wirklichkeit tritt das Minimum der Geschwindigkeit nicht bei jener Kurbellage ein, in welcher die Umfangskraft gleich Q ist, sondern später, indem der bei den nächstfolgenden Kurbellagen gewonnene Zuwachs der Umfangskraft dadurch absorbiert wird, dass die mitrotirenden Massen in Bewegung erhalten werden müssen; anderseits erfolgt auch das Maximum der Geschwindigkeit nicht in jener Kurbellage, in welcher die Umfangskraft wieder gleich dem Widerstande wird, sondern später, indem die in rascher Bewegung befindlichen Massen einen gewissen Überschuss an Kraft repräsentiren. Erst wenn dieser aufgezehrt ist, erfolgt ein Sinken der Geschwindigkeit. — Dadurch nun, dass mit dem Kurbelmechanismus verbundene, mitrotirende Massen die Minimal- und Maximalpunkte der Geschwindigkeit des Kurbelzapfens gegen Kurbellagen hin verrücken, in welchen die Umfangskraft eine bereits grössere, oder, wie im letzteren Falle, eine geringere geworden ist, wird auch der Unterschied zwischen beiden Geschwindigkeitsgrenzen ein geringerer; der Mechanismus arbeitet dann gleichförmiger, und liegt in dieser Function der mitrotirenden Massen die Bedeutung der mit dem Kurbelmechanismus in Verbindung stehenden Schwungräder.

7. Elemente des Kurbelmechanismus.

(Mit besonderer Rücksicht auf Dampfmaschinen und Pumpen.)

a) Kolben. Maschinentheile, die zur Aufnahme der Bewegung tropfbarflüssiger oder gasförmiger Körper dienen, oder zur Übertragung von Bewegungen auf Körper obiger Aggregatzustände verwendet werden, heissen im Allgemeinen Kolben. Jeder Kolben muss behufs räumlicher Theilung des ihn umgebenden Gehäuses mit einem entsprechenden Dichtungsverschlusse an den Gefässwänden anliegen, d. h. gedichtet sein. Die Dichtung besteht aus einem elastischen Körper, der den cylindrischen Kolben in Form eines Ringes umgibt. Je nach der Lage dieses Dichtungsringes kann man von einer äusseren oder inneren Dichtung sprechen. Im ersteren Falle befindet sich die Dichtung im Volleylinder und heisst Kolbendichtung, im letzteren liegt sie im Hohleylinder und heisst Stopfbüchsendichtung. Lässt man das den Kolben umgebende Gehäuse auf einer Seite offen, so heisst der Kolben einfachwirkend, ist dasselbe beiderseits geschlossen, so wird er doppelwirkend genannt. — Die häufigst vorkommenden Kolben sind die Dampf- und die Pumpenkolben. Erstere erfahren in Folge des Dampfdruckes eine hin- und hergehende

Bewegung, letztere übertragen eine ihnen ertheilte Bewegung auf Flüssigkeiten.

Die Dampfkolben werden, je nach der Art der angewendeten Dichtungsliederung, in Hanf- und Metallkolben geschieden. Hanfliederungen werden nur bei niederem Dampfdrucke (jetzt äusserst selten) angewendet. Metallkolben bestehen aus einem cylindrischen Körper, der an seiner äusseren Mantelfläche eingedrehte Nuten besitzt, in welchen sich schräge aufgeschnittene Ringe aus Stahl oder Bronze befinden. Diese Ringe legen sich mit einem gewissen Drucke an die Wandungen des Hohlcylinders (hier des Dampfeylinders) und bewirken dadurch die Abdichtung des Kolbens. — Ist das Metall, aus welchem der Cylinder hergestellt wurde, ein weiches, so soll das des Dichtungsringes noch weicher sein, und finden daher Dichtungsringe aus Bronze häufige Anwendung. Die Abnützung soll eben stets eher an dem leicht zu ersetzenden Ringe, als am Cylinder stattfinden. — Bei Dampfkolben von geringem Durchmesser legen sich diese schräg aufgeschnittenen Ringe unmittelbar in die ringförmigen Nuten des Kolbens. Man macht den Durchmesser des Dichtungsringes etwas grösser als den des Kolbens, und bewirkt dadurch den elastischen Anschluss desselben an das Gehäuse. (Siehe den Dampfkolben der Pumpe Fig. 1, Taf. 14.) Öfters legt man auch in ein und dieselbe Nut des Kolbens zwei Dichtungsringe aufeinander, in der Art, dass die Schnittfugen der Ringe auf entgegengesetzte Seiten des Kolbenmantels fallen, und lässt durch kleine, an einer Kolbenseite befindliche Löcher unter die Dichtungsringe Dampf zutreten; man bewerkstelligt hiebei durch den Dampfdruck selbst die Dichtung des Kolbens. — Kolben von grösseren Durchmessern werden zweitheilig hergestellt und bestehen aus dem eigentlichen Kolbenkörper und dem Kolbendeckel. Der Dichtungsring wird in diesem Falle bei abgehobenem Kolbendeckel auf den Kolben aufgeschoben, und ersterer sodann durch Schrauben an den Kolbenkörper befestigt. Das Anpressen des Ringes an die Cylinderwandungen erfolgt auf verschiedene Weise. Man treibt entweder unter den Dichtungsring eine elastische Hanfpackung, oder man bringt am Kolbenkörper unterhalb des Dichtungsringes Blattfedern an, die letzteren an die Wandungen des Dampfeylinders anpressen. (Siehe den Dampfkolben Fig. 4, Taf. 18.) Dampfkolben nehmen cylindrische Stangen, die Kolbenstangen, auf, mit welchen sie durch Muttern oder Keile verbunden werden. — Wird ein Kolben mit einer Stange nicht fest, sondern gelenkartig verbunden, so entsteht der sogenannte Trunkkolben. Der Dampf-

kolben steht in diesem Falle mit einem Hohlcylinder (dem Trunk) in Verbindung, welcher entweder nur auf einer Seite (Fig. 5, Taf. 18) oder auf beiden Seiten (Fig. 1, Taf. 19) durch die Deckel des Cylinders hindurchgeht, behufs Aufnahme der gelenkartig zu verbindenden Stange einen Zapfen trägt, und auch zugleich die Geradföhrung des Kolbens besorgt.

Bei den Pumpenkolben wird, bei nicht allzu hoher Temperatur der zu pumpenden Flüssigkeit, vorzugsweise Leder als Dichtungsmaterial verwendet. — Einfachwirkende Pumpenkolben erhalten meistens eine Stopfbüchsendichtung; der Dichtungsring liegt dann in einer Nut des Pumpenstiefels und besteht aus einem Lederstulp von U-förmigem Querschnitt; das zwischen den Schenkeln desselben zutretende Wasser drückt einen derselben fest an den Pumpenkolben und bewirkt hiedurch dessen gute Abdichtung. — Doppeltwirkende Pumpenkolben sind entweder ein- oder zweitheilig. Im ersteren Falle werden in eine Nut des Kolbens Lederstreifen aufeinander gewickelt (Kolben der Pumpen Fig. 1, 2, 4, Taf. 14), im letzteren Falle Lederlinge hochkantig dem Kolbenkörper aufgeschoben und durch den Kolbendeckel zusammengepresst. Pumpenkolben werden auch oft durchbrochen angewendet und an den Durchbruchstellen mit Ventilen versehen; sie heissen dann Ventilkolben (Fig. 8, 9, Taf. 14).

b) Cylinder. Die Kolben werden von Gehäusen umgeben, die man ihrer Form wegen Cylinder nennt, und nach der Art der aufgenommenen Kolben in Dampf- und Pumpencylinder scheidet. — Dampfzylinder sind beiderseits verschliessbare cylindrische Gefässe aus Gusseisen, seltener aus Bronze. Ihr Material soll eine genügende Härte besitzen, damit die durch das Schleifen des Kolbenrings erfolgende Abnützung möglichst gering und gleichförmig erfolge. Dampfzylinder erhalten an den Enden einen etwas grösseren Durchmesser der Bohrung; bei der allmäligen Abnützung des Cylinders wird dadurch die Bildung eines „Grates“ in der Arbeitsfläche des Cylinders verhindert. An den Enden sind die Dampfzylinder mit Kanälen versehen, welche in seitlichen Angüssen derselben geformt sind und in einer vollkommen eben bearbeiteten Fläche münden; letztere Fläche nennt man den Schieberspiegel. Durch diese Kanäle erfolgt ein wechselweises Einströmen des Dampfes, und wird dadurch die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens, auf eine an einer späteren Stelle dieses Leitfadens zur Besprechung gelangende Weise, bewerkstelligt. Um Dampfzylinder gegen Abkühlungen zu schützen, umgibt man sie mit Verschalungen aus schlechten Wärmeleitern, wie Holz,

Filz u. a. m. Grössere Dampfcyylinder erhalten meist einen, gleichfalls bekleideten, Mantel (Dampfmantel) aus Gusseisen, der ein Umspielen der Aussenwandungen des Dampfcyinders mit frischem Kessel-dampf ermöglicht. Der seitliche Abschluss der Dampfcyylinder erfolgt durch kreisrunde Deckel, die Cylinderdeckel, welche in das Innere des Cyinders eingreifen und sich an Flantschen des Dampfcyinders anlegen. Die Dichtung dieser Deckel erfolgt durch Minium und Tressengarn, die Deckelbefestigung durch Schrauben. — Pumpencyylinder werden vorwiegend aus Bronze hergestellt oder mit Broncefütterungen versehen. (Siehe Fig. 1, Taf. 14.)

c) Stopfbüchsen. Die hin- und hergehende Bewegung der Kolben wird durch die Kolbenstangen weiter übertragen. Die Kolbenstangen sind cylindrisch und gehen durch eine oder auch durch beide Cylinderdeckel hindurch. Um einen vollkommenen Abschluss des Cyinders zu ermöglichen, müssen sie an ihren Durchgangsstellen gedichtet sein. Die Dichtung hin- und hergehender oder rotirender Stangen erfolgt im Allgemeinen durch Stopfbüchsen. Soll eine Wandung, durch welche eine Stange mit hin- und hergehender oder rotirender Bewegung hindurchgeht, gegen Dampf, Luft oder Wasser gedichtet werden, so erhält sie einen Anguss, welcher mit einer Bohrung versehen wird, deren Durchmesser nur an einer Stelle behufs Führung der durchgehenden Stange gleich dem Stangendurchmesser, sonst aber grösser ist. Liegt also die Stange in diesem Angusse, dem Topfe, so bleibt zwischen derselben und der Bohrung ein ringförmiger Raum, der zur Aufnahme des Dichtungsmaterials dient. Letzteres wird durch einen, sich einerseits an die zu dichtende Stange, anderseits an die Bohrung des Topfes anlegenden Ring (Stopfring oder Brille) niedergedrückt, und bewirkt letzterer durch gleichzeitiges Anpressen des Dichtungsmaterials an die Stange die Dichtung derselben. Jener Theil des Stopfbüchsentopfes, in welchem die Stange geführt wird, soll behufs geringerer Abnützung derselben aus Bronze bestehen, und wird daher bei gusseisernen Wandungen meist in Form eines besonderen Ringes eingelegt.

Fig. 9, Taf. 9 stellt eine Stopfbüchse der einfachsten Form dar. Um die Brille niederziehen zu können, besitzt sie seitliche Ohren, durch deren Löcher die Bolzen der in die Wandung eingeschraubten Kopfschrauben hindurchgehen; durch Niederschrauben der Muttern wird ein Zusammendrücken der Packung bewerkstelliget. — Bei der in Fig. 10 dargestellten Stopfbüchse erfolgt das Zusammendrücken der Packung durch Einschrauben der ganzen Brille in die Bohrung des

Topfes, wobei erstere einen losen Metallring untergeschoben erhält, um ein Verdrehen der Packung während des Anziehens zu verhindern. — Häufig befindet sich das Gewinde des Stopfringes an der Aussenfläche des Topfes, wie in Fig. 11, Taf. 9; auch hier ist (aus gleichem Grunde wie oben) ein loser Ring der Brille untergelegt.

Die Packungen der Stopfbüchsen bestehen aus Hanf- oder Garnzöpfen, je nachdem die Dichtung gegen Dampf oder Wasser erfolgen soll. Diese Zöpfe werden in der Stärke des Stopfbüchsenringes erzeugt und in Stücke geschnitten, deren Länge dem Umfange der zu dichtenden Stange gleich ist; die an den Enden schief zugeschnittenen Zöpfe werden in heisses Unschlitt getaucht und mittelst keilförmiger Packhölzer in den Topf getrieben, so zwar, dass sich die schiefen Schnittflächen der Enden eines Dichtungsringes aufeinander legen. Um hohle Gänge in der Packung zu vermeiden, sollen die Fugen mehrerer Ringe gegeneinander versetzt werden. Häufig kommen auch Wulste zusammengerollter Hanfleinwand als Dichtungsmaterial zur Anwendung; sie besitzen eine Kautschukseele, und erzielen ihrer Elasticität wegen eine gute Abdichtung. („Tucks“ Patent-Packung.)

d) Kreuzköpfe. Die Verbindung der Kolbenstangen mit den Schubstangen erfolgt, wie bereits bekannt ist, durch Einschaltung der Kreuzköpfe. Diese bestehen aus einem Schlittenstück, mit welchem die Kolbenstange meist durch Keile fest verbunden ist, während die im Kurbelzapfen eingehängte Schubstange um einen am Schlittenstücke befestigten Zapfen schwingen kann, wodurch sie in die Lage gesetzt ist, alle der Bewegung der Kurbel entsprechenden Stellungen einzunehmen. (Formen der Kreuzköpfe beschreiben.) — Da die senkrecht zur Bewegungsrichtung des Kreuzkopfes fallende Componente der Schubkraft bei derselben Drehungsrichtung der Kurbel stets auf eine Seite fällt, so ist es bei einer nur in einer Drehungsrichtung der Kurbel arbeitenden Maschine auch nur erforderlich, das Ausweichen des Kreuzkopfes durch eine senkrecht zu dieser Componente liegende Gleitbahn zu verhindern. Man nennt dann die Geradföhrung eine eingeleisige. Maschinen, die eine Änderung der Drehungsrichtung der Kurbel ermöglichen, erfordern die Anbringung zweier Gleitbahnen; die Geradföhrung wird dann eine zweigeleisige genannt. Bei Anwendung zweigeleisiger Gleitbahnen muss die eine derselben nachstellbar sein, wodurch trotz des allmäligen Abschleifens der Gleitbahntheile ein schlottriger Gang der Maschine verhindert werden kann. Um die Abnützung möglichst gering zu gestalten, muss die Gleitfläche des Kreuzkopfes eine hinreichende Grösse besitzen,

so dass der specifiche Druck möglichst gering wird. Die Gleitflächen sind zu gleichem Zwecke meist aus Bronze hergestellt, oft mit Compositionsmetallen gefüttert. Bei grossen Maschinen, bei welchen der Druck im Kreuzkopfe ein bedeutender wird, wendet man häufig viergeleisige Gleitbahnen an. (Fig. 1, 2, Taf. 18.) Die Kolbenstangen wirken dann auf eine Traverse, welche die entsprechenden Gleitflächen besitzt und durch einen in der Mitte liegenden Zapfenhals die Schubstange aufnimmt. — Bei Anwendung nur einer Kolbenstange muss in diesem Falle eine Gabelung der Schubstange erfolgen.

e) Schubstangen. Schubstangen besorgen bekanntlich die Verbindung des Kreuzkopfes mit dem Kurbelzapfen. — Sie besitzen eine stangenähnliche Form und werden aus Guss- oder Schmiedeisen oder aus Stahl erzeugt. — Im ersteren Falle erhalten sie einen sternförmigen, in letzteren Fällen einen runden oder achteckigen Querschnitt. Wesentlich ist die Verbindung der Schubstange mit dem Kurbel- und mit dem Kreuzkopffzapfen. Sie erfolgt mittelst lagerförmiger Theile, die an den Enden der Schubstange angebracht sind und Schubstangenköpfe heissen. Im Allgemeinen theilt man die Schubstangenköpfe in offene und geschlossene.

Fig. 37, Taf. 1 stellt einen Schubstangenkopf ersterer Art vor; das Ende der Schubstange ist hier augenförmig und nimmt ein Paar seckseckige Lagerschalen auf, deren eine sich in die bearbeiteten Flächen des Auges legt, während die andere ausserdem auf dem Rücken eines Keiles liegt. Durch Anziehen dieses Keiles erfolgt bei eintretender Abnützung der Lagerschalen ein festes Andrücken derselben an den Zapfen.

Fig. 38, Taf. 1 stellt einen offenen Schubstangenkopf dar; der Schaft endet in diesem Falle parallelopipedisch, und ist mit einem Bügel versehen, welcher denselben sowie die Lagerschalen umfasst. Das Festhalten des Bügels erfolgt mittelst eines Keiles, der zwischen zwei Leisten liegt. Die obere dieser Leisten liegt am Schubstangenschaft auf und hat dem Bügel gegenüber einen Spielraum; bei der unteren tritt das Entgegengesetzte ein. Erfolgt in Folge der schwingenden Bewegung der Schubstange um den Zapfen eine Abnützung der Lagerschalen, so wird durch Nachziehen des Keiles eine Lockerung der Verbindung verhindert. Nachdem dadurch aber ein Hereinziehen des Bügels erfolgt, so ist ersichtlich, dass ein Nachziehen des Keiles eine Verkürzung der Schubstange um die Grösse der Abnützung bewirkt, während bei dem im Vorigen besprochenen geschlossenen Schubstangenkopfe das Gegentheil stattfindet. — Da es

nun der geometrische Zusammenhang der einzelnen Stücke des Kurbelmechanismus bedingt, dass die Länge der Schubstange (die Entfernung von Zapfenmitte zu Zapfenmitte) genau dieselbe bleibt, so ist es vorthellhaft, die Köpfe einer Schubstange so einzurichten, dass das Nachziehen des Keiles bei einem Kopfe eine Verkürzung, beim anderen aber eine Verlängerung hervorbringt, und man beide Längenänderungen wechselseitig ausgleichen kann. — Schubstangen grösserer Maschinen erhalten lagerförmige Köpfe. — Beide Lagerschalen werden dann untereinander und mit dem Schafte der Schubstange durch Schrauben verbunden.

f) Kurbeln. Kurbeln, die eine Componente der Schubstangenkraft aufnehmen und dadurch die drehende Bewegung von Wellen ermöglichen, werden meist aus Schmiedeeisen, seltener aus Gusseisen erzeugt. Gusseisene Kurbeln besitzen eine Nabe, mit welcher sie auf der Welle aufsitzen; ihre Verbindung mit derselben erfolgt fast ausschliesslich durch Keile; der Querschnitt des Hebels ist dann meist ein T-förmiger; der Kurbelzapfen besitzt ein conisch auslaufendes Ende, welches sich in die gleichfalls conische Bohrung des Hebelendes legt; der Hebel ist an dieser Stelle augenförmig erweitert. Die aus Schmiedeeisen oder Stahl erzeugten Kurbelzapfen werden mit Keilen oder Schrauben mit der Kurbel verbunden. — Kurbeln aus Schmiedeeisen erhalten meist einen rechteckigen Querschnitt. — An den Enden von Wellen liegende Kurbeln nennt man Stirnkurbeln; wird eine Welle derart zu einer Kurbel abgebogen, dass der Kurbelzapfen zwischen beiden Wellenenden liegt, so entsteht eine Kurbelaxe. — Eine weitere Abart der Stirnkurbel ist die Gegenkurbel; diese entsteht dadurch, dass der Zapfen einer Stirnkurbel noch eine zweite Kurbel trägt, deren Hebelarm r (vom Hauptkurbelcentrum aus gemessen) kleiner ist als jener der Hauptkurbel R ; der Hub der Gegenkurbel ist dann $2(R-r)$. Eine Gegenkurbel ist principiell in Fig. 5, Taf. 3 veranschaulicht; der Zapfen der Stirnkurbel beschreibt bei Drehung derselben einen Kreis a , jener der Gegenkurbel den Kreis b .

g) Besondere Formen des Kurbelmechanismus. Der Kurbelmechanismus erhält oft Modificationen in der Art, dass er nicht aus allen jenen Bestandtheilen gebildet wird, die wir bisher als demselben zugehörig betrachteten. — Wird z. B. die Schubstange unmittelbar in den Zapfen eines Dampfkolbens (Trunkkolben) eingehängt, so entfällt die Kolbenstange und auch der Kreuzkopf, und die Geradföhrung des Kolbens erfolgt in der Stöpfungsbüchse des Trunks. — Eine andere An-

ordnung ist die der Kurbelschleifen. Die hin- und hergehende Bewegung des Dampfkolbens der in den Fig. 2, 6, Taf. 14 dargestellten Dampfpumpen wird in die rotirende der Welle durch einen Rahmen bewerkstelligt, der mit der Kolbenstange durch einen Keil fest verbunden ist und einen Schlitz besitzt, welcher zur Aufnahme eines Gleitstückes dient. Dieses Gleitstück umfasst einen Kurbelzapfen. — Aus der hin- und hergehenden Bewegung des Rahmens folgt somit unmittelbar die rotirende der Kurbel; für die todtten Punkte derselben befindet sich das Gleitstück in der Mitte des Schlitzes.

Die geradlinig hin- und hergehende Bewegung einer Kolbenstange wird mitunter zunächst in die schwingende eines doppelarmigen Hebels verwandelt, welch' letztere Bewegung durch eine Schubstange unmittelbar zur Drehung der Kurbel verwendet wird. Diese Anordnung ist in der Fig. 14, Taf. 3 schematisch veranschaulicht. — Den eingeschalteten schwingenden Hebel nennt man Balancier; derselbe ist aus Gusseisen oder Blech hergestellt und von parabolischer Form; er wird von einer durchgehenden Axe getragen und kann um die auf Ständern gelagerten Zapfen derselben schwingen. Sein Ende *A* trägt einen durchgehenden Zapfen, welcher beiderseits von den augenförmigen Enden zweier Hängeschienen *AC* gefasst wird, die am Zapfen *C* der Kolbenstange gelenkartig befestigt sind. Der Balancier besitzt ferner in *D* zwei seitliche Zapfen, welche ein zweites Paar Hängeschienen *DB* tragen, die unten mittelst eines durchgehenden Bolzens *B* verbunden sind und durch ein zweites, von demselben Bolzen getragenes Schienenpaar, die Parallelstangen *BC*, gleichfalls mit dem Zapfen *C* der Kolbenstange in Verbindung stehen.

Durch die Hängeschienenpaare *AC*, *BD*, das Balancierstück *AD* und durch die Parallelstangen *CB* wird ein Parallelogramm gebildet, das nach seinem Erfinder das Watt'sche Parallelogramm genannt wird. — Der Zapfen *B* nimmt überdies den augenförmigen Kopf einer Stange *BE*, Lenkerstange oder Gegenlenker genannt, auf, welche um den im Punkte *E* am Maschinengestelle angebrachten Zapfen schwingen kann. Erhält die Kolbenstange eine hin- und hergehende Bewegung, so wird durch den beschriebenen Mechanismus der Endpunkt *C* derselben in einer fast vollkommen geraden Linie geführt; der Punkt *C* befindet sich in drei seiner Lagen genau in einer und derselben Geraden, und beschreibt zwischen diesen Punkten eine 8 ähnliche Schleife, deren Krümmung aber eine sehr geringe ist. Bei der hin- und hergehenden Bewegung der Kolbenstange macht der Balancier eine schwingende Bewegung, und zwar ist die Sehne

seines Schwingungsbogens aa_1 gleich dem Kolbenhube. — Hängt man am anderen Ende des Balanciers gelenkartig eine Schubstange ein, so überträgt diese die schwingende Bewegung des Balanciers in die rotirende der mit derselben verbundenen Kurbel.

II. Excentrische Scheiben.

Die Übertragung der Bewegung continuirlich rotirender Wellen in eine geradlinig hin- und hergehende erfolgt häufig durch den Excentermechanismus (Fig. 6 a, Taf. 3), namentlich dann, wenn der gerade geführte Theil einen nur geringen Hub zu beschreiben und bei seiner Bewegung keinen grossen Widerstand zu überwinden hat. Dieser Mechanismus besteht aus einer kreisrunden Scheibe, welche excentrisch auf eine Welle aufgesetzt und mit derselben durch einen Keil verbunden wird. Man nennt sie die Excenterscheibe. — Excenterscheiben werden aus Gusseisen, Messing, seltener aus Schmiedeeisen, ein- oder zweitheilig, erzeugt; in letzterem Falle sind beide Theile durchbrochen und durch Schrauben untereinander verbunden. — An ihrem Umfange sind sie vollkommen genau abgedreht und besitzen dort seitlich eingedrehte Nuten, in welche sich entsprechende Federn eines Ringes einlegen, der die Scheiben am ganzen Umfange umfasst und Excenterring heisst. Der Excenterring besteht aus zwei getrennten Hälften, die durch Schrauben untereinander verbunden sind und meistens aus Messing, seltener aus Schmiedeeisen hergestellt werden. Die eine Hälfte des Excenterringes steht mit einer Schubstange, der Excenterstange, in fester Verbindung, die an ihrem anderen Ende einen gabelförmigen Kopf besitzt, mit dem sie das Ende einer gerade zu führenden Stange umschliesst, und mit derselben durch einen Bolzen gelenkartig verbunden ist. Letztere Stange wird entweder in einer Stopfbüchse oder in anderer Weise gerade geführt und trägt den geradlinig hin- und herzuführenden Maschinentheil, wie z. B. bei Dampfmaschinen einen Vertheilungsschieber.

Die Bewegungsverhältnisse excentrischer Scheiben sind genau dieselben wie die der Kurbeln. Ein Excenter ist auch in der That nichts anderes als eine Kurbel, die einen Hebelarm besitzt, welcher der Entfernung vom Wellenmittel bis zum Mittel der Excenterscheibe, der Excentricität, entspricht. Die Excentricität ist also hier der

Kurbelarm und die Excenterscheibe der Kurbelzapfen, dessen Verbindung mit der Schubstange eben eine den Verhältnissen entsprechend modificirte ist.

In Fig. 6 *b*, Taf. 3 ist ein Excentermechanismus schematisch dargestellt. Befindet sich der Punkt *E*, d. i. der Mittelpunkt der Excenterscheibe (des Kurbelzapfens), in den Stellungen e_1 oder e_3 , so ist, ganz analog wie beim Kurbelmechanismus, auch der Endpunkt der Excenterstange in seinen Endstellungen s_1 und s_3 ; somit ist der Hub des gerade geführten Punktes *s* gleich der doppelten Excentricität. Befindet sich die Excentricität senkrecht zur Richtung $e_3 e_1$, also in den Lagen e_2 oder e_4 , so ist der Punkt *s* nahezu in der Mittelstellung seiner Bahn. Die Bewegung des gerade geführten Punktes *s* wird, ganz analog wie bei der Kurbelbewegung, in der Nähe der Endstellungen eine sehr langsame sein; er wird dagegen die mittleren Stellungen mit grosser Geschwindigkeit durchheilen.

D. Mittel zur Leitung von Flüssigkeiten.

Tropfbare oder gasförmige Flüssigkeiten werden durch Röhren fortgeleitet. Um die Durchflussmenge regeln zu können, oder aber um Röhrenleitungen gänzlich abzusperren, werden besonders geformte Maschinenelemente angewendet, welche man im Allgemeinen mit dem Namen Ventile bezeichnet und je nach ihrer Einrichtung und Wirkungsweise in Hähne, Schieber, Klappen- und Rundventile eintheilt.

I. Röhren und Röhrenverbindungen.

Die zur Leitung von Flüssigkeiten verwendeten Röhren sind vorwiegend aus Gusseisen und Kupfer, und für besondere Zwecke aus Schmiedeseisen, Stahl, Messing, Blei, Leder, Geflechte oder Kautschuk hergestellt. — Die Wahl des Röhrenmaterials hängt einerseits von den Eigenschaften der fortzuleitenden Flüssigkeiten und andererseits von dem Drucke ab, welcher bei der Fortleitung auf die Röhrenwände ausgeübt wird. — Bei den Gas- und Wasserleitungen finden fast ausschliesslich Eisenrohre Verwendung, während Dampfleitungen aus Kupfer oder Schmiedeseisen, Leitungen für stark gepresste Luft dagegen aus Stahl erzeugt werden. Die aus Leder, Geflechten und Kautschuk

gebildeten Röhren nennt man Schläuche. — Je nach der Herstellung unterscheidet man gegossene, gezogene und gelöthete Röhren; Lederschläuche werden durch Vernietung gebildet.

Krümmungen der Röhren werden durch sogenannte Kniestücke bewirkt; die Verbindung einzelner Röhren oder Kniestücke erfolgt durch Flantschen oder Muffen, seltener durch Verschraubungen. Das an der Verbindungsstelle nöthige Abdichtungsmittel hängt von denselben Umständen ab, wie die Wahl des Röhrenmaterials. Für Gas- und Wasserleitungen wird vorwiegend Blei als Dichtungsmaterial gebraucht; für letztere sowie für Luftleitungen auch Kautschuk. Bei Dampfleitungen werden entweder Bleischeiben, welche beiderseits mit Miniumkitt belegt sind, oder in Bleiweiss getauchte Tressen, endlich gefettete Pappendeckelscheiben, Lederfilz, Kautschuk mit Metallgeflecht etc. angewendet.

Kupferröhren besitzen gegenüber den Gusseisenröhren den Vortheil der grösseren Leichtigkeit, ferner die werthvolle Eigenschaft, sich leicht biegen zu lassen; sie finden daher in Maschinenanlagen häufige Verwendung. — Die Art der Erzeugung von Kupferröhren hängt von der Grösse ihres Durchmessers ab; solche von geringem Durchmesser werden durch Ziehen über conische Dorne, jene von grösserem Durchmesser durch entsprechendes Strecken und Biegen von Kupferblech gebildet, wobei die sich entweder einfach oder in Zackenform überlappenden Ränder hart gelöthet werden. Die Krümmungen der Leitung werden durch entsprechendes Abbiegen der Röhren hergestellt, indem man die Röhren zunächst mit Pech ausgiesst, ihnen dann die erforderliche Krümmung beibringt und schliesslich das Pech durch Ausschmelzen entfernt. Dieser Vorgang verhindert eine Verengung des Querschnittes an der Biegungsstelle. — Die Verbindung von Kupferröhren erfolgt in verschiedener Weise, und hängt die Form derselben vom Durchmesser der Rohre ab. Ist derselbe klein, so wird häufig die sogenannte Holländerverschraubung (Fig. 5, Taf. 9) angewendet. Sie besteht aus einem mit Gewinde versehenem Messingringe, der an einem Rohrende angelöthet wird, und aus einer Mutter, welche das gleichfalls mit einem schmalen Messingringe versehene Ende des zweiten Rohrstückes gegen das des ersteren drückt. Behufs Dichtung wird zwischen die zwei genannten Ringe Kautschuk oder Leder eingelegt. Für Röhren von grösserem Durchmesser erfolgt die Verbindung durch Flantschen, die entweder durch einfaches Umbörteln und Austreiben des Rohrendes gebildet werden, oder, wie in den meisten Fällen, in Messingscheiben bestehen, welche auf die Rohr-

enden gelöthet werden. Bei grossen Rohrdurchmessern erfolgt die Flantschenbildung durch Anieten von messingenen Winkelringen (Fig. 1, Taf. 9). Damit sich das Dichtungsmaterial an die Berührungsflächen der Flantschen gut anlege, sind diese mit concentrischen Nuten versehen. Freie Rohrenden, die zeitweilig nicht zur Leitung von Flüssigkeiten benützt werden, pflegt man durch angeschraubte Vollscheiben, Blindflantschen, abzuschliessen. — Aus Kupfer bestehende Rohrleitungen, die wesentlichen Temperaturdifferenzen ausgesetzt sind, wie z. B. Dampfleitungsrohre, würden in Folge der verschiedenen und oft eintretenden Ausdehnungen und Zusammenziehungen der Röhren an den Verbindungsstellen nie dicht halten, wenn man nicht durch Einschaltung sogenannter Compensations-Verbindungen ihrer Längenveränderung Rechnung tragen würde. Röhren von kleinem Durchmesser biegt man deshalb seitlich aus (Fig. 5, Taf. 9); die Krümmung dieser Ausbiegung ändert sich mit der jeweiligen Längenveränderung der Leitung. Bei Röhren von grösseren Durchmessern erfolgen solche elastische Verbindungen durch Einschalten einer Wulst (Fig. 3, Taf. 9) oder durch entsprechende Flantschenverbindung (Fig. 4, Taf. 9). In besonders wichtigen Fällen wendet man die in Fig. 2, Taf. 9 dargestellte Muffenverbindung an. Diese erfolgt in der Art, dass das eine Rohrende eine Muffe angenietet erhält, während der zugehörige Dichtungsring auf das zweite Rohr lose aufgeschoben ist, somit dessen Längsverschiebung ermöglicht. Der Dichtungsring wird durch Schrauben an die Muffe angeholt und bewirkt durch Anpressen einer Hanfpackung gegen den Umfang der Muffe die Dichtung der Verbindung.

II. Ventile.

Ventile sind, wie bereits erwähnt wurde, Vorrichtungen, die dazu dienen, den zeitweiligen oder theilweisen Abschluss oder die Eröffnung einer Leitung oder eines Gefässes zu ermöglichen. Erfolgt dieser Abschluss durch das Gleiten eines der abschliessenden Theile auf dem ihn umfassenden, so nennt man das Ventil ein Gleitungsventil; wird aber die Eröffnung oder der Abschluss durch ein Lüften oder Andrücken des Verschlussstückes gegen Flächen des umgebenden Gehäuses bewirkt, so heisst man das Ventil ein Hebungsentil. Letztere Ventile können auch selbstthätig und zwar derart angeordnet werden, dass die Ventilöffnung durch den Flüssigkeitsdruck bewerkstelligt wird.

Es gibt sowol Gleitungs- als Hebungsventile mit drehender und solche mit geradliniger Bewegung.

1. Hähne.

Hähne sind Gleitungsventile mit drehender Bewegung. Das Ventil bildet hier ein conisch abgedrehtes Stück, Hahnkegel genannt, das, mit den entsprechenden Bohrungen versehen, im Gehäuse sitzt. Das Gehäuse nimmt den Hahnkegel in einer conischen Bohrung auf und ist mit seitlichen Flantschen oder anderen Mitteln versehen, um es an Gefässe oder Rohrleitungen befestigen zu können. Die Hahnkegel müssen vollkommen genau im Gehäuse sitzen, und werden deshalb sorgfältig eingeschliffen. Das Halten derselben im Gehäuse erfolgt in der aus Fig. 56, Taf. 2 ersichtlichen Weise durch einen am Ventil befestigten Bolzen mit Mutter; da jedoch die meisten Hähne nicht die erwünschte Eigenschaft besitzen, vollkommen dicht zu halten, so wird diesem Übelstande oft durch starkes Anziehen der Schraube nachgeholfen, was aber das leichte Drehen des Hahnkegels beeinträchtigt. Es ist daher vortheilhaft, die Dichtung und das Festhalten des Hahnkegels durch zwei von einander unabhängige Einrichtungen zu bewirken; das Halten des Hahnkegels wird deshalb gewöhnlich durch Schrauben, das Dichten desselben durch eine eigene Packung, welche durch eine Holländermutter gehalten ist, bewirkt, wie in Fig. 57, Taf. 2. — Hähne werden vorwiegend aus Bronze hergestellt. Kleine Hahnkegel werden voll, grössere hohl gegossen. Seltener werden Hähne aus Gusseisen erzeugt, indem solche durch Einrosten des Hahnkegels leicht versagen. Die Drehung des Kegels wird durch eine demselben angegossene Spindel mit vierkantigem Ende bewerkstelligt, auf welches ein entsprechender Schlüssel gesteckt werden kann. Gestattet ein Hahn nur den Abfluss einer Flüssigkeit, so heisst er Ausgussahn; erlaubt er den Durchfluss einer Flüssigkeit in gerader Richtung, so wird er Hahn mit geradem Durchstich, erlaubt er solchen unter einem Winkel, so wird er Winkelhahn genannt. Ermöglicht ein Hahn, eine Flüssigkeit in zwei oder drei Richtungen weiter zu leiten, so heisst er beziehungsweise Drei- oder Vierweghahn. Im ersteren Falle erhält der Hahnkegel zwei sich schneidende, im letzteren Falle zwei gesonderte Winkelbohrungen. Hähne, die den Ein- oder Austritt einer Flüssigkeit nach der Axenrichtung des Hahnkegels gestatten, heissen Hohlschlüssel. — Fig. 55, Taf. 2 stellt einen Zweiweghahn, Fig. 55, *a* einen Dreiweghahn im Horizontalschnitte dar.

2. Schieber.

Schieber oder Schleussen sind Gleitungsventile mit geradliniger Bewegung. Sie bestehen aus einer Metallplatte, die sich an Führungsleisten des anschliessenden Gehäuses legt und zwischen denselben geradlinig verschoben werden kann. Bei den Endstellungen dieser Platte erfolgt die Eröffnung oder Absperrung der Leitung, während die Mittelstellungen derselben die Durchgangsmenge der geleiteten Flüssigkeiten regeln. Da bei der Bewegung solcher Schieber die dem Flüssigkeitsdrucke entsprechende Reibung zwischen den Führungsleisten und dem Schieber überwunden werden muss, welche oft sehr gross ist, so erfolgt die Bewegung des Schiebers meist mittelst flachgängiger Schrauben.

3. Klappenventile.

Klappenventile sind Hebungsventile mit drehender Bewegung. Sie sind stets selbstthätig wirkend eingerichtet und bestehen aus Leder- oder Kautschukscheiben, welche die Absperrung der Leitung durch ein Aufliegen auf dem Ventilsitze ermöglichen; Fig. 58 und 59, Taf. 2 stellen solche Klappenventile dar. Für Luftpumpen von Schiffsmaschinen wird die in Fig. 59 dargestellte runde Kautschukklappe fast allgemein angewendet. Sie besteht aus einer kreisrunden Kautschukscheibe, die durch einen Schraubenbolzen am Ventilsitze gehalten wird. Ihr Hub wird mittelst eines durch denselben Bolzen gehaltenen Fangtrichters begrenzt. — Um der Kautschukscheibe beim Aufrufen derselben auf dem Ventilsitze einen genügenden Stützpunkt zu bieten, ist derselbe mit einem durch Rippen gebildeten Gitter versehen. Bei Leitungen von rechteckigem Querschnitte wendet man die in Fig. 58, Taf. 2 dargestellte Klappe an. Der Ventilsitz ist in diesem Falle eine Platte, die rechteckig durchbrochen und in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise durch Keile im Gehäuse gehalten ist. Der Ventilsitz besitzt die für die Klappenspindel nöthigen Augen, durch welche die drehende Bewegung der Klappe ermöglicht wird. Die Klappe selbst besteht aus Kautschuk oder Leder und ist behufs grösserer Steifigkeit mit einer Schmiedeisen- oder Metallplatte versehen. Der Hebungswinkel dieser Ventile beträgt oft 30 bis 40°. — Klappen gehen durch ihren Gebrauch leicht zu Grunde und erheischen eine öftere Wechslung; sie müssen daher stets leicht zugänglich und die zugehörigen Gehäuse mit entsprechenden, verschliessbaren Öffnungen versehen sein.

4. Rundventile.

Rundventile sind Hebungsventile mit geradliniger Bewegung. Selbe werden meistens aus Bronze erzeugt, und bestehen auch die Ventilsitze derselben vorwiegend aus diesem Materiale, weshalb letztere bei Anwendung gusseisener Gehäuse eingesetzt werden. Wesentlich ist es, den Rundventilen eine gute Führung zu geben; man versieht sie deshalb mit Rippen, die im cylindrisch ausgedrehten Ventilgehäuse gleiten, somit das Ventil in jene Lage zurückführen, welche es vor dem Heben besass. Diese Führungsrippen dürfen aber nicht vollständig genau am Gehäuse anliegen, da in Folge der ungleichartigen Ausdehnungen, welche namentlich Erwärmungen durch Dampf verursachen, leicht ein Klemmen des Ventiles erfolgen könnte. Oft ist das Ventil mit einer gedrehten Spindel versehen, die in einem durch Rippen des Ventilsitzes getragenen Auge gleitet. — Die Flächen, in welchen das Ventil den Ventilsitz berührt, die Ventilspiegel, sind entweder conisch oder eben. — Jedes Rundventil muss sich auf eine Höhe heben können, die dem vierten Theile seines Durchmessers gleichkommt. (Warum?) — Eine fernere Hebung wird durch im Gehäuse angebrachte Anschlaghörner verhindert. Zum richtigen Functioniren eines Ventiles ist es von Wichtigkeit, dass die Abflussöffnung desselben genügend hoch angebracht ist. — Sie soll stets höher liegen als der Ventilkörper in seiner höchsten Lage, da im entgegengesetzten Falle die rückströmende Flüssigkeit das Ventil noch längere Zeit offen hält und dasselbe auch in eine schräge Lage bringen kann. — Wie die Klappen-, so müssen auch die Rundventile stets leicht zugänglich sein, da ein Nachschleifen derselben sowie ihre Reinigung einen häufigen Zutritt erfordert.

Fig. 61, Taf. 12 stellt ein einfaches Rundventil dar. Es ist durch Rippen geführt, und stösst bei seinem Hube an das am Deckel des Gehäuses angebrachte Anschlaghorn. — Ventil und Gehäuse sind im vorliegenden Falle aus Messing, da kein besonderer Ventilsitz angedeutet ist. Das Gehäuse ist durch Abnehmen des durch einen Bügel gehaltenen Deckels zugänglich. Fig. 60, Taf. 2 stellt ein Kugelventil vor. Die Kugel bedarf keiner Führung, sondern ist blos durch einen Fangkorb im Hube begrenzt. — Wird ein Rundventil durch den Flüssigkeitsdruck belastet, statt durch denselben gehoben zu werden, so gibt man selbem gewöhnlich zwei Sitze (Doppelsitzventile). Es sind dies eigentlich zwei Ventile, die getrennte Sitzflächen haben und untereinander in fester Verbindung stehen. (Fig. 3, Taf. 12.) (Vortheile derselben.)

G. L.

Zweiter Abschnitt.

Von den Dampfkesseln.

I. Material, Gestalt und Wandstärke.

Dampfkessel sind im Allgemeinen Gefässe, welche dazu dienen, um Flüssigkeiten in Dämpfe von einer höheren Spannung als jene des Luftdruckes zu verwandeln. Im Nachfolgenden soll jedoch nur von jenen Kesseln die Rede sein, welche zur Erzeugung des Wasserdampfes Verwendung finden.

Das Material, aus welchem Dampfkessel hergestellt werden, ist hauptsächlich das gewalzte Eisenblech; die Verbindung der einzelnen Platten erfolgt durch Vernietungen. Das Eisenblech hat bis jetzt deshalb beim Kesselbaue überwiegend Anwendung gefunden, weil es bei guter Wärmeleitungsfähigkeit auch eine genügende absolute Festigkeit besitzt und gegenüber anderen Metallen eine zum Mindesten ebenso leichte Bearbeitung (beim Biegen, Flantschen, Nieten etc.) bei verhältnissmässig geringem Preise aufweist. — Das Stahlblech, das wegen seiner dem Eisenbleche überlegenen absoluten Festigkeit in dünneren Platten zum Kesselbaue angewendet werden kann, und deshalb auch eine grössere Wärmeleitungsfähigkeit bietet, hat bis nun noch keinen allgemeinen Eingang gefunden, indem die häufig vorkommenden ungleichartigen Härtegrade dieses Bleches und die etwas umständlichere Bearbeitung desselben die Anfertigung der Kessel erschweren, und die aus der verschiedenen Härte während des Betriebes folgende ungleichartige Ausdehnung der aus solchen Blechen erzeugten Kesseltheile auf den Bestand der Kessel ungünstig wirkt. — Kupfer ist zwar ein besserer Wärmeleiter als Eisen, kostet aber beiläufig das Fünffache und hat die eigenthümliche Eigenschaft, dass dessen ohnehin geringe absolute Festigkeit bei höheren Temperaturen bedeutend abnimmt; aus diesen Gründen wird es selten als Kessel-

material angewendet. — Gusseisen und Messingblech darf gesetzlich nicht zu Wandungen von Dampfkesseln angewendet werden, und ist bloß gestattet, Feuer- und Siederöhren unter 10 $\frac{1}{m}$ Durchmesser aus Messingblech auszuführen.

Die Form oder Gestalt der Dampfkessel beeinflusst, Versuchen zu Folge, nur wenig ihre Verdampfungsfähigkeit und ist daher nur bezüglich deren Haltbarkeit zu berücksichtigen. Sie soll so gewählt werden, dass sie bei einer möglichst geringen Wandstärke jene Festigkeit bietet, die der Kessel dem höchsten in ihm zu erreichenden Dampfdrucke nach, sowie in Betrachtziehung seines eigenen und des in ihm enthaltenen Wassergewichtes, benöthigt. — Es ist einleuchtend, dass die möglichst abgerundete Form auch zugleich jene ist, welche die grösste Widerstandsfähigkeit verspricht, und würde sich daher die Kugelform am besten für Dampfkessel eignen. Da jedoch die Ausführung von kugelförmigen Kesseln nicht unerhebliche Schwierigkeiten bietet, so wendet man vorzugsweise die cylindrische Form an, indem diese bei grosser Leichtigkeit der Herstellung auch hohe Widerstandsfähigkeit besitzt. Die cylindrische Form kann als Grundform aller Kessel und Kesselgarnituren angesehen werden. — Da ein Kessel jedoch nicht allein von einer cylindrisch geformten Wand gebildet werden kann, sondern auch an seinen Enden geschlossen werden muss, so gebrauchte man früher für die Kesselenden meist wieder die Kugelform; gegenwärtig werden hiefür jedoch ausschliesslich gewölbte Endplatten (im Handel Kesselböden genannt) oder auch ganz ebene Platten angewendet, welch' letztere dann durch Winkeleisen entsprechend versteift oder aber durch Verankerungen an anderen Kesseltheilen gehalten werden müssen, um die gleiche Widerstandsfähigkeit zu bieten wie die cylindrische Kesselhülle. — Eine andere übliche Kesselgestalt ist die sogenannte Kastenform; die Begrenzungsflächen sind bei solchen Kesseln vorwiegend Ebenen. Bei dem Umstande, dass kastenförmige Kessel Versteifungen und Verankerungen bedürfen, um die genügende Festigkeit zu bieten, so fallen selbe unter übrigens gleichen Umständen immer schwerer aus als cylindrische Kessel, und werden deshalb nur dort angewendet, wo aus lokalen Rücksichten die Aufstellung cylindrischer Kessel nicht thunlich ist, wie z. B. auf vielen Dampfschiffen.

Die vortheilhafteste Wärmeabgabe, die leichteste Erzeugung und der möglichst geringe Preis der Kessel würde jedenfalls dann erreicht werden, wenn die Wandstärke derselben, d. i. die Dicke der zur Bildung der Kesselform verwendeten Platten, sehr gering wäre; die

Sicherheit der Kessel gegen die Gefahr der Explosionen sowie die Dauerhaftigkeit der Blechconstruction ist andererseits um so grösser, je grössere Wandstärken gewählt werden. Durch die Annahme zweckmässiger Kesselsysteme und entsprechender Kesseldurchmesser lassen sich die einander widerstrebenden, gewünschten Haupteigenschaften eines jeden Kessels, nämlich Billigkeit und Sicherheit, immerhin erreichen. — Die Erfahrung lehrt, dass Bleche über 13 $\frac{m}{m}$ Dicke die Wärme sehr schlecht leiten, dagegen jene unter 10 $\frac{m}{m}$ Dicke bereits eine vorzügliche Wärmeleitungsfähigkeit besitzen; hiedurch ist so ziemlich die obere Grenze gekennzeichnet, bis zu welcher mit der Dicke derjenigen Bleche gegangen werden darf, welche zur Wärmeabgabe bestimmt sind; solche Wände der Dampfkessel, welche nicht zur Wärmeabgabe an das Kesselwasser dienen, können auch stärker angenommen werden. Die Bestimmung der Wandstärken der Dampfkessel gehört nicht in den Rahmen dieses Leitfadens, und sei nur erwähnt, dass die einem cylindrischen Dampfkessel zu gebende Wandstärke mit dem Durchmesser desselben unter übrigens gleichen Verhältnissen zunimmt. — Die Wahl der Wandstärke eines Dampfkessels ist nach dem österreichischen Kesselgesetze vom Jahre 1871 dem Verfertiger unter seiner eigenen Verantwortung überlassen.

II. Wasser- und Dampfraum; Heizfläche.

Derjenige Theil des Kesselinhaltes, welcher während des Betriebes mit Wasser gefüllt ist, heisst dessen Wasserraum. Derselbe soll möglichst gross sein, wenn die Dampfabnahme aus dem Kessel eine sehr veränderliche ist; ein grosser Wasserraum ermöglicht einen regelmässigen Kesseltrieb, selbst bei ungeübterem Bedienungspersonale. Nur solche Kessel, die dazu bestimmt sind, in möglichst kurzer Zeit Dampf zu entwickeln, erhalten einen sehr kleinen Wasserraum; da jedoch in letzterem Falle das Kesselwasser bald erwärmt, aber auch bald verdampft ist, so erfordert die Bedienung eines solchen Kessels die grösste Aufmerksamkeit, und sind hiebei, selbst bei bester Wartung, Unregelmässigkeiten im Betriebe oft schwer hintanzuhalten. — Diejenige Höhe, bis zu welcher der Kessel während des Betriebes mit Wasser gefüllt sein soll, heisst die normale Höhe des Kesselwassers (auch normaler Wasserstand); dieselbe liegt beispielsweise bei cylindrischen Dampfkesseln meistens zwischen den zwei

oberen Dritteln des Durchmessers; sie ist am Kessel aussen dadurch ersichtlich gemacht, dass eine mit dem Kesselinneren communicirende Glasröhre angebracht wird, in welcher dann das Wasser stets auf gleicher Höhe steht wie im Kessel.

Der aus dem Kesselwasser sich entwickelnde, aus der Wasseroberfläche entsteigende Dampf sammelt sich im Dampfraume. Je rascher und je unregelmässiger die Dampfabnahme aus einem Kessel erfolgt, desto leichter werden feine Wasserbläschen mit dem abziehenden Dampfe mitgerissen; in diesem Falle wird also nasser Dampf dem Kessel entnommen. So oft es sich darum handelt, möglichst trockenen Dampf aus einem Kessel zu erhalten, wird demnach die Anwendung eines grossen Dampfraumes platzzugreifen haben. — Im Allgemeinen ist das Verhältniss der Inhalte des Dampf- und des Wasserraumes eines Kessels von dem Zwecke abhängig, welchen der Kessel zu erfüllen hat. (Betrieb von Dampfmaschinen, Sieden, Heizen, Destilliren etc.)

Die Dampferzeugungsfähigkeit eines Kessels hängt aber nicht so sehr von der absoluten Grösse desselben und auch nicht von der Grösse des Dampf- oder des Wasserraumes, sondern (unter sonst gleichen Umständen) von der Grösse jenes Theiles der ganzen Kesseloberfläche ab, welcher der unmittelbaren oder mittelbaren Einwirkung des unter dem Kessel unterhaltenen Feuers ausgesetzt ist; man nennt diesen Theil der Kesseloberfläche die Heizfläche. Jener Theil der Gesammtheizfläche eines Kessels, welcher unmittelbar der Einwirkung des brennenden Heizmaterials ausgesetzt ist, wird die directe Heizfläche genannt, im Gegensatze zur indirecten Heizfläche, worunter man jenen Theil der Gesammtheizfläche versteht, welcher nicht mehr von der eigentlichen Flamme, sondern nur von den abziehenden Verbrennungsproducten (Feuergasen) bespült wird. — Bei der directen Heizfläche erfolgt die Wärmeaufnahme durch die Wärmestrahlung des Brennmaterials, der umgebenden Wände und des Mauerwerkes, sowie durch Wärmeleitung in Folge der innigen Berührung mit den Feuergasen; bei der indirecten Heizfläche hingegen wird die Wärme blos durch Leitung aufgenommen. — Hieraus ist schon ersichtlich, dass die indirecte Heizfläche von der directen in Betreff der Wärmeabgabefähigkeit übertroffen wird, und erscheint es deshalb auch vortheilhaft, einen möglichst grossen Theil der ganzen Kesseloberfläche der unmittelbaren Einwirkung des Brennmaterials auszusetzen.

Je nach der Grösse der Heizfläche richtet sich auch die Leistungsfähigkeit eines Kessels, d. i. die Dampfmenge, welche derselbe in der Zeiteinheit zu liefern vermag. Die Verdampfungsfähigkeit der Kesselheizfläche schwankt zwischen 10 bis 30 $\frac{kg}{g}$ Dampf pro Stunde und Quadratmeter und hängt, gleiche Brennmaterialien vorausgesetzt, hauptsächlich von der Feuerungsanlage und von der Wahl des Kesselsystemes ab.

III. Heizraum, Zugkanäle und Schornstein.

Von nicht minderer Wichtigkeit als die Heizfläche eines Kessels ist dessen Feuerungsanlage, da von der Anordnung der letzteren nicht nur die möglichst vollständige Entwicklung der einem bestimmten Brennmaterial innewohnenden Wärme, sondern auch deren beste Ausnützung abhängt. — Eine gute Kesselfeuerungsanlage hat folgende Haupteigenschaften zu besitzen: 1.) Sie muss geeignet sein, eine hinreichende Menge des Brennmaterials in einer bestimmten Zeit zu verbrennen; 2.) die Verbrennungs-Temperatur soll eine möglichst hohe sein, damit die Verbrennung möglichst vollständig erfolge; 3.) dem Brennmaterial muss die zum Verbrennen nöthige Luftmenge durch einen entsprechenden Zug zugeführt werden; 4.) die Anlage muss gegen Wärmeverluste nach Thunlichkeit geschützt sein.

Jede Kesselfeuerungsanlage zerfällt in drei Theile: 1.) in den Feuerungs- oder Heizraum, in welchem die Verbrennung stattfindet; 2.) in jenen Theil, welcher die Feuerungsgase behufs nutzbarer Wärmeabgabe fortleitet (Züge oder Feuerkanäle), und 3.) in den Schornstein oder Kamin, d. i. jener Theil der Anlage, welcher den nöthigen Luftzug bewirkt und die gasförmigen Verbrennungsproducte in die Atmosphäre abführt.

Der vorzüglichste Theil des Heizraumes ist der Rost, d. i. jener Theil desselben, auf welchen das zu benützte Brennmaterial gelangt und wo die eigentliche Verbrennung stattfindet. Unter den verschiedenen für Einzelzwecke mehr oder minder vorthellhaft zur Anwendung kommenden Arten der Roste ist der sogenannte Planrost der verbreitetste und soll hier in erster Linie besprochen werden. — Der Planrost besteht aus mehreren Querträgern (Rostträgern), über welche der Länge nach Stäbe gelegt werden, die das Brennmaterial unmittelbar zu tragen bestimmt sind; letztgenannte Stäbe

heissen Roststäbe. Dieselben werden in solchen Abständen von einander gelegt, dass die zur Verbrennung nöthige Luftmenge durch die verbleibenden Zwischenräume (Rostspalten) durchziehen kann. Sowol die Roststäbe als die Rostträger werden aus Guss- oder Schmied-eisen hergestellt. Die Form der Roststäbe hängt von den Eigenschaften jenes Materials ab, welches auf ihnen zur Verbrennung gelangen soll. Die Roststäbe dürfen nicht zu breit sein, damit das auf den Stäben aufliegende Brennmaterial mit der zugeführten Luft auch in Berührung kommen könne; die Rostspalten dürfen aber auch nicht so weit sein, dass ein Durchfallen noch unverbrannter Kohlenstückchen in grossen Masse zu befürchten wäre. — Die Grösse der Fläche, auf welcher das Brennmaterial zur Verbrennung gelangt, nennt man die totale Rostfläche, während die Summe aller zwischen den einzelnen Stäben eines Rostes verbleibenden Rostspaltenflächen die freie Rostfläche genannt wird; letztere soll mindestens ein Viertel bis ein Drittel der totalen Rostfläche betragen. — Die Grösse der totalen Rostfläche hängt nicht nur von der Menge des auf dem Roste in einer bestimmten Zeit zu verbrennenden Materials, sondern auch von der Qualität desselben und weiters von der Höhe ab, bis zu welcher sich ein bestimmtes Brennmaterial auf dem Roste schichten lässt, um eine zweckmässige Verbrennung zu erzielen. Die Grösse der totalen Rostfläche ist daher zu der auf ihr in einer bestimmten Zeit zu consumirenden Brennstoffmenge gerade, zur Höhe der Brennstoffschichte aber verkehrt proportionirt. — Die Grösse der totalen Rostfläche beträgt bei Planrosten und bei Anwendung von Kohlen als Brennmaterial $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{20}$ der Kesselheizfläche. — Die Brennstoffmenge, welche auf einer Rostfläche von einem Quadratmeter Grösse in einer Stunde verbrannt werden kann, schwankt beispielsweise bei Kohlen, je nach der Qualität des Brennmaterials, zwischen 60 und 100 *kg*.

Zur Verbrennung von Kohlengries, Torf, Sägespähen, Holzabfällen etc. werden die sogenannten Treppenroste angewendet. Sie bestehen aus einem System von quer zur Zugrichtung liegenden, treppenartig angeordneten Rostplatten, die in entsprechend geformten Seitenträgern ihre Auflager erhalten (Taf. 4, Fig. 8) und über welchen eine eigene Beschickungsvorrichtung (meistens ein gusseisener Korb mit Deckel) angebracht wird. Die Neigung eines solchen Rostes ist ziemlich bedeutend und beträgt oft bis zu 60°. Häufig befindet sich am Fusse eines solchen Treppenrostes auch ein kurzer Planrost, welcher die Bestimmung hat, das allenthalben auf dem eigentlichen

Treppenroste nicht verbrannte Material aufzunehmen und einer möglichst vollständigen Verbrennung zuzuführen. Treppenroste besitzen für die Anwendung der oben genannten, minderwerthigen Brennmaterialien den Vortheil, dass das Durchfallen der unverbrannten Theile vermieden ist und doch gleichzeitig eine beträchtliche Luftzufuhr platzgreifen kann; aus letzterem Grunde findet bei solchen Rosten auch eine ziemlich rauchfreie Verbrennung statt; auf Treppenrosten lässt sich somit bei Anwendung von solchen Brennmaterialien, welche ihrer Form halber auf Planrosten rasch durchfallen würden, ein nicht unbedeutendes Brennmaterialersparniss erzielen.

(Etagenroste, continuirliche Roste, Schüttelroste, rotirende Roste.)

Der Rost trennt den Heizraum vom Aschenfall; letzterer ist jener Raum, welcher der Luft den Zutritt unter den Rost gestattet. Der Aschenfall, auch Aschenraum genannt, communicirt frei mit der Atmosphäre und ist gewöhnlich, so wie der Heizraum, durch eine besondere Thüre abgeschlossen. Es ist klar, dass in einem Heizraume kein Luftzutritt stattfinden kann, wenn sowol die Heizthüre als die Aschenfallthüre geschlossen ist, ferner dass ein vortheilhafter Luftzutritt erst dann platzgreifen wird, wenn die Aschenfallthüre geöffnet und zugleich die Heizthüre geschlossen ist, endlich dass bei geöffneter Heizthüre kalte Luft über dem Brennmaterial hinwegstreicht und durch den Zug des Kamins direct in diesen gefördert wird, ohne den eigentlichen Verbrennungsprocess zu unterstützen, da im letzten Falle die im Heizraume herrschende Temperatur durch die eintretende kalte Luft wesentlich herabgestimmt wird. — Im Aschenfalle sammeln sich die Rückstände, welche nach der Verbrennung durch die Rostspalten fallen (Asche, Schlacke) und die von Zeit zu Zeit entfernt werden müssen. Der Aschenfall muss eine hinreichende Höhe besitzen, damit die am Boden desselben noch fortbrennende Schlacke nicht zur Zerstörung der Roststäbe beitrage.

Vom Roste aus ziehen die sich entwickelnden Flammen und die Feuergase zunächst über die Feuerbrücke, eine unmittelbar hinter dem Roste sich befindende, den eigentlichen Zugquerschnitt verengende Aufmauerung, welche den Zweck hat, die Flamme sowol als die Feuergase in möglichst innige Berührung mit dem Kessel zu bringen, sowie eine bessere Mischung der noch unverbrannten Gase mit der Flamme zu erzielen, damit diese Gase zur Entzündung gelangen und somit eine vollständigere Verbrennung eingeleitet werde. Obgleich die Anordnung einer Feuerbrücke für die Ausnützung des Brennmaterials vortheilhaft ist, so hat sie doch wieder den Nachtheil

im Gefolge, dass die Kesselwand an dieser Stelle durch die an sie gedrängte Flamme (Stichflamme) leicht zu Schaden kommt; aus diesem Grunde ist es zu vermeiden, an jenen Stellen eines Dampfkessels, welche über der Feuerbrücke liegen, Nietnathen anzubringen.

Von der Feuerbrücke ab ziehen die Feuergase durch den Zugkanal (oder durch mehrere Kanäle) gegen das hintere Kesselende, um auf diesem Wege noch einen Theil ihrer Wärme an den Kessel, beziehungsweise an das im Kessel enthaltene Wasser abzugeben. Diejenige Linie, in welcher die Wandfläche des Zugkanales mit der Kesselwand zusammenstösst, heisst gewöhnlich die Feuerlinie; der verticale Abstand derselben vom normalen Wasserstand soll mindestens $15 \frac{1}{m}$ betragen, und ist auch sofort erkenntlich, dass der Wasserspiegel im Kessel nie unter die Feuerlinie sinken darf, weil sonst die innen vom Wasser blossgelegte Kesselwand, welche aussen von den Feuergasen bespült wird, in den Zustand der Rothglühhitze gelangt, in welchem das Kesselblech unfähig ist, dem von innen nach aussen wirkenden Drucke des im Kessel enthaltenen Dampfes dauernd Widerstand zu leisten. Es hat aus diesem Grunde auch überhaupt als Regel zu gelten, dass alle von der Flamme bestrichenen Kesselwandungen auf der Dampfseite vom Wasser belegt sein müssen, damit die Gefahr einer Kessel-Explosion nicht eintrete. — Der Querschnitt der Zugkanäle eines Dampfkessels soll unmittelbar hinter der Feuerbrücke 30 bis 50% der totalen Rostfläche betragen.

Von den Zugkanälen begeben sich die Feuergase, der Einwirkung des Zuges folgend, in den sogenannten Fuchs und von hier durch den Fuchskanal in den Schornstein. — Der Fuchs ist eine sackartige Vertiefung des Zugkanales, welche die Aufgabe hat, eine Verminderung der Zugsgeschwindigkeit der Feuergase einzuleiten, bevor diese selbst in den Schornstein treten, damit eine Ablagerung der mit den Feuergasen mitgerissenen Asche (Flugasche) stattfindet. Die sich im Fuchs ansammelnde Flugasche muss durch eine an der Seite des Fuchses angebrachte Putzthüre zeitweilig entfernt werden, damit sich der Fuchs nicht vollkommen verlege. In dem vom Fuchs zum Schornstein führenden Fuchskanal ist gewöhnlich ein Schieber (oft Register genannt) eingeschaltet, durch dessen Stellung man den Querschnitt des Fuchskanales nach Bedarf verändern kann, um die Lebhaftigkeit des Zuges in den durch die Kaminanlage gebotenen Grenzen zu vermehren oder zu vermindern. Auch durch theilweises Öffnen oder Schliessen der Aschenfallthüren lässt sich die Zugthätigkeit steigern oder unterbrechen, und sind somit durch diese

Thüren und durch das Register genügende Hilfsmittel geboten, um die Zug-Intensität den jeweiligen Betriebsbedürfnissen anzupassen. Selbstverständlich — und wie schon oben angedeutet wurde — können diese Mittel die grösste natürliche Thätigkeit des Schornsteines nicht mehr steigern, sondern nur den fallweisen Verhältnissen anpassen; eine Steigerung des natürlichen Zuges kann in einem gegebenen Kamine nur durch Anwendung von ausserordentlichen Mitteln, wie durch einen in denselben eingeleiteten Dampfstrahl, bewirkt werden; in solchen Fällen pflegt man dann den Zug einen künstlich hergestellten zu nennen.

In den meisten Fällen beschreiben die abziehenden Feuergase einer Kesselheizanlage nicht den im Vorigen beschriebenen kurzen Weg, um vom Heizraume in den Kamin zu gelangen, sondern dieselben werden in mehrfachen Hin- und Rückgängen (Windungen) über den Kessel geführt, wie bei Vorführung einiger moderner Kesselsysteme im nächsten Unterabschnitte näher auseinandergesetzt werden wird. — Im Allgemeinen unterscheidet man innere und äussere Feuer- oder Zugkanäle, je nachdem die Feuergase durch den Kessel hindurch oder aussen um ihn herum geführt werden. Man pflegt auch Kessel mit äusserer oder mit innerer Feuerung zu unterscheiden, je nachdem der gesammte Heizraum ausser dem Kessel oder im Kesselinneren liegt. — Die Wärmeabgabe an die Kesselheizfläche findet um so günstiger statt, je länger die Zugkanäle sind, doch darf deren Gesamtlänge eine bestimmte Grenze nicht überschreiten, weil sonst die Reibung der Feuergase an den Kanalwänden, sowie der Widerstand, der sich diesen Gasen beim Uebertritt aus einem Kanal in den andern entgegenstellt, den Zug beeinträchtigen würden.

Der Schornstein oder Kamin ist nichts anderes als ein sich senkrecht erhebender Kanal, der an seinem unteren Ende mit den Feuerkanälen und am oberen Ende mit der atmosphärischen Luft in Verbindung steht. Denken wir uns vor dem Roste eine Luftsäule, deren höchster Punkt von der Rostfläche im verticalen Sinne gleichweit absteht als der höchste Punkt des Kamins, so wird diese Luftsäule der im Schornstein enthaltenen so lange das Gleichgewicht halten, als die Temperatur im Heizraume und in den Feuerkanälen gleich jener der äusseren Luft ist; wird aber durch den auf dem Roste entzündeten Brennstoff die im Heizraume enthaltene Luft erwärmt (und bleibt dabei die Heizthüre geschlossen), so strebt selbe, da sie dann specifisch leichter wird, sich zu erheben, und bewegt sich durch die Zugkanäle in den Schornstein. In letzterem wird

sich dann eine Säule erwärmter, somit leichterer Luft befinden, welche mit der vor dem Roste befindlich gedachten Luftsäule nicht mehr im Gleichgewichte stehen kann. Hat somit einmal die Erwärmung der im Heizraume, und dann jene der im Kamine enthaltenen Luft platzgegriffen, so wird eine stetige Bewegung eintreten; die vor dem Roste stehende Luftsäule wird durch den Aschenfall in den Heizraum treten und dort die Verbrennung bewirken; die gebildeten heissen Gase werden dagegen ihren Weg nach dem Kamin nehmen und durch selben in die Atmosphäre entweichen. Diese stetige Bewegung, welche nach einmal eingetretener Erwärmung der Feuerungsanlage eingeleitet wird, nennt man den Zug derselben. Je höher die Temperatur der aus dem Kamin abziehenden Gase im Vergleiche zur Temperatur der äusseren Luft ist, desto lebhafter wird der Zug im Allgemeinen sein müssen. Hieraus ist auch schon klar, dass Kamine gut gegen Abkühlung geschützt sein müssen, wenn sie ihre Aufgabe erfüllen sollen. Die für die Wirkung eines Kamins günstigste Temperatur der abziehenden Gase liegt bei 272° Celsius. — Um den Zug in einem Kamine überhaupt einzuleiten, pflegt man vor dem Anheizen die im Kamin enthaltene Luftsäule zu erwärmen, was bei Stabkesseln durch die Einbringung von entzündetem Holz in den Fuchskanal — und zwar so nahe als möglich am Fusse des Kamins — leicht bewirkt werden kann. — Auch die Stärke des Windes übt einen Einfluss auf die Zugverhältnisse einer Heizanlage, weil durch den über der oberen Öffnung eines Kamins streichenden Luftstrom eine saugende Wirkung platzgreift, welche den der Heizanlage zukommenden Zug verstärkt. Hiedurch lässt sich auch erklären, warum an solchen Tagen, an denen eine hohe Temperatur der Atmosphäre und zugleich vollkommene Windstille herrscht, die Einleitung und gute Erhaltung des Zuges einer Heizanlage sich schwerer erreichen lässt, als an kalten Tagen und bei mittlerer Windstärke. — Die durch einen Kamin dem Brennmaterial zur Verbrennung zugeführte Luftmenge wächst mit der Grösse des Kaminquerschnittes in geradem Verhältnisse, jedoch nur wenig mit dessen Höhe; gemauerte Kamine werden gleichwol, und namentlich in Städten, sehr hoch aufgeführt, damit die Bewohner der einer Fabrikanlage naheliegenden Häuser durch den entsteigenden Rauch der Kamine nicht belästigt werden; Blechkamine kommen in beschränkterem Masse in Anwendung, weil die Abkühlung solcher Kamine eine bedeutend grössere ist, als jene der gemauerten, da es schwierig und kostspielig wird, selbe mit genügend schützenden Mänteln zu versehen.

Die gemauerten Kamine werden, sowie alle von der Flamme oder von den Feuergasen bestrichenen Zugkanäle, mit einer Lage feuerfester Ziegel gefüttert, welche gut aufeinander aufgeschliffen und mittelst feuerfestem Thonmörtel verbunden sein müssen, damit das Mauerwerk der hohen Temperatur für die Dauer Stand halten könne. Obwol der grösste Theil der Flugasche sich im Fuchs ablagert, so ist es dennoch nach längerer Betriebsdauer unumgänglich nöthig, sowol die Feuerkanäle als den Kamin kehren zu lassen, weil sonst der an den Wänden haftende Russ den Reibungswiderstand erhöht, welchen die durch den Kamin angesaugten Feuergase an den Wänden der Feuerkanäle sowie an der Wand des Kamines selbst zu erleiden haben.

IV. Kesselsysteme.

Der Zweck, für welchen ein Dampfkessel gebaut werden soll, bestimmt in den meisten Fällen schon seine äussere Form sowie die Vertheilung seiner inneren Räume, die Wahl der Rostanordnung und dessen Einmauerung oder Verkleidung, endlich die zugehörige Kaminanlage. Der Kessel einer Dampffeuerspritze wird von dem einer Siederei wesentlich verschieden aussehen. — Ersterer ist dazu bestimmt, in möglichst kurzer Zeit Dampf zu bilden und selben gleichmässig abzugeben; bei letzterem Kessel ist die rasche Erzeugung des Dampfes Nebensache, während es vielmehr wünschenswerth erscheint, in gewissen, oft unregelmässig auf einander folgenden Zeiträumen viel Dampf zu erhalten. Ersterer bedingt eine leichte Transportabilität, letzterer hingegen nicht. Bei ersterem wird es ziemlich unmöglich sein, mit Kleinkohle oder gar mit Holzabfällen zu heizen, was beim zweitgenannten Kessel wieder nicht der Fall ist. Der Kessel einer Dampffeuerspritze wird unter allen Umständen einen Blechkamin erhalten, während der einer Siederei gemauert sein wird, u. s. f.

Je nach der Örtlichkeit, in der Dampfkessel zur Verwendung gelangen, pflegt man selbe in stabile, in transportable (Locomobil-, Locomotiv-) und in Schiffskessel einzutheilen; je nach der Aufstellungsart in horizontale und verticale (oder stehende) Kessel; endlich unterscheidet man, wie früher schon erwähnt wurde, Kessel mit innerer und solche mit äusserer Feuerung.

Von den zahlreichen bisher in der Praxis zur Ausführung gelangten Kesselformen und Kesselanlagen sollen hier nur die wichtig-

sten und am meisten verbreiteten vortheilhaften Systeme besprochen werden. Diese sind: 1.) die cylindrischen Kessel mit äusserer Feuerung, 2.) die cylindrischen Kessel mit innerer Feuerung, 3.) die cylindrischen Kessel mit Vorwärnröhren und äusserer Feuerung, 4.) die cylindrischen Kessel mit darunterliegendem Sieder, 5.) die verschiedenen Formen der Röhrenkessel, 6.) die Kessel nach Dupuis' System, 7.) die Locomotivkessel und 8.) die Schiffskessel.

1. Cylindrische Kessel mit äusserer Feuerung.

Die Figuren 1 und 2 der Taf. 4 stellen einen solchen Kessel K sammt Einmauerung, und zwar im Längen- und im Querschnitte, vor; er ruht vermittelst der auf seinen Seiten angenieteteten oder angeschraubten Träger auf dem Mauerwerke und wird auf der grösseren Hälfte seiner Oberfläche von der Flamme und den Feuergasen bestrichen. Unter dem Planroste R befindet sich der Aschenfall A ; die Feuergase ziehen nach der Richtung des Pfeiles 1, blos die untere Kesselfläche bestreichend, über dem Fuchs zum Kamin. Der unmittelbar über dem Kessel befindliche Raum ist mit Asche, Kohlenlöschte oder einem anderen schlechten Wärmeleiter ausgefüllt und gewöhnlich mit einem einfachen Ziegelpflaster gedeckt. — Die wesentlichsten Vortheile dieses Kesselsystems liegen in der Einfachheit der Herstellung und der Einmauerung, sowie in der Leichtigkeit der Reinigung des Zugkanales und der leichteren Beschließbarkeit des Kessels; die Nachtheile dieses Systems sind der verhältnissmässig geringe Dampfraum sowie der Umstand, dass zur Erreichung einer grossen Heizfläche der ganzen Kesselanlage eine nicht unbedeutende Längenausdehnung gegeben werden muss. Die Stossfugen der Bleche müssen bei diesem Kesselsysteme, wie auch bei den später hier zur Beschreibung gelangenden Systemen, von der Flamme abgekehrt sein, damit die Blechverbindung dauernd dicht verbleibe.

2. Cylindrische Kessel mit innerer Feuerung.

Die Figuren 3 und 4 der Taf. 4 stellen einen solchen Kessel K mit zwei eingeschobenen Feuerröhren F_1 und F_2 dar, welche an den Kesselfronten angenietet sind; diese Kessel werden jedoch oft auch nur mit einem einzigen Feuerrohre hergestellt und führen im Allgemeinen den Namen Cornwall-Kessel. Die Feuerröhren sind an beiden Enden offen und dienen zur Aufnahme des Rostes sowol als zur Fortleitung der Feuergase durch das Innere des Kessels; sie vergrössern die Kesselheizfläche und somit auch die Verdampfungsfähig-

keit, ohne so bedeutende Längenausdehnungen zu erheischen, wie cylindrische Kessel mit äusserer Feuerung. Die Flamme und die Feuergase ziehen durch die Feuerrohre 1, 1 am Kessel entlang, kehren dann durch die Kanäle 2, 2 wieder zurück und bestreichen endlich noch die Kanäle 3, 3, bevor sie in den Kamin treten. — In dem vorgeführten Kessel sind überdies conische Röhren *g, g* eingesetzt, welche quer zur Zugrichtung liegen und nach ihrem Erfinder Galloway'sche Röhren genannt werden. Selbe versteifen die Feuerröhren in sehr günstiger Weise und bezwecken eine entsprechende Circulation des Kesselwassers, sowie eine leichte und reichliche Dampfwicklung, da sie die Heizfläche vergrössern. Noch sei erwähnt, dass die flachen Abschlusswände solcher Kessel mit Winkeleisen versteift werden, um eine höhere Festigkeit zu erzielen, ferner dass bei diesen (wie bei den meisten andern cylindrischen Kesseln) die Längsnathen der Bleche gewöhnlich mittelst doppelter Vernietung hergestellt werden. Bei dem Stutzen *S*, welcher am Kesselboden und gerade über dem Aschenfalle liegt, wird das Speisewasser dem Kessel zugeführt.

3. Cylindrische Kessel mit Vorwärmröhren und mit äusserer Feuerung.

Die Figuren 8 und 9 der Taf. 4 stellen einen solchen Kessel dar. Derselbe besteht aus einem etwas geneigten cylindrischen Hauptkessel (Oberkessel) *K* und den beiden unter ihm liegenden Vorwärmröhren V_1 und V_2 . Der Hauptkessel steht mit dem Vorwärmrohr V_1 durch einen rohrförmigen Stutzen in Verbindung, ebenso die beiden Vorwärmröhren untereinander. Die Neigung, welche hier den Vorwärmröhren gegeben ist, hat zum Zwecke, dem sich in diesen Röhren entwickelnden Dampfe einen leichten Ausweg nach oben zu gestatten, während die Neigung des Hauptkessels lediglich angewendet wird, um eine vollständige Entleerung des Kessels beim Ausserbetriebsetzen desselben zu ermöglichen. — Die Feuerung erfolgt im vorliegenden Falle auf einem Treppenroste *T*, welcher aus dem Füllkorbe *F* gespeist wird; *A* ist der Aschenfall. Die Flamme drängt sich nach der Richtung des Pfeiles 1 über die hier angebrachte Feuerbrücke an den Oberkessel und bestreicht ihn der ganzen Länge nach, dann geht sie nach der Richtung des Pfeiles 2 über das Vorwärmrohr V_1 und schliesslich nach der Richtung der Pfeile 3, 3 über das Vorwärmrohr V_2 in den Kamin. Das Speisewasser wird bei diesem Kessel am tiefsten Punkte des Vorwärmrohres V_2 eingeführt und steigt successive in den Oberkessel; es verfolgt daher auf dem Wege durch die Vorwärmröhren V_2 und V_1 gerade die entgegengesetzten Richtungen,

welche die Feuergase einschlagen, weshalb man solche Kessel auch im Allgemeinen als Kessel nach dem Gegenstrom-Systeme bezeichnet. Auch dieses Kesselsystem bietet, dem einfachen cylindrischen Kessel gegenüber gehalten, eine grosse Heizfläche ohne grosse Raumverschwendung in der Längenausdehnung. Da der Nachtheil eines verhältnissmässig geringen Dampfraumes bei diesem Kesselsysteme meist noch stärker hervortritt als bei cylindrischen Kesseln (und zwar deshalb, weil solche Kessel weit mehr Wasser enthalten und eine grössere Heizfläche besitzen), so pflegt man hiebei dem Oberkessel einen cylindrischen Aufbau *D* zu geben, welcher als Dampfsammler dient und deshalb auch der Dampfdom genannt wird. Die kleineren cylindrischen Ansätze, welche in Fig. 8 angedeutet erscheinen, sind für die Anbringung der Kesselgarnituren bestimmt.

4. Cylindrische Kessel mit darunter liegendem Sieder.

Dieses System unterscheidet sich vom letztbeschriebenen im Wesentlichen nur dadurch, dass hier die erste Führung der Flamme am Unterkessel stattfindet. — Ausser dem Hauptkessel (Oberkessel) *K* (Fig. 10 und 11 auf Taf. 4) wird nämlich ein Unterkessel (Sieder) angewendet, in welchem der Rost liegt; die Feuerungsgase ziehen durch das Siederrohr *F* nach der Richtung 1 an das hintere Kesselende und von hier nach der Richtung des Pfeiles 2 auf der Aussenseite des Sieders zurück, endlich steigen selbe zum Hauptkessel auf und begeben sich, im Sinne des Pfeiles 3 den Oberkessel bestreichend, zum Kamin. — Auch dieses System bietet eine grössere Heizfläche als der einfache cylindrische Kessel mit äusserer Feuerung. Bemerkenswerth ist die elastische Verbindung der einzelnen Blechstösse des Feuerrohres *F*, welche hier angewendet wird, um der ungleich grösseren Ausdehnung, welche dieses Rohr im Vergleiche zu den andern Kesseltheilen erleidet, Rechnung zu tragen. Nachdem der Oberkessel erst in der dritten Führung der Feuergase liegt, während am Siederrohr *F* die grösste Wärmeabgabe stattfindet, so ist im Unterkessel stets specifisch leichteres Wasser als im Oberkessel, und entsteht deshalb eine lebhafte Wassercirculation; das Wasser des Unterkessels zieht nämlich, wenn es einmal erwärmt ist, durch den Verbindungsstutzen, welcher näher am Roste liegt, nach aufwärts, und jenes des Oberkessels sinkt durch den zweiten Verbindungsstutzen, als specifisch schwerer, nach abwärts. Dieser stetige Kreislauf des Wassers ist für die Dampfbildung sehr günstig. — Auch bei diesem Kesselsysteme wird es gewöhnlich nöthig, einen Dampfdom am Oberkessel anzubringen, um

dadurch den eigentlichen Dampfraum zu vergrössern; die Speisung erfolgt hiebei meistens im Sieder, und zwar unmittelbar unter dem Roste, wie in der Figur durch das knieförmige Speiserohr, welches auch zugleich als Entleerungsrohr verwendet werden kann, angedeutet erscheint. Um eine vollständige Entleerung des ganzen Kessels zu ermöglichen und um anderseits dem im Sieder sich bildenden Dampfe einen bequemen Ausweg zu verschaffen, ist der Sieder etwas geneigt. Die am Oberkessel angebrachten rohrförmigen Ansätze sind für die Befestigung der Kesselgarnituren bestimmt.

Ein dem beschriebenen ähnliches, aber bereits allerorts verworfenes System ist jenes mit Siedern, welche eine äussere Feuerung besitzen, was hier blos erwähnt wird, um nicht zu Verwechslungen Anlass zu bieten.

5. Die verschiedenen Formen der Röhrenkessel.

Die Röhrenkessel (Tubularkessel) bestehen gewöhnlich aus einem cylindrischen Kesseltheil und aus einem Röhrenbündel, welches in ersterem eingebaut ist und als Heizfläche verwendet wird, oder aber aus einem solchen Röhrenbündel allein. Im ersteren Falle sind die Röhrenenden in den sonstigen Kesselwänden (Rohrplatten) eingeschoben und dort abgedichtet und ziehen die Feuergase meist durch diese Röhren hindurch (seltener um selbe herum); im letzteren Falle communiciren die einzelnen Röhren des Bündels untereinander und ist die Feuerung stets aussenliegend; die Röhren sind entweder aus Schmiedeisen oder aus Metall hergestellt. Alle Arten der Röhrenkessel bieten den Vortheil, in einem kleinen zur Verfügung stehenden Raume eine beträchtliche Heizfläche unterbringen zu können, wodurch eine rasche Dampfbildung möglich wird; doch haben sie in den meisten Fällen einen mässigen Dampfraum und liefern also nasseren Dampf als einfache cylindrische Kessel. Der gemeinschaftliche Nachtheil aller jener Röhrenkessel, welche Rohrplatten besitzen, ist der, dass die Dichtung und dauernde Dichthaltung der Röhrenenden oft schwierig zu erreichen ist, und dass sich solche Röhren ohne Anwendung des künstlichen Zuges leicht mit Flugasche verlegen; die Röhrenkessel, welche nur aus einem communicirenden Röhrenbündel bestehen, bieten meistens Schwierigkeiten beim Speisen derselben und haben stets einen eigenen Dampfsammler nöthig.

In den Figuren 5 und 6 der Taf. 4 ist ein einfacher horizontal-liegender Röhrenkessel *K* dargestellt; derselbe besteht aus einer cylindrischen Hülle, welche durch ebene Böden abgeschlossen ist, in denen die Röhrenenden ihre Dichtung erhalten; die Feuerung ist

hier eine äussere und erfolgt auf dem Planroste *R*; *A* ist der Aschenfall, *D* der Dampfdom, *S* das Speiserohr. Die Flamme zieht zuerst über die Feuerbrücke und nach der Richtung des Pfeiles 1 an der Unterseite des Kessels entlang, dann steigen die Feuergase auf und durchziehen nach der Richtung 2 die Röhren (Siederöhren), endlich gehen selbe durch die beiden Seitenkanäle 3, 3 zum Kamin und bespülen auf diesem Wege noch die Seitenflächen der cylindrischen Kesselhülle. Alle diese Kanäle sind an ihren Enden mit Putzthüren versehen, sowie auch die Anordnung getroffen ist, dass die vor den Siederöhren (über dem Roste) liegende Wand leicht entfernt werden kann, um die Reinigung der Röhren (mittelst eigener Bürsten) leicht vornehmen zu können; in vielen Fällen ist anstatt der letztgenannten, in einem Eisenkasten gemauerten Wand eine doppelte Thüre aus Eisenblech angewendet, welche man die Rauchkammerthüre (oft kurzweg Rohrthüre) zu nennen pflegt. — In der Figur ist auch ersichtlich gemacht, wie der grösste Theil der Flugasche vor dem Eintritte der Feuergase in die Siederöhren sich ansammeln kann, ohne Verengungen des eigentlichen Zugquerschnittes im Gefolge zu haben, und ist im Aschenfalle auch eine Thüre angedeutet, durch welche die mit der Zeit sich anhäufende Flugasche entfernt wird. Bei diesem Kesselsysteme muss noch erwähnt werden, dass die Rohrplatten zu einander parallel stehen sollen, um eine gute Dichtung zu erzielen, und dass diese Platten durch eigene Anker gegenseitig gehalten oder aber mittelst Winkeleisen ausgiebig versteift sein müssen. Um möglichst wenig Anker oder Winkeleisen anzuwenden und um eine grössere Auflage für die Röhrenenden zu gewinnen, wählt man meistens Rohrplatten, welche beträchtlich dicker sind als die sonstigen Kesselwände.

Die Figuren 14 und 15 der Taf. 4 stellen verticale Röhrenkessel dar, welche zumeist dort Anwendung finden, wo eine geringe Länge und Breite, dafür aber eine genügende Höhe für die Kesselanlage zur Verfügung steht.

Der Röhrenkessel in Fig. 14 besteht aus einer Hülle und aus der eigentlichen Feuerkiste, welche zur Aufnahme des Rostes *R* bestimmt ist; *A* stellt den Aschenfall, *H* die Heizöffnung dar. Das Röhrenbündel, welches hier vertical angeordnet ist, steht mit den unteren Enden der Röhren in der gewölbten Feuerkiste, während die oberen Enden in einer ebenen Rohrplatte gedichtet sind, über welcher sich der durch den Dampfraum ziehende Kamin anschliesst. Die Feuerkiste ist durch Stehbolzen mit der Hülle verbunden; die untere Verbindung der Feuerkiste und der Hülle (in der Rosthöhe) wird

durch einen eingeschobenen und dann vernieteten Schmiedeisening hergestellt.

Der in Fig. 15 vorgeführte verticale Röhrenkessel besitzt eine Feuerkiste, welche sich direct an den Kamin anschliesst, in welche aber Galloway'sche Röhren *G*, *G* eingeschoben sind.

Diese verticalen Kessel sind nicht eingemauert, sondern blos mit einer Filz- und Holzverkleidung gegen Wärmeverluste geschützt.

In den Figuren 12 und 13 der Taf. 4 ist eines jener Kesselsysteme dargestellt, bei welchen ein Röhrenbündel allein den Feuergasen ausgesetzt erscheint; es bestehen verschiedene Ausführungsarten solcher Röhrenkessel, welche von ihren Erfindern gewöhnlich als „unexplodirbar“ gepriesen werden. — Beim hier dargestellten Kessel nach Howards System sind fünf geneigte Rohrlagen, aus je vier schmiedeisernen Röhren bestehend, übereinander angeordnet; je fünf übereinanderliegende Rohre sind dabei mit ihren oberen Enden in ein Verticalrohr verschraubt, während die unteren Enden abgeschlossen sind, wodurch die einzelnen Röhren sich ungehindert ausdehnen können. An diesem Kessel kommt keine Nietung vor. Aus jedem der vier verticalen Verbindungsrohre desselben führt ein Knierohr zum gemeinschaftlichen cylindrischen Dampfsammler *D*; die Speisung erfolgt in ein horizontal liegendes Rohr, welches mit den unteren Enden der tiefsten Rohrlage communicirt. Damit die vom Roste *R* abziehenden Feuergase gezwungen werden, alle Rohre ausreichend zu bespülen, sind gusseisene Zwischenwände über den untersten drei Rohrlagen angebracht, und nehmen diese Gase nach den in der Figur angedeuteten Pfeilen den Weg zum Kamin. Noch sei erwähnt, dass der normale Wasserstand bei diesem Kessel zwischen der dritten und vierten Rohrreihe zu liegen kommt.

Auch die Belleville-Kessel sind dem soeben beschriebenen Systeme ähnlich; — sie bieten gleichfalls hohe Sicherheit gegen Explosionen, sind leicht zu reinigen und gestatten eine wenig umständliche Auswechslung einzelner Kesseltheile; beim Howard-Kessel ist die Wechslung der Röhren dafür sehr rasch möglich, weil selbe an einem Ende frei liegen.

6. Die Kessel nach Dupuis' Sytem.

Die Vortheile der einfachen cylindrischen und der Röhrenkessel sind bei diesem in Fig. 7, Taf. 4 im Längenschnitte dargestellten Kessel so ziemlich vereinigt. Der cylindrische horizontale Hauptkessel schliesst sich hier an einen verticalen Röhrenkessel an; durch diese

Anordnung ist eine leichte Reinigung der Röhren von oben ermöglicht und legt sich überhaupt weniger Flugasche in selben ab, als in horizontal liegenden. Die Feuergase bestreichen den Hauptkessel nach der Richtung des Pfeiles 1, bespülen dann die Hülle des verticalen Kessels nach der Richtung 2 und ziehen endlich durch die Röhren aufwärts und nach der Richtung 3 zum Kamin. — Die Speisewasserzuführung erfolgt durch das Knierohr *S*, welches durch den Kesselfuss geht; auf dem Dampfraume des Verticalkessels ist das Dampf-
 absperrentil *D* angebracht. Dieses Kesselsystem bietet eine sehr bequeme Zugänglichkeit behufs der Reinigung aller Zugkanäle und gestattet eine ungehinderte Ausdehnung der einzelnen Kesseltheile.

7. Die Locomotivkessel.

Dieselben unterscheiden sich von den bisher beschriebenen Röhrenkesseln nur durch ihre eigenthümliche, dem Zwecke der Transportabilität angepasste Form. Sie bestehen aus drei wesentlichen Theilen: aus der Feuerbüchse, dem cylindrischen Hauptkessel und aus der Rauchbüchse. — Die Fig. 16, 17 der Taf. 4 stellen einen solchen Locomotivkessel im Längen- und im Querschnitt dar. Die Feuerbüchse besteht aus einer kastenförmigen Hülle und aus dem in selbe eingebauten Heizraume; *R* ist der Rost, *A* der Aschenkasten, *H* die Heizthüre, *D* der Dampfdom. Der cylindrische Hauptkessel *K* enthält die Siederöhren und hängt mit der Hülle der Feuerbüchse auf einer Seite zusammen, während er am andern Ende durch die zweite Rohrwand abgeschlossen wird. Die Hülle der Feuerbüchse ist mit den Wandungen des Heizraumes durch Stehbolzen und Verankerungen verbunden. An der zweiten Rohrwand ist die Rauchbüchse *E* befestigt; selbe besteht aus einem leichten Blechkasten, welcher durch die Thüre *T* abgeschlossen ist und den Kamin *C* trägt; durch diese Thüröffnung können die Siederöhren gereinigt werden. Behufs Erreichung des nöthigen Zuges ist ein Blasrohr *B* im Kaminuntertheil angebracht, in welches der von der Locomotive verbrauchte Dampf tritt.

Auch die Kessel der in der Landwirthschaft häufig verwendeten Locomobile werden vorwiegend nach diesem Systeme hergestellt.

8. Die Schiffskessel.

Die Schiffskessel unterscheiden sich von allen anderen Röhrenkesseln in characteristischer Weise; die thunlichste Ausnützung des in einem Schiffe für die Dampfkessel gebotenen Raumes erheischt

eine eigenthümliche Kesselform, welche sich möglichst an den Schiffskörper anschmiegt; die Einmauerung hat wegen ihres grossen Gewichtes zu entfallen, da bei solchen Kesseln in erster Linie angestrebt werden muss, eine grosse Dampfentwicklung bei möglichst geringem Kessel-Eigengewichte zu erreichen. — Man unterscheidet Schiffskessel mit cylindrischer und solche mit kastenförmiger Hülle. Erstere sind vorwiegend auf Handelsschiffen in Verwendung; sie bestehen aus einem cylindrischen Hauptkessel von kreisförmigem oder elliptischem Querschnitt, in welchen mehrere Feuerbüchsen eingebaut sind; an diese Feuerbüchsen schliessen sich Röhrenbündel an, welche sich in einer gemeinschaftlichen Rauchkammer vereinigen, durch welche die Feuergase in den Kamin abziehen. — Die cylindrischen Formen gestatten die Anwendung höherer Dampfspannungen, ohne grosse Kesselgewichte zu bedingen, dafür lässt sich hiebei der im Schiffe für die Kessel zur Verfügung stehende Raum nicht vollkommen ausnützen, und muss beziehungsweise zur Erreichung einer bestimmten Heizfläche ein verhältnissmässig grosser Raum beansprucht werden. — Bei Kriegsschiffen, wo die beste Ausnützung der Räume zur dringlichsten Nothwendigkeit wird und ausserdem aus mehrfachen Rücksichten ausser der Unterbringung einer grossen Heizfläche auch ein möglichst grosser Wasser- und Dampfraum wünschenswerth erscheint, endlich die Kessel meist ganz unter der Wasserlinie des Schiffes liegen müssen, kommen noch überwiegend kastenförmige Kessel (oft Kofferkessel genannt) zur Anwendung.

Die Hauptbestandtheile eines jeden kastenförmigen Schiffskessels sind: die Kesselhülle, die Feuerbüchsen, die Siederöhren, die Rauchkammer und der Kamin. Es würde zu weit führen, alle Einzelheiten der verschiedenen Variationen, in welchen kastenförmige Schiffskessel gebaut wurden, erwähnen zu wollen, und genügt es zum Verständniss dieses Types, den in den Fig. 1, 2, 3 der Taf. 5 dargestellten Kessel zu beschreiben.

Die Kesselhülle schliesst einen meist durch Ebenen begrenzten Raum ein, der nur an der Bodenfläche die durch die Schiffskörper bedingte Krümmung trägt. Die Feuerbüchsen, deren je zwei bis sechs in einer Hülle eingeschoben sind, erhalten ebenfalls die Kastenform; die Seitenwände und Böden derselben sind eben, die unteren Ecken und die Feuerdecken jedoch abgerundet. Der Anschluss derselben an die Kesselfront erfolgt durch Winkeleisen; die Versteifung untereinander gegen den Kesselboden und gegen die Kesselseitenwände geschieht durch Stehbolzen, gegen die Kesseldecke aber durch Verankerungen.

Die Feuerbüchsen nehmen die Roste auf, welche auf querliegenden Trägern a, b, c liegen. Unterhalb der Roste sind die durch Thüren abschliessbaren Aschenräume; ober den Rosten sind die Feuerbüchsen durch doppelwandige Heizthüren f abgeschlossen; an den Enden der Roste sind kleine Feuerbrücken aufgemauert. Das Ende einer jeden Feuerbüchse ist mit einem erhöhten Aufbaue versehen, welcher mit der zur Aufnahme der Siederöhrenden nöthigen Rohrplatte abschliesst. — Die Siederöhren, welche bei diesen Kesseln fast ausschliesslich aus Muntzmetall hergestellt werden, haben meistens eine Länge von 1·5 bis 2·5 m und einen lichten Durchmesser von 65 $\frac{m}{m}$, endlich 2·5 bis 3 $\frac{m}{m}$ Wandstärke. Um den Feuergasen einen möglichst raschen Abzug zu gewähren, erhalten die Siederöhren eine geringe Ansteigung ($\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{20}$); zur Erreichung einer dauernden Dichtung müssen diese Röhren überdies senkrecht zu den beiden Rohrplatten B, B stehen. — Die Rauchkammer ist in den Kessel eingebaut und für alle Feuerbüchsen desselben gemeinschaftlich; die Öffnung h dient zur Reinigung der Siederöhren und ist durch eine doppelwandige Thüre abgeschlossen; die Rauchkammer ist theils durch die vordere gemeinschaftliche Rohrplatte, theils durch die Kesselhülle begrenzt. Bei grösseren Kessel-Complexen gelangen die Feuergase aus der Rauchkammer nicht unmittelbar in den Kamin, sondern zunächst in einen eigenen Raum, welcher die Rauchzüge der einzelnen Kessel vereinigt und der Rauchmantel genannt wird; auf diesen ist dann der Kamin aufgebaut. Bei einzeln zur Anwendung kommenden Kesseln steht der Kamin direct auf der Kesseldecke. — Der Kamin besteht aus einem aus Blech genieteten Rohre, dessen Querschnitt dem achten bis zehnten Theile der zugehörigen totalen Rostfläche gleichkommt; die Höhe eines solchen Kamins ist bedeutend geringer, als bei Kesselanlagen am Lande. Man unterscheidet fixe Kamine, das sind solche, die aus einem einzigen Rohre bestehen, welches unveränderlich auf der Kesseldecke aufgestellt bleibt, und Teleskop-Kamine, welche aus mehreren in einander verschiebbaren Rohren bestehen.

Ein weiterer Bestandtheil der Kastenkessel, welcher zur Überhitzung oder Trocknung des Kesseldampfes dient und gleichfalls in diese Kessel eingebaut wird, ist der Überhitzer. Derselbe besteht aus einem in die Rauchkammer eingesetzten, allseitig abgeschlossenen Kasten K aus Eisenblech; er theilt die Rauchkammer in zwei Theile, wovon der untere als Rauchkammer im engeren Sinne, der obere aber als Rauchkanal aufzufassen ist. Die Feuergase ziehen von der

Rauchkammer aus durch die schmiedeisenen Röhren des Überhitzers in den Rauchkanal; der diese Röhren umgebende Raum communicirt durch die an beiden Seiten offenen Röhren l, l mit dem Dampfraume des Kessels. Da die Dampfabnahme beim Ventil m (Fig. 3) erfolgt, so ist ersichtlich, dass der Kesseldampf, welcher durch die Röhren l eintritt, über die Überhitzeröhren hinwegziehen muss, um in das Absperrventil zu gelangen; auf diesem Wege wird er durch die die Röhren durchziehenden Feuergase überhitzt oder getrocknet. — Mitunter erfolgt die Dampfabnahme nicht ausschliesslich aus dem Überhitzer, sondern auch unmittelbar aus dem Kesseldampfraume. Man ist dann auch in die Lage gesetzt, entweder überhitzten oder gesättigten oder aber Dampf mittlerer Temperatur (gemischten Dampf) zu gebrauchen.

Die eigenthümliche Form der Kastenkessel bedingt eine genügende Sicherung der dem Dampfdrucke ausgesetzten ebenen Wände. Gewöhnlich versichert man ebene Wände gegen Ausbiegungen durch Anieten von Winkeleisen; gegenüberstehende ebene Wände werden bei grösserem Abstände durch eingezogene Verankerungen, falls sie sich aber in geringem Abstände von einander befinden, durch Stehbolzen an einander gehalten.

Die Verankerungen sind meist von kreisförmigem, seltener von rechteckigem oder quadratischem Querschnitte, weil diese Formen verhältnissmässig grössere Abnützungsoberflächen bieten. Dort, wo man aus lokalen Rücksichten flache Anker anzuwenden gezwungen ist, wie es oft bei der Versteifung der Feuerbüchsen mit der Kesseldecke wegen der enge aneinander liegenden Siederöhren nöthig wird, gibt man den flachen Ankern einen etwas grösseren Querschnitt, als bei runden Ankern sonst gebräuchlich ist; man lässt aber den flachen Querschnitt sofort in den runden übergehen, sobald die räumlichen Verhältnisse dies gestatten (wie unmittelbar über den Siederöhren), und schmiedet entweder die flachen mit den runden Ankern zusammen oder verbindet sie in der aus Fig. 9 ersichtlichen Weise.

Die Grösse des Ankerquerschnittes muss derart gewählt sein, dass der betreffende Anker jenem Dampfdrucke mit genügender Sicherheit widerstehen könne, welcher auf der durch diesen Anker versteiften Fläche lastet. — Bezeichnet a den mittleren Abstand der Verankerungen eines Kessels (in Centimeter) und p den Dampfdruck (Manometeranzeige in $\frac{t}{g}$ pro $\square \frac{c}{m}$), so stellt der Ausdruck $a^2 p$ den auf einen Anker entfallenden Zug dar. — Die Inanspruchnahme der runden Anker soll, im neuen Zustande derselben, nicht $4 \frac{t}{g}$ pro $\square \frac{m}{m}$,

jene der flachen Anker nicht $3 \frac{h}{g}$ pro $\square \frac{m}{m}$ überschreiten. — Hienach lässt sich der Querschnitt eines Kesselankers, bei gegebenem Ankerabstande und gegebener Dampfspannung, leicht bestimmen; es ist nämlich für einen runden Kesselanker der Durchmesser (in Millimeter) $d = a \sqrt{\frac{p}{\pi}}$.

Die Anbringung der Anker erfolgt am einfachsten und besten in der Art, dass man dieselben durch die correspondirenden Löcher der zu versteifenden Wände durchschiebt und sie ausser- und innerhalb jeder Wand mit Muttern befestigt; zu diesem Behufe müssen die Enden der Anker mit Gewinden versehen werden; — unter die Muttern gibt man dann Unterlagscheiben, um einerseits den auf die Anker entfallenden Zug besser auf die bezüglichen Blechwände zu übertragen, und um anderseits eine gute Dichtung der Anker zu ermöglichen.

Die Entfernung der einzelnen Anker muss so gewählt werden, dass das Kesselinnere noch schließbar bleibt, um dessen Reinigung fallweise bewerkstelligen zu können. Die üblichen Entfernungen der Kesselverankerungen liegen zwischen 40 und 50 $\%$.

Die Rohrplatten werden untereinander nur selten durch das Einziehen von Ankern, dafür aber meistens durch Anbringung von kräftigen Siederöhren (Stützenröhren) versteift, welche an ihren Enden mit einem äusseren Gewinde versehen sind und mittelst Muttern an den Rohrplatten gehalten werden.

Die zur Versteifung naheliegender Wände gebräuchlichen Stehbolzen werden aus Schmiedeisen erzeugt und sind ihrer ganzen Länge nach mit Gewinden versehen, mittelst welchen sie in die gleichfalls mit Gewinden versehenen Löcher der Wandungen verschraubt werden; die Bolzenenden werden überdies durch Muttern gehalten, seltener umgenietet.

Die Reinigung der Kastenkessel erfolgt durch eigene Öffnungen, welche in der Hülle angeordnet sind und die während des Betriebes durch Deckel mit Bügeln und Schrauben geschlossen werden können. Gestatten solche Öffnungen das Einschließen von Personen in den Kessel, so heissen sie Mannlöcher, bei geringerer Ausdehnung aber, und wenn man durch selbe nur Putzwerkzeuge einbringen kann, werden selbe Schlammlöcher oder Putzlöcher genannt. — Der Verschluss solcher Öffnungen ist stets in der Weise angeordnet, dass während des Betriebes ein Anpressen der Deckel durch den Dampfdruck erfolgt; die Deckel, Bügel und Schrauben werden ausschliesslich

aus Schmiedeisen hergestellt. Die Dichtung solcher Mannloch- oder Schlammlochdeckel kann entweder durch Tressen oder durch dünne Kautschukrahmen erzielt werden.

V. Kesselgarnituren.

Unter Kesselgarnituren versteht man alle jene Bestandtheile, welche an einem fertigen Kessel angebracht sein müssen, um ihn zum beabsichtigten Gebrauche tauglich zu machen. — Man theilt die gesammte Kesselgarnitur häufig in die sogenannte grobe und in die feine Garnitur ein, und versteht unter der ersteren alle vom Kessel leicht abnehmbaren Theile, welche zur Heizung gehören, als Roststäbe und Rostträger, Heiz-, Aschenfall- und Rauchkammerthüren, sowie die Register und die Putzthüren, während man zu der feinen Garnitur alle sonstigen mit dem Kesselwasser oder Kesseldampfe in Berührung stehenden Bestandtheile rechnet.

Über die sogenannte grobe Garnitur wurde bereits das Wichtigste in den vorhergehenden Unterabschnitten erwähnt, und erübrigt es blos, die einzelnen feinen Garnituren ihrer Form und ihrem Zwecke nach vorzuführen. — Die feinen Garnituren lassen sich einteilen: 1.) in solche, welche zur Erfüllung gewisser Sicherheitsmassregeln nöthig sind, und 2.) in solche, die aus dem Betriebe eines Kessels an und für sich entspringen.

Die aus Sicherheitsgründen an jedem Dampfkessel angebrachten Garnituren dienen entweder dazu, den Dampfdruck in gewissen Grenzen zu halten (Sicherheitsventile und Manometer), oder um ein Sinken des normalen Wasserstandes, welches von verderblichen Folgen sein könnte, rechtzeitig zu erkennen (Wasserstandsanzeiger und Probirhähne; Schwimmer und Allarmpfeifen). Die aus dem wechselnden Betriebe als nothwendig entspringenden Garnituren sind jene für die Dampfableitung (Absperrventile) und die für die Wasserzuführung (Speisung), sowie für die Entleerung eines Kessels dienenden (Speise- und Ablassventile, Injektoren und Luftventile).

1. Sicherheitsventile.

Jene Vorrichtungen, welche auf einem Dampfkessel angebracht sind, um selbstthätig dem Dampfe einen Ausweg zu gestatten, sobald dessen Spannung ein beabsichtigtes Mass überschritten hat, nennt

man Sicherheitsventile. Sie bestehen im Allgemeinen aus einem mit dem Kesseldampfraume communicirenden Gehäuse, welches ein Ventil enthält, auf dessen untere Fläche der Kesseldampf drückt, während über der oberen Fläche desselben eine entsprechende Belastung angeordnet ist. So lange der durch diese Belastung auf das Ventil ausgeübte Druck grösser ist, als die im Kessel herrschende Spannung (Überdruck) des Dampfes, bleibt das Ventil geschlossen; sobald aber der Dampfdruck eine solche Höhe erreicht, dass die Belastung ihm nicht mehr das Gleichgewicht zu erhalten vermag, öffnet sich das Ventil und lässt einen Theil des Kesseldampfes ins Freie entweichen, wodurch die im Kessel herrschende Spannung wieder auf ihr höchstes zulässiges Mass gebracht wird.

Man unterscheidet Sicherheitsventile mit directer und solche mit indirecter Belastung; im ersteren Falle wirkt das angewendete Belastungsgewicht (oder eine Feder) unmittelbar auf die obere Ventilfläche, im letzteren hingegen ist das Gewicht (oder die Feder) am Ende eines einarmigen Hebels angebracht, welcher über dem Ventile derart angeordnet ist, dass der Endpunkt des kürzeren Hebelarmes auf die Ventilplatte drückt.

Fig. 1, Taf. 6 stellt ein Sicherheitsventil mit directer Belastung dar. Das gusseisene Gehäuse enthält hier einen Ventilsitz aus Metall und den gleichfalls aus Metall erzeugten flachen Ventilteller, welcher durch einen eigenen, in seinem Mittel sitzenden und mit ihm concentrisch gedrehten Stift in der durch Rippen mit dem Ventilsitze verbundenen Hülse gerade geführt ist. Auf dem Ventilteller liegen unmittelbar die Belastungsgewichte auf, die durch einen gabelförmigen zweiarmigen Hebel, der am Gehäuse seinen Drehpunkt findet, auch mittelst Handkraft gehoben werden können, sobald man den Kesseldampf durch das Ventil — sei es wegen Verminderung der Dampfspannung oder behufs gänzlicher Entleerung des Kessels — entweichen (abblasen) lassen will. Der dem Kessel entströmende Dampf wird durch den am Ventilgehäuse angebrachten Stutzen und durch ein eigenes Rohr (Abblaserohr) ins Freie befördert.

Die für einen bestimmten, grössten zulässigen Überdruck (pro Quadratcentimeter) p auf einen Ventilteller vom Eigengewicht g aufzulegende Ventilbelastung G ergibt sich aus der Gleichung

$$G + g = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

(worin d den freien Durchmesser des Ventiles in Centimetern ausdrückt, ferner G , g und p in Kilogramm gegeben sind), mit

$$G = p \cdot \frac{\pi}{4} d^2 - g.$$

Fig. 2, Taf. 6 stellt ein Sicherheitsventil mit indirecter Belastung dar. Im Ventilgehäuse sind hier, wie es oft üblich ist, zwei Ventile nebeneinander angebracht, welche sich in conischen Sitzen befinden; die Führung der Ventile erfolgt wie im früheren Falle. Mit den Ventilen sind cylindrische Stifte in Verbindung gebracht, welche bis ausserhalb des Gehäuses reichen und dort mittelst einarmiger Hebel und Aufhängegewichten belastet erscheinen. Jeder solche Hebel besitzt eine Führung gegen seitliche Schwankungen und eine Hubbegrenzung. Um das Lüften besorgen zu können, wird bei diesen Ventilen entweder unter dem jeweiligen Belastungsgewichte ein Hebelteller mit zugehöriger Hebeschraube, oder aber ein unmittelbar unter den Hebeln angeordneter Hebedaumen mit Hebelwerk angebracht, welches vom Kesselwärter leicht bethätigt werden kann. Die an den Ventilstiften angedeuteten Handgriffe dienen sowol zum bequemen Herausheben der Ventile aus ihren Sitzen als zum Nachschleifen derselben.

Bezeichnet, wie oben, p den Kesselüberdruck, g das Ventildurchmesser, P das am längeren Hebelarme anzuwendende Aufhängegewicht und g' das absolute Gewicht des Hebels, endlich a die Länge des kleineren und b die Länge des grösseren Hebelarmes, sowie c den Abstand der durch den Schwerpunkt des Hebels gehenden Verticalen vom Hebelstützpunkte, so ist

$$\left(p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 - g\right) a = P \cdot b + g' c$$

und daraus das Aufhängegewicht

$$P = \frac{\left(p \cdot \frac{\pi}{4} d^2 - g\right) a - g' c}{b}.$$

Anstatt bei einem ausgeführten einarmigen Ventilhebel erst dessen Schwerpunkt auszumitteln, denkt man sich das Eigengewicht desselben vom Schwerpunkte auf das Ende des längeren Hebelarmes reducirt, und bestimmt dieses als indirecte Belastung wirkende Gewicht auf folgende Art: Man hängt den armirten Hebel am Stützpunkte an einer Schnur auf, bringt ihn in die horizontale Lage und legt das andere freie Ende auf eine Wagschale; das in der anderen

Schale der Wage aufzulegende Gewicht stellt das verlangte reducirte Eigengewicht des Ventilhebels dar. Es ist somit

$$\left(p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 - g\right) a = P \cdot b + P' \cdot b,$$

wobei P' das gefundene reducirte Eigengewicht des Hebels bezeichnet. Hieraus ergibt sich das Aufhängegewicht

$$P = \frac{\left(p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 - g\right) a}{b} - P'.$$

Bei Kesseln, die grossen Schwingungen ausgesetzt sind, wie z. B. bei Locomotiven, ersetzt man das Belastungsgewicht durch den Druck einer Feder. Fig. 3, Taf. 6 stellt ein solches Ventil dar. Die Feder ist dabei in einer mit einem Seitenschlitz versehenen Büchse A eingeschlossen und letztere an einem Fixpunkte eingehängt; am Hebelende ist eine mittelst Schraubengewinde in der Höhenrichtung verstellbare Stange sammt Kolben angebracht, welche den auf das Ventil ausgeübten Dampfdruck auf die Feder überträgt, welch' letztere sich einerseits an den Deckel der Büchse und anderseits an den genannten Kolben stützt. Die jeweilige Stellung des Kolbens ist durch einen kleinen, bis ausser den Schlitz reichenden Zeiger erkenntlich, welcher am Kolben festsitzt und mit demselben auf- und niedergestellt werden kann. Je mehr man die Feder mittelst der ober dem Ventilhebel angebrachten Stellschraube zusammendrückt, ein desto grösserer Überdruck wird im Kessel herrschen müssen, um ein Heben des so niedergehaltenen Ventiles bewirken zu können. — Die am Schlitz der Hülse befindliche Eintheilung wird für verschiedene Ventilbelastungen empirisch hergestellt, und hat man es mittelst derselben in der Macht, die Belastung (die Feder) einem gewissen grössten Dampfüberdrucke entsprechend einzustellen.

2. Manometer.

Die zur Erkennung der in einem Kessel herrschenden Dampfspannung bestimmten Manometer wurden im Allgemeinen bereits im ersten Bande Seite 304 besprochen. Es erübrigt an dieser Stelle somit nur, die gebräuchlichsten Metall- oder Federmanometer zu beschreiben.

Fig. 14, Taf. 6 stellt das Manometer von Schäffer und Budenberg im Schnitte dar. Bei demselben ist eine ringförmig gewellte Platte zwischen zwei Flantschen verschraubt und durch einen eingelegten Kautschukring dicht gehalten; der unterhalb wirkende

Dampfdruck biegt, je nach seiner Grösse, diese Platte mehr oder weniger nach aufwärts; die in dieser Weise erzielte Bewegung wird durch ein an genannter Platte befestigtes Stäbchen auf einen Zahnsector und von diesem auf ein Zahnradchen übertragen, an dessen Axe ein Zeiger sitzt, welcher auf der an einem Zifferblatte angebrachten, empirisch hergestellten Eintheilung die jeweilige unter der Platte (im Kessel) herrschende Spannung anzeigt. Beim gewöhnlichen Luftdrucke weist dieser Zeiger auf „Null“ und gibt im Allgemeinen nicht den „absoluten“, sondern den „Überdruck“ an.

Bei dem in Fig. 15, Taf. 6 dargestellten Bourdon'schen Manometer ist eine gebogene Kupferröhre von ovalem Querschnitte mit einem Ende an einem zum Kessel führenden Hahn befestigt, mit dem anderen frei beweglichen Ende aber mit dem Zeiger auf analoge Weise im Zusammenhange, wie beim früher beschriebenen Manometer die zwischen den Flantschen sitzende Platte. Je nach dem in dieser Röhre herrschenden Dampfdrucke ändert sich auch die Form derselben und mit ihr die Stellung des Zeigers.

3. Wasserstandsanzeiger.

Dieselben bestehen aus einer nicht zu engen Glasröhre, welche derart mit dem Kessel in Verbindung gebracht wird, dass das obere Ende derselben mit dem Dampfraume, das untere dagegen mit dem Wasserraume des Kessels communicirt. Fig. 5, Taf. 6 stellt eine solche Vorrichtung, die Fig. 4 derselben Tafel aber deren Anbringung an der Stirnseite eines Schiffskessels dar. Die an ihren beiden Enden offene, kräftige Glasröhre ist mittelst Gummidichtungen in Hülsen eingesetzt, welche durch Dreiweghähne mit einem weiteren Rohre in Verbindung stehen, das die eigentliche Communication mit dem Dampfkessel vermittelt. Die Dreiweghähne, welche für gewöhnlich die Verbindung der Glasröhre mit dem Kessel offen lassen, sind zu dem Zwecke angebracht, um diese Verbindung zu unterbrechen, wenn die Glasröhre beschädigt werden sollte, und um dann auch während des Betriebes einen Wechsel derselben vornehmen zu können. Die untere Hülse besitzt ein nach unten gekehrtes Mundstück, welches bei entsprechender Stellung des Dreiweghahnes ein Durchblasen der Glasröhre gestattet, wenn selbe durch Unreinigkeiten verstopft oder verschmutzt sein sollte; die durch kleine Kopfschrauben geschlossenen horizontalen Seitenbohrungen der genannten zwei Hülsen können mittelst eines Drahtes gleichfalls von Unreinigkeiten befreit werden. Die richtige Functionirung dieses Apparates ist durch das Spiel des

Wassers im Glase erkenntlich. An dem weiteren Rohre sind hier auch drei Hähne angebracht, mittelst welchen die Höhe des Kesselwasserspiegels erkannt werden kann, sobald das Wasserstandsglas springt, oder wenn überhaupt das richtige Functioniren des Apparates angezweifelt wird.

4. Probirhähne, Schwimmer, Allarmpfeifen.

Probirhähne sind am Kessel angebrachte Hähne gewöhnlicher Art (etwa wie die in Fig. 5 dargestellten), welche gleichfalls zur Erkennung der Kesselwasserhöhe dienen. Gewöhnlich werden zwei oder drei derselben angewendet; im ersten Falle mündet der eine etwa $5\frac{c}{m}$ über und der andere ebensoweit unter dem normalen Wasserspiegel, im zweiten Falle wird der dritte Hahn genau beim normalen Wasserstand angebracht. So lange das Kesselwasser auf normaler Höhe steht, muss durch den obersten Probirhahn ausschliesslich Dampf, durch den untersten Wasser, endlich durch den mittleren Wasser mit Dampf gemischt beim jeweiligen Öffnen entströmen. (Vor- und Nachtheile der Probirhähne gegenüber Wasserstandsanzeigern.)

Schwimmer sind aus Kupfer- oder Eisenblech hergestellte Hohlkörper, welche Schwimmfähigkeit besitzen und mittelst einer mit ihnen in fester Verbindung stehenden Stange, welche durch eine an der Kesselhülle sitzende Stopfbüchse hindurchgeht, die fallweise Wasserspiegelhöhe an einer ausserhalb des Kessels angebrachten Scale anzeigen.

Allarmpfeifen sind solche mit dem Dampfraume eines Kessels communicirende Dampfpeifen (Fig. 17, Taf. 6), deren Hahn durch Schwimmer mittelst eines entsprechend angeordneten Hebelwerkes selbstthätig geöffnet wird, wenn der Wasserspiegel sich der gefährdrohenden Höhe nähert; der dem Hahne entströmende Dampf wird dabei über einen conischen Teller geleitet und erzeugt bei der Auströmung durch die ober dem Teller liegende und mittelst einer scharfgeränderten Metallplatte begrenzte schmale Ringfläche einen sehr schrillernden Ton, welcher den Kesselwärter an seine Pflicht mahnt, für die Speisung des Kessels Sorge zu tragen. — Die in Fig. 17 dargestellte Dampfpeife wird bei allen Locomotiven und auch bei anderen Dampfkesseln als Signalpeife verwendet.

Wenn ein tüchtiger und aufmerksamer Wärter einen Dampfkessel bedient, so sind sowol Schwimmer als Allarmpfeifen überflüssig, und ist es sogar vorzuziehen, diese selbstthätigen Apparate

bei einem Kessel ganz wegzulassen, um den Heizer nicht in volle Sorglosigkeit zu wiegen, welche entschieden die grössten Gefahren für den Kesselbetrieb birgt.

5. Dampfabsperrentile.

Die Dampfabnahme aus dem Dampfkessel erfolgt durch das sogenannte Dampfabsperrentil und nur selten durch einen Hahn. Man bringt selbes an jenem Kesseltheil an, von welchem man möglichst trockenen Dampf entnehmen kann, d. i. bei Landkesseln am Dampfdom, bei Schiffskesseln, welche Überhitzer besitzen, an letzterem. — Fig. 9, Taf. 6 stellt ein solches Absperrentil dar; dasselbe ist ein Kegellentil, welches in der mit seinem Sitze durch Rippen verbundenen Hülse eine Geradföhrung findet; der Ventilteller ist mit der Ventilspindel derart verbunden, dass er die drehende Bewegung der letzteren nicht mitmachen muss, wenn er die axiale Bewegung beim Öffnen und Schliessen des Ventiles vollbringt. Die Ventilspindel ist durch die am Gehäusedeckel sitzende Stopfbüchse dicht geföhrt und besitzt ausserhalb des Gehäuses ein Gewinde; die demselben entsprechende Mutter befindet sich in einem dem Gehäusedeckel angegossenen Ständer. Die Drehung der Spindel erfolgt durch das aufgekeilte Rädchen, über welches eine kleine Treibkette gelegt ist, vom Heizplatze aus. — Fig. 7 und 8 der Taf. 9 zeigen ähnliche Constructionen.

6. Speiseventile.

Die Einbringung des Wassers in einen Dampfkessel erfolgt auf zweifache Art: 1.) vor Inbetriebsetzung des Kessels durch die Füllhähne, Füllschalen oder Kingstonventile, und 2.) während des Betriebes durch die Speiseköpfe oder Speiseventile.

Die Füllhähne sind gewöhnliche Zweiweghähne, welche an einer entsprechenden Stelle des Kessels angebracht sind und durch welche derselbe meistens von einem höher gelegenen Reservoir aus bis auf die normale Höhe mit Wasser angefüllt werden kann; selbe sind namentlich bei stabilen Kesseln gebräuchlich. — Füllschalen nennt man die vor dem Dampfdom der Locomotivkessel sitzenden Einlassventile, durch welche die Füllung in der Ausgangsstation vorgenommen wird. — Kingstonventile sind die auf Schiffen üblichen, im Schiffsboden eingesetzten conischen Ventile, mittelst welchen die Schiffskessel — falls deren normaler Wasserstand noch unter dem äusseren Wasserspiegel liegt — durch den äusseren Wasserdruck ent-

sprechend angefüllt werden können; letztere dienen auch gleichzeitig dazu, das Kesselwasser oder einen Theil desselben, je nach Bedarf, mittelst des im Kessel herrschenden Dampfdruckes zu entfernen.

Die Kingstonventile (Fig. 7, 8, Taf. 6) bestehen aus einer in den Schiffsboden wasserdicht eingesetzten metallenen Hülse, die an ihrem unteren, conisch geformten Ende mit einem Kegelventil ausgestattet ist, welches man nach unten öffnen kann; die untere freie Öffnung ist meistens durch eine sternförmig oder rostförmig durchbrochene Platte und überdies auch oft durch ein an der Schiffshaut liegendes Sieb geschützt, damit Verunreinigungen dieses wichtigen Ventiles nicht leicht platzgreifen können. Mit dem Kegelventil ist die zum Heben und Senken des Ventiles dienende Ventilstange entsprechend verbunden. — Auf die genannte Hülse ist ferner ein Gehäuse aufgeschraubt, welches einerseits die Hülse festhält und an den Schiffsboden presst, und anderseits zur Anbringung des Füll- und Entleerungshahnes sowie zur Aufnahme der Stopfbüchse dient, durch welche die Ventilstange geht. Das Öffnen des in Fig. 7 dargestellten Kingstonventiles erfolgt durch Niederdrücken des auf der Ventilstange sitzenden Handgriffes; die am Gehäuse befestigte umlegbare Gabel gestattet überdies eine Fixirung des Ventiles in seiner höchsten und in der tiefsten zulässigen Stellung. Bei dem in Fig. 8 vorgeführten Kingstonventile erfolgt das Öffnen durch Niederschrauben der Stange.

Das während des Betriebes durch die von der Dampfmaschine oder einer kleinen Hilfsdampfpumpe, oder endlich durch eine Handpumpe in den Kessel zu bringende Speisewasser, welches das verdampfte Kesselwasser zu ersetzen berufen ist, wird durch die sogenannten Speiseköpfe oder Speiseventile, welche am Wasserraum des Kessels angebracht sind, gefördert. Diese sind im Allgemeinen selbstthätige Ventile (flach, kegel- oder kugelförmig), welche sich unter dem Drucke des unter ihnen anlangenden Speisewassers öffnen und sich unter dem Drucke des Kesselwassers sofort schliessen, wenn die Nachspeisung unterbrochen wird. — Mit solchen Ventilen ist häufig auch ein Hahn in Verbindung, um den Zufluss des Speisewassers entsprechend regeln zu können; dies ist unbedingt überall nöthig, wo mehrere Kessel von einer Pumpe gemeinschaftlich gespeist werden sollen. — Fig. 10, Taf. 6 stellt ein solches Speiseventil nebst Hahn vor, welches bei Schiffskesseln üblich ist. — Die Fig. 12, 13 derselben Tafel zeigen ähnliche Ventile, bei welchen es möglich ist, vermittelst einer Stellschraube den Hub in gewissen Grenzen zu ändern oder aber auf Null zu bringen. In Fig. 12 erfolgt die Führung

des Ventiles am Stellstift und ist das von unten kommende Speiserohr mit dem Ventilgehäuse durch eine Verschraubung verbunden; in Fig. 13 erfolgt die Führung durch Rippen, welche am Ventilteller angegossen sind, und wird das Speiserohr an der unteren Flantsche des Ventilgehäuses befestigt.

7. Ablassventile.

Selbe sitzen am tiefsten Punkte eines Kessels und dienen zur vollständigen Wasserentleerung. Bei stabilen und bei Locomotivkesseln erfolgt die Entleerung zumeist durch Auslaufenlassen des Kesselwassers in einen eigenen Kanal und wird nur selten durch den Kesseldampfdruck unterstützt. Bei Schiffskesseln handelt es sich aber auch gleichzeitig darum, das nicht mehr nöthige Kesselwasser aus dem Schiffe zu schaffen, und wird dies mittelst Dampfdruck durch die Kingstonventile bewerkstelligt. Da jedoch meistens zwei oder mehrere Kessel eines Schiffes ein gemeinschaftliches Kingstonventil besitzen und es überdies nothwendig ist, gegen eventuelle Undichtigkeiten des Kingstonventiles gesichert zu sein, so ist an jedem Schiffskessel, entweder direct oder aber vermittelt eines Rohres, ein eigener Hahn angebracht, welchen sowol das zum Füllen verwendete als das beim Entleeren mittelst Dampf fortzuschaffende Wasser passiren muss. Dieser Hahn, welcher stets zwischen dem Kessel und dem Kingstonventile sitzt (Fig. 7, Taf. 6), wird der Durchpresshahn genannt.

Nachdem es bei Schiffskesseln, welche mit Seewasser gespeist werden, während des Betriebes nothwendig wird, einen Theil der in der Nähe des Kesselbodens als specifisch schwerer sich sammelnden Salzlösung abzublasen oder auszupressen, was stets mittelst Dampfdruck erfolgt, so ist es wichtig, nach jedesmaligem Auspressen auch gewiss zu sein, dass der Durchpresshahn vollkommen geschlossen wurde; denn bliebe dieser Hahn ganz oder theilweise geöffnet, so würde — da die Kingstonventile während des Betriebes offen gehalten werden müssen — sich alsbald der ganze Kessel entleeren, wodurch eine Explosion erfolgen müsste, falls dieser Übelstand nicht rechtzeitig entdeckt und behoben würde. Aus diesem Grunde ist jeder Durchpresshahn mit einem Steckschlüssel ausgerüstet, welcher mit einer Nase versehen ist und sich nur dann vom Hahn abziehen lässt, wenn selber vollkommen geschlossen wurde.

Zum meist continuirlichen Abblasen der in Seeschiffskesseln enthaltenen gesättigten Salzlösung dienen die Abschaumhähne. Ein solcher Hahn ist in Fig. 11, Taf. 6 dargestellt. Durch ein nach unten

ziehendes Rohr wird das abgeschäumte Kesselwasser zum Kingstonventil geleitet; im Kesselinnern reicht das an den Abschaumhahn sich anschliessende Rohr bis nahe zum normalen Wasserstand und ist dort gewöhnlich blasenartig erweitert und durchlöchert.

8. Injectoren.

Ausser den vom Kessel getrennt functionirenden Pumpen, welche das Speisewasser in denselben schaffen, sind auch am Kessel fix angebrachte Pumpen gebräuchlich, welche ihrer eigenthümlichen Wirkungsweise wegen Dampfstrahlpumpen oder Injectoren genannt werden. — Sie bestehen, wie aus Fig. 16, Taf. 6 ersichtlich ist, aus zwei Gehäusen, die untereinander durch ein mittelst Stopfbüchsen abgedichtetes Rohr (Zwischenrohr) verbunden sind; das rechte Gehäuse trägt ein Dampfventil und einen mit dem Gehäuse in fester Verbindung stehenden Dorn, der mit seiner conischen Spitze in das ebenfalls conische Endstück des Rohres reicht. Vermittelst eines am Umfange dieses Rohres geschnittenen Gewindes lässt sich selbes in dem Muttergewinde des rechten Gehäuses axial verschieben, wenn man den am Rohre aussen sitzenden Handgriff bethätigt. Hiedurch kann also die relative Stellung des Rohrendes zum fixen Dorn in gewissen Grenzen geändert werden. — Das linke Gehäuse umfasst drei Räume; der erste derselben, die Wasserkammer, nimmt das düsenförmig endende Rohrstück, die Dampfdüse, auf, welche früher beschrieben wurde, und gestattet durch die untere Öffnung den Eintritt des Speisewassers; der zweite Raum enthält zwei sich mit ihren engeren Öffnungen gegenüberstehende Düsen, von denen die rechtsliegende die Saugdüse, die linksliegende die Fangdüse heisst; der dritte Raum enthält das Speiseventil. — Lässt man durch das rechtsliegende, mit einem Handrädchen versehene Ventil Dampf in den Apparat einströmen, so gelangt derselbe durch die Öffnungen des in der Figur ersichtlichen Zwischenstückes in das Innere des Rohres und strömt durch dieses in die noch mit Luft gefüllte Wasserkammer und in die Saugdüse; durch das hierbei eintretende Mitreissen der in der Wasserkammer enthaltenen Luft entsteht in derselben ein Vacuum, welches ein Ansaugen von Speisewasser durch den unteren Stutzen zur Folge hat. Dieses Vacuum bleibt andauernd wirksam, indem das in die Wasserkammer eintretende Speisewasser den Dampfstrahl zum grossen Theile condensirt. Durch den continuirlich nachströmenden Dampf wird das Gemische von Speisewasser und condensirtem Dampf mit grosser Geschwindigkeit in die Saugdüse und von

da in die Fangdüse getrieben, von wo es unter den Ventilteller gelangt, denselben hebt und zum Kesselwasser tritt. Durch entsprechende axiale Verschiebung der Dampfdüse kann man die Thätigkeit des Apparates einleiten; selbe beginnt erst dann, wenn die Menge des Betriebsdampfes der angesaugten Wassermasse angepasst ist. So lange dies nicht der Fall ist, reisst der Dampf das angesaugte Wasser mit, strömt aber mit demselben durch die unter der Saug- und der Fangdüse befindliche Öffnung ab. — Durch langsames Öffnen des Absperrventiles und Drehen des Zwischenrohres erzielt man bald ein richtiges Functioniren. Sollte sich die Wasserkammer erhitzt haben, so muss sie abgekühlt werden, um das Bilden der Luftleere zu ermöglichen. Die Spitzen der Düsen müssen vollkommen centrisch einander gegenüber stehen; im entgegengesetzten Falle trifft der Wasserstrahl die Kante der Fangdüse, wodurch er an Geschwindigkeit und der Apparat an Wirksamkeit einbüsst. — Die Leichtigkeit der Handhabung, der Umstand, dass das Speisewasser erwärmt und gleichmässig in den Kessel gelangt, endlich der geringe Preis der Injectoren sind ihre wesentlichsten Vorzüge.

9. Luftventile.

Um beim Entleeren der Kessel zu verhindern, dass im Innern derselben eine Luftleere eintritt, welche Deformationen der Hülle im Gefolge haben könnte, wendet man Ventile an, welche der Druck des Kesseldampfes während des Betriebes niederhält, die aber sofort sich nach dem Kessellinnern öffnen und Luft in den Kessel eintreten lassen, sobald die Spannung im selben geringer wird, als die der äusseren Atmosphäre. Solche Ventile nennt man Luftventile (Fig. 6, Taf. 6). Sie werden auch während des Kesselfüllens offen gehalten, um der im Kessel enthaltenen Luft einen Ausweg zu gestatten.

VI. Dampfkesselproben.

Bevor ein Dampfkessel dem Benützer übergeben wird, ist er der gesetzlichen Wasserdruckprobe zu unterwerfen, und hat eine solche Erprobung auch nach grösseren Reparaturen oder constructiven Änderungen desselben, endlich auch dann wiederholt zu werden, wenn er eine neue Aufstellung erfährt. Nach dem österreichischen Kessel-

gesetze vom Jahre 1871 muss der Probedruck bei jenen Kesseln, welche für eine Spannung bis zu zwei Atmosphären Manometeranzeige gebraucht werden, das Doppelte des höchsten Betriebsdruckes, und bei allen jenen, welche für höhere Spannungen in Aussicht genommen sind, das $1\frac{1}{2}$ fache des höchsten Betriebsdruckes mehr einer Atmosphäre betragen. — Gut hergestellte Dampfkessel müssen diesen Wasserdruck anstandslos aushalten, ohne Ausbauchungen oder sonstige Beschädigungen und wesentliche Undichtheiten aufzuweisen.

G. L.

Dritter Abschnitt.

Von den Dampfmaschinen.

I. Besondere Eigenschaften und Art der Anwendung des Wasserdampfes.

Es ist bekannt, dass Wasser in einem offenen Gefässe bei jeder Temperatur verdunstet; erwärmt man es, so geht die Verdunstung immer rascher vor sich, bis man zu einem Temperaturgrad gelangt, bei welchem plötzlich eine andere Erscheinung eintritt, nämlich das Kochen oder Sieden des Wassers. Es erhebt sich Dampf aus dem Wasser in zahllosen Blasen, welche ein Aufwallen hervorbringen. Die Temperatur, bei welcher dies geschieht, ist für reines Wasser $100^{\circ} C.$, und es steigt dieselbe nicht mehr, wenn die Erwärmung des offenen Gefässes auch fortgesetzt wird, sondern es wird alle noch weiter zugeführte Wärmemenge dazu verwendet, das Wasser in Dampf zu verwandeln. (Latente Wärme.) — Es wurde bereits in der Wärmelehre gezeigt, dass in diesem Falle die Spannkraft oder Elasticität des Dampfes jener der Luft gleichkommt, dass also dieser Dampf eine Quecksilbersäule von $760 \frac{m}{m}$ zu tragen vermag. Die Volumenveränderung beträgt hiebei ungefähr das 1700fache, oder $1 \text{ } \bigcirc \frac{d}{m}$ Wasser gibt $1.7 \text{ } \bigcirc \frac{m}{m}$ Dampf von $100^{\circ} C.$ und der Spannkraft der Atmosphäre.

Das hier Gesagte gilt für den Dampf, der in offenen Gefässen erzeugt wird; anders verhält es sich jedoch, wenn wir Dampf in einem geschlossenen, vorher luftleer gemachten Gefässe entwickeln. Es wird sich der ganze leere Raum des Gefässes hiebei sogleich mit Dampf füllen, weil ja nichts seine Bildung hindert; führen wir dem Gefässe stetig Wärme zu, so wird die Spannung des Dampfes steigen und bei $100^{\circ} C.$ genau gleich der Spannung des in einem offenen Gefässe erzeugten Dampfes sein. Setzt man die Erwärmung weiter fort, so wird der Dampf immer höhere Spannkraft bekommen, bei

120·6° C. wird er den doppelten, bei 133·9° C. den dreifachen Druck ausüben, und kann dieser noch weiter gesteigert werden, wenn überhaupt das den Dampf einschliessende Gefäss genügende Festigkeit bietet.

Bei dieser Art der Wärmezuführung haben Wasser und Dampf stets die gleiche Temperatur, und nennt man solchen Dampf gesättigten, weil aus dem Wasser so viel Dämpfe aufsteigen, bis in dem gebotenen Dampfraume die der herrschenden Temperatur entsprechende höchste Spannung eintritt. Es wird hier kein Kochen des Wassers eintreten, weil bei dem stetig steigenden Drucke eine freie Dampfentwicklung nicht möglich ist. Wird nun der Hahn eines solchen Gefässes, in dem Dampf von höherem Drucke erzeugt wurde, geöffnet, so wird der Dampf mit einer gewissen Geschwindigkeit ausströmen, bis das Gleichgewicht mit dem atmosphärischen Drucke hergestellt ist. Dabei wird auch die Temperatur des Wassers rasch auf 100° C. sinken, und die im Wasser aufgespeicherte Überschusswärme wird momentan Dampfentwicklung hervorrufen. Man nennt diese Erscheinung spontane Dampfentwicklung. Diese Dampfproduction ist sehr bedeutend, wie man aus folgendem Beispiele entnehmen kann.

Es sei in einem Gefässe ausser dem Dampfe noch 10 $\frac{h}{g}$ Wasser vorhanden. Wasser und Dampf wären auf 134° C. erhitzt; bei dieser Temperatur hat der Wasserdampf eine Spannung von drei Atmosphären. Öffnet man den Hahn, so wird 1.) so lange Dampf ausströmen, bis auch im Gefässe der Atmosphärendruck herrscht, und 2.) die Temperatur des Wassers auf 100° C. sinken, also für jedes Kilogramm 34 Calorien zur weiteren Dampfentwicklung abgegeben werden. Da nun 1 $\frac{h}{g}$ Wasser von 100° C. 540 Calorien bedarf, um sich in 1 $\frac{h}{g}$ Dampf von derselben Temperatur zu verwandeln, so werden die aus 10 $\frac{h}{g}$ Wasser sich ergebenden 340 Calorien 0·63 $\frac{h}{g}$ Wasser spontan in Dampf verwandeln und etwa 1060 $\frac{g}{g}$ Dampf vom Drucke einer Atmosphäre erzeugen, welche Dampfmenge ebenfalls durch den Hahn entweichen muss.

Die bei einem Dampfkessel durch plötzliches Öffnen eines grossen Ventils verursachte Dampfentwicklung kann diesernach eine sehr beträchtliche sein.

Eine andere eigenthümliche Erscheinung tritt ein, wenn in einem geschlossenen Gefässe eine kleine Öffnung vorhanden ist, durch die der Dampf entweichen kann. Diese Öffnung wird das Steigen der Dampfspannung verzögern; ist sie so klein, dass weniger Dampf

entweicht, als producirt wird, so muss die Spannung und die Temperatur des Dampfes wachsen. Da aber bei zunehmender Spannung auch die Geschwindigkeit des ausströmenden Dampfes zunimmt, so muss endlich ein Zeitpunkt eintreten, wo die Menge des ausströmenden Dampfes jener des producirten gleichkommt und somit keine weitere Steigerung der Temperatur und der Dampfspannung mehr eintreten kann. Je kleiner die Öffnung im Gefässe ist, desto später wird diese Erscheinung auftreten (je grösser, desto früher), und ist es klar, dass wenn die Dampfspannung und Temperatur constant bleiben sollen, stets die Menge des entweichenden Dampfes jener des producirten gleich bleiben muss.

Der Dampf kann aus einem Raume in einen anderen nur dann entweichen, wenn seine Spannung grösser ist als jene, die in dem Raume herrscht, in welchen der Dampf strömen soll; die Ausströmung wird um so rascher stattfinden, je grösser die Druckdifferenz ist.

Denken wir uns ein geschlossenes Gefäss, in dem sich Dampf und Wasser von einer bestimmten Temperatur befinden. Wenn die Temperatur sinkt, werden sich nach und nach Theile des Dampfes wieder zu Wasser verdichten, und die Spannung wird immer kleiner werden, bis durch fortgesetztes Sinken der Temperatur im Raume, in welchem der Dampf enthalten war, fast gar keine Spannung mehr herrscht und ein nahezu leerer Raum (Vacuum) entsteht. Diese Umwandlung des Dampfes in Wasser nennt man die Condensation des Dampfes.

Erhitzt man ein blos Dampf enthaltendes Gefäss, so wird mit der Temperatur zwar auch die Spannung des Dampfes wachsen, aber nur so, wie die Spannung eingeschlossener Luft, d. h. für jeden Grad *C.* um $\frac{1}{273}$ der früheren Spannung. Dieser Dampf ist kein gesättigter mehr; man nennt ihn überhitzten Dampf. Überhitzter Dampf wird mit Vortheil angewendet, weil er einen Überschuss an Wärme mit sich führt, der es verhindert, dass sich der Dampf an den Gefässwänden in Folge von Abkühlung schnell condensire.

Nasser Dampf ist jener, der mehr Wassertheile enthält, als gesättigter Dampf von gleicher Temperatur. Das überschüssige Wasser ist im Dampfe nur mechanisch vertheilt und führt eine grosse Menge Wärme nutzlos mit sich, denn das im nassen Dampfe mechanisch mitgeführte Wasser übt keine Spannung aus, sondern entspricht einem Verluste an warmem Wasser, das dem Kessel entnommen wird. — Dieser Dampf kann auf zweierlei Arten entstehen und zwar: 1.) Durch

Abkühlung gesättigten Dampfes (das sich in unendlich feinen Theilchen niederschlagende Wasser wird durch den übrigen Dampf in Schwebelag erhalten und verleiht ihm ein trübes Aussehen, entgegengesetzt der vollkommenen Durchsichtigkeit des trockenen Dampfes); — 2.) dadurch, dass der aus siedendem Wasser aufsteigende Dampf adhärende Wassertheile mit sich fortreisst. Die Menge des mitgerissenen Wassers hängt von mancherlei Umständen ab, und wird sie um so geringer sein, je ruhiger die Flüssigkeit siedet, je reiner sie ist, je grösser und höher der Dampfraum ist, u. s. w. Bei Anwendung des Dampfes wird das mitgerissene Wasser von störendem Einflusse auf den Betrieb sein, so dass man es durch mannigfaltige Vorrichtungen zu entfernen trachtet.

Die Spannung des Dampfes kann auf dreierlei Weise angegeben werden: 1.) in Atmosphären, indem man den gewöhnlichen Luftdruck als Masseinheit annimmt; 2.) nach der Höhe einer Quecksilbersäule, die er zu tragen vermag; 3.) nach dem Drucke, den er auf die Flächeneinheit ausübt.

Der Druck der Luft variirt. In der Maschinenkunde ist als Masseinheit der Druck der Atmosphäre mit 760 $\frac{m}{m}$ Quecksilberdruck festgesetzt. Der Dampf von einer Atmosphäre Druck übt auf 1 $\square \frac{c}{m}$ einen Druck von 1.03 $\frac{h}{g}$ aus (auf einen Quadratzoll engl. M. 15 engl. Pfund). In der Praxis jedoch nimmt man den Druck einer Atmosphäre gleich dem Druck von 1 $\frac{h}{g}$ auf 1 $\square \frac{c}{m}$ an. (Dies entspricht 750 $\frac{m}{m}$ Quecksilbersäule.)

Die Spannung des Dampfes kann ferner als effectiver oder als absoluter Druck angegeben werden. — Unter effectiver Spannung, auch Überdruck genannt, versteht man die Differenz zwischen den Spannungen von Dampf und Luft, also jene Spannung, um welche die Dampfspannung den Luftdruck übersteigt, während die absolute die eigentliche, wirkliche Spannung des Dampfes ist, daher sie immer um den Atmosphärendruck grösser sein muss, als die effective. Die Manometer zeigen stets die effective Spannung an.

Wir haben bisher nur den Druck des Dampfes gegen feste Wände betrachtet. Denken wir uns, dass er gegen eine Fläche wirke, welche beweglich ist, so kann er auf folgende Weisen eine Bewegung hervorbringen: 1.) durch seinen vollen Druck auf die bewegliche Fläche, deren Gegendruck geringer ist; 2.) durch seine Expansivkraft, indem er sich so lange ausdehnen kann, als eine bewegliche Fläche ihm einen schwächeren Widerstand entgegengesetzt,

und 3.) dadurch, dass seine Spannkraft durch Condensirung vermindert und so dem Gegendrucke, den die bewegliche Fläche ausübt, ein Übergewicht verschafft wird. — Diese drei Bewegungsarten sind es, welche bei Dampfmaschinen vorkommen.

II. Eintheilung der Dampfmaschinen.

1. Hauptbestandtheile jeder Dampfmaschine.

Dampfmaschinen nennt man alle jene Vorrichtungen, bei welchen der Dampf benützt wird, Bewegungen hervorzubringen, welche man unmittelbar oder mittelbar zu mechanischen Zwecken verwendet. An jeder Dampfmaschine lassen sich folgende Hauptbestandtheile unterscheiden: 1.) Der Dampfcyylinder, in welchem der arbeitende Dampf auf einen beweglichen Kolben wirkt; 2.) die Steuerung, d. i. eine Vorrichtung, welche die regelmässige Zuführung des Dampfes in den Cylinder (Vertheilung des Dampfes) zu besorgen hat; 3.) die bewegten Theile, welche zur Übertragung der vom Kolben abgegebenen Leistung dienen (Kolbenstangen, Triebstange, Balancier, Kurbel, Welle); 4.) der Condensator, welcher sich hauptsächlich bei Dampfmaschinen, die mit niederer und mittlerer Spannung arbeiten, vorfindet und dessen Zweck es ist, den aus dem Cylinder abziehenden Dampf besser nutzbar zu machen, als wenn selber direct in die Atmosphäre ausströmen würde; endlich 5.) die zur Dampfmaschine gehörigen und von ihr betriebenen Pumpen.

Von diesen Hauptbestandtheilen der Dampfmaschinen sollen hier nur jene besprochen werden, welche noch nicht im ersten Abschnitte beim „Kurbelmechanismus“ zur Abhandlung gelangten.

Der Dampfcyylinder, dessen Haupteinrichtung bereits bekannt ist, besitzt an seinen beiden Enden die Ein- und Austrittsöffnungen für den in ihm zur Verwendung gelangenden Dampf. Die Wirkung des Dampfes erfolgt meistens in der Art, dass derselbe auf die eine Kolbenseite mit seiner vollen Spannung drückt (Hinterdampf), während auf der entgegengesetzten Kolbenseite ein geringerer Druck herrscht, weil der Dampf von hier entweder in die Atmosphäre oder in den Condensator ausströmt (Vorderdampf). — Mit der Differenz dieser Drucke wird der Kolben bis an das Ende des Cylinders fortgeschoben, worauf der bisher wirksam gewesene Hinterdampf aus dem Cylinder gelassen und gleichzeitig frischer Dampf auf die entgegen-

gesetzte Kolbenseite geleitet wird; hiedurch bewegt sich der Kolben wieder in seine Ausgangsstellung, und es erfolgt demnach durch die auf beiden Kolbenseiten abwechselnde Einführung von frischem Hinterdampf in die Cylinder eine hin- und hergehende Bewegung des Kolbens, welche in der bekannten Weise durch den Kurbelmechanismus in die rotirende Bewegung einer Welle übertragen werden kann.

Jene Vorrichtungen, welche das entsprechende Ein- und Ausströmen des Dampfes auf beiden Kolbenseiten bewirken, nennt man die Steuerung und theilt selbe in die innere und in die äussere Steuerung ein. Alle jene Maschinentheile, welche das rechtzeitige Öffnen und Schliessen der Dampfkanäle des Cylinders, behufs Ein- und Ausströmung des Dampfes, besorgen, bilden zusammengenommen die innere Steuerung; je nachdem hiebei Schieber, Ventile oder Hähne zur Dampfvertheilung verwendet werden, unterscheidet man Maschinen mit Schieber-, Ventil- oder Hahnsteuerung. — Alle jene Maschinentheile, durch welche die Theile der inneren Steuerung ihre Bewegung von der Dampfmaschine selbst erhalten (meistens excentrische Scheiben, Stangen, Hebel und Knaggen), fasst man unter dem Namen äussere Steuerung zusammen.

Der Condensator ist ein Apparat, welcher dazu dient, die Temperatur des aus dem Cylinder ausströmenden Dampfes soweit zu vermindern, dass sich der grössere Theil desselben in tropfbarflüssiges Wasser und der übrige in Dampf von weit geringerer Spannung verwandelt. Die Condensation des Dampfes wird auf zweierlei Arten erreicht, und zwar: 1.) dadurch, dass man gleichzeitig den verbrauchten Dampf, welcher aus dem Cylinder tritt, und kaltes Wasser in einen gemeinschaftlichen Raum einführt (Einspritz-Condensator), oder 2.) indem man den verbrauchten Dampf in ein vom kalten Wasser umspültes Gefäss leitet (Oberflächen-Condensator). — Damit die Condensation möglichst vollständig vor sich gehe, muss der Condensator auch entsprechend gross sein und demselben eine genügende Menge kalten Wassers, entweder durch eigene Pumpen (Kaltwasserpumpen) oder, wie bei Schiffsmaschinen, selbstthätig zugeführt werden. — Bei Einspritz-Condensatoren muss das zur Condensation eingeführte Wasser, das Injectionswasser, auch stetig entfernt werden, um frischem Injectionswasser Platz zu machen, wozu eine eigene Pumpe, die sogenannte Luftpumpe, angewendet wird. — Bei den Oberflächen-Condensatoren wird das Kühlwasser stets mittelst eigener Pumpen herbeigeschafft und durch die im Condensator angebrachten Röhren in entsprechender Menge durchgejagt.

2. Eintheilung der Dampfmaschinen

nach der Art der Kolbenbewegung, nach der Art der Wirkung des Dampfes am Kolben, nach der Höhe der in ihnen angewendeten Dampfspannung und nach dem Orte ihrer Aufstellung.

Nach der Art der Kolbenbewegung unterscheidet man 1.) Dampfmaschinen mit einem hin- und hergehenden Kolben, dessen Bewegung entweder direct benützt oder mittelst entsprechender Vorrichtungen in eine drehende Bewegung verwandelt wird, und 2.) solche mit rotirendem Kolben, welchen der Dampf unmittelbar in drehende Bewegung versetzt. Letztere werden nur selten ausgeführt.

Nach der Art der Wirkung des Dampfes am Kolben unterscheidet man doppeltwirkende und einfachwirkende Dampfmaschinen. Bei den doppeltwirkenden Dampfmaschinen, welche auch die verbreitetsten sind, tritt der vom Kessel kommende Dampf abwechselnd auf beide Kolbenseiten, während der Vorderdampf in die atmosphärische Luft oder in einen Condensator ausströmt; bei den einfachwirkenden Dampfmaschinen tritt der Dampf nur auf einer Kolbenseite ein, während auf der anderen stets der Luftdruck oder ein Gewicht wirkt, wodurch der Rückgang des Kolbens besorgt wird.

Nach der Höhe der angewendeten Dampfspannung unterscheidet man: 1.) Niederdruckmaschinen, d. s. solche, bei denen die effective Dampfspannung eine Atmosphäre oder noch weniger beträgt; 2.) Mitteldruckmaschinen, mit einer effective Dampfspannung bis zu drei Atmosphären; 3.) Hochdruckmaschinen, d. s. solche, bei welchen die Dampfspannung mehr als drei Atmosphären beträgt (die höchste gebräuchliche Spannung ist zehn Atmosphären), und 4.) Hoch- und Niederdruckmaschinen (auch Woolfsche oder Compound-Maschinen genannt), bei welchen eine Vereinigung von zweien der früher genannten Systeme platzgreift. — Die Niederdruck- und Mitteldruck- sowie die Hoch- und Niederdruckmaschinen sind fast immer mit einem Condensator versehen.

Je nach dem Orte der Aufstellung der Dampfmaschinen unterscheidet man stationäre Dampfmaschinen, Locomobile, Locomotive und Schiffsmaschinen. — Stationäre Maschinen haben die Eigenthümlichkeit, dass sie unverrückbar mit einem Unterbau aus Stein, den man das Maschinenfundament nennt, verbunden sind. Der zugehörige Kessel ist gewöhnlich eingemauert und auch der Kamin zumeist aus Mauerwerk hergestellt. Mit dem Raume, den diese Maschinen einnehmen, braucht man sich nicht so einzuschränken, wie

dies bei anderen Systemen oft der Fall ist, da derselbe sich immer in genügendem Masse bei jenen Anlagen vorfindet, deren Hilfs- und Arbeitsmaschinen sie zu bethätigen haben. — Locomobile sind Dampfmaschinen, welche, ohne besondere Einmauerung des Kessels oder Fundamente zu bedürfen, sich leicht von einem Orte zum anderen transportiren lassen; zu letzterem Zwecke stellt man sie meistens auf einen Wagen, und werden sie in dieser Form in der Landwirthschaft, wie überhaupt für nur zeitweilig zu verrichtende Arbeiten verwendet. Die Maschine ist bei Locomobilen stets am Kessel befestigt, und erfolgt die weitere Kraftübertragung vorwiegend durch einen Riementrieb, welcher zumeist vom Schwungrade ausgeht. Locomobile nehmen sehr wenig Raum ein und bieten den Vortheil einer leichten Beweglichkeit. — Locomotive nennt man jene Dampfmaschinen, welche im Stande sind, nicht nur sich selbst, sondern auch eine angehängte Last auf Schienen fortzubewegen. Die Maschine sammt Kessel befindet sich bei Locomotiven stets auf einem Wagen, dessen Räder durch die Dampfmaschine bewegt werden; die eigentliche Fortbewegung einer Locomotive wird nur durch die Reibung und Adhäsion der Räder auf den Schienen bewirkt. — Als Schiffsdampfmaschinen bezeichnet man alle jene, deren Zweck das Fortbewegen von Schiffen im Wasser ist. Diese Maschinen stehen auf festen, mit dem Schiffskörper durch Schrauben verbundenen Unterlagen, welche aus Holz oder Eisen hergestellt sein können. Der solchen Maschinen im Schiffe zugewiesene Raum ist, so wie ihr Gewicht, stets sehr beschränkt, so dass die gewöhnlichen Formen der Landdampfmaschinen auf Schiffen keine Verwendung finden können. Die Schiffsdampfmaschinen zerfallen in zwei Hauptgruppen: in Raddampfermaschinen und Schraubenschiffsmaschinen.

3. Dampfmaschinen mit und ohne Condensation.

Der Vortheil der Condensation lässt sich am besten durch ein Beispiel erörtern. — Es sei eine Dampfmaschine gegeben, deren Hinterdampf eine absolute Spannung von vier Atmosphären habe und deren Vorderdampf in die Luft auspuffe. Da der Austritt des Vorderdampfes durch eine verhältnissmässig kleine Öffnung stattfindet, in welcher Reibung und Contraction zu überwinden ist, so wird der sich ihm entgegenstellende Gegendruck stets etwas grösser sein als jener der Atmosphäre, z. B. 1·1 Atmosphären; die Differenz der in diesem Falle auf den Kolben wirkenden Drucke ist $(4 - 1·1) = 2·9$ Atmosphären. — Wäre dieselbe Maschine mit einem Condensator ver-

sehen, und würden wir von ihr dieselbe Leistung wie früher verlangen, so müsste der schiebende Hinterdampf denselben Überdruck über den Vorderdampf besitzen, nämlich 2·9 Atmosphären. Ein absolutes Vacuum lässt sich durch die Condensation wol nicht erzeugen, doch herrscht in gut construirten Condensatoren gewöhnlich eine Spannung von höchstens 0·2 Atmosphären. — Hieraus ist sofort ersichtlich, dass bei Anwendung eines Condensators — abgesehen vom Betrieb der zur Condensation nöthigen Pumpen — der Hinterdampf um 0·9 Atmosphären weniger Spannung, also in unserem speciellen Falle nur die Spannung von 3·1 Atmosphären besitzen müsste, um den gleichen Druck an den Kolben abzugeben wie im ersten Falle, in welchem der Vorderdampf direct in die Atmosphäre strömte.

Da zur Bildung von Wasserdämpfen, welche eine höhere Spannung besitzen sollen, auch dem Kesselwasser eine grössere Wärmemenge zugeführt werden muss, als bei Bildung von Dämpfen niedriger Spannung, so ist einleuchtend, dass unter übrigens gleichen Umständen bei Dampfmaschinen stets ein Brennmaterialersparniss eintreten muss, wenn man zum Betriebe derselben Dampf von niedriger Spannung anstatt solchen von höherer Spannung anwenden kann; die Anwendung der Condensation bietet also im Allgemeinen ein Mittel, um im Dampfmaschinenbetriebe Brennmaterialersparnisse zu erzielen.

Für Dampfmaschinen von Seeschiffen ist speciell die Anwendung von Oberflächen-Condensatoren von besonderer Wichtigkeit, indem man aus denselben salzfreies Speisewasser für die Dampfkessel entnehmen kann; hiedurch entfallen nämlich jene Wärmeverluste, welche bei der Speisung mit salzhaltigem Wasser (aus Einspritz-Condensatoren) bedingt sind. Ausserdem ist die Beschaffung des Kühlwassers (oder des Injectionswassers) bei Schiffsmaschinen mit weit geringeren Schwierigkeiten verbunden, als bei stationären Maschinen, bei welchen das kalte Wasser oft erst aus grossen Entfernungen herbeigeschafft werden muss und wobei der durch die Condensation erzielte Gewinn leicht durch die zum Betriebe der Pumpen nöthige Kraft gänzlich aufgehoben wird.

Der Werth der Condensation sinkt in dem Masse, als die angewendete Hinterdampfspannung zunimmt, denn je höher die Temperatur des in den Condensator ausströmenden Dampfes ist, desto mehr Kühl- oder Einspritzwasser muss zur Condensation beigeschafft werden, und desto mehr Kraft beanspruchen die hiezu nöthigen Kaltwasserpumpen sowie auch die, das bereits seine Wirkung vollbrachte Injectionswasser fortschaffenden Luftpumpen.

4. Dampfmaschinen mit und ohne Expansion.

Unter Dampfmaschinen ohne Expansion versteht man diejenigen, bei welchen der Dampf während des ganzen Kolbenhubs in die Cylinder einströmt. Hiebei wirkt der Dampf mit seinem vollen

Druck auf den Kolben, und ist der Dampfverbrauch für jeden Kolbenhub gleich dem ganzen Volumen des anzufüllenden Dampfzylinders. — Bezeichnet man den Durchmesser des Dampfzylinders mit d und die Länge des Kolbenhubes mit s (beide Masse in Meter), ferner den cubischen Inhalt eines Dampfzuleitungskanals, vermehrt um jenen Inhalt, welcher zwischen der Endstellung des Kolbens und dem Cylinderboden aus Sicherheitsgründen sowol als auch deshalb verbleibt, damit in dieser Endstellung überhaupt Dampf unter den Kolben treten könne, mit m , so ist der totale Dampfverbrauch einer Dampfmaschine ohne Expansion (Volldruckmaschine) für jeden Kolbenhub $D = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot s + m$. In diesem Ausdrucke sind sowol D als m Cubikmeter; der Inhalt m wird der schädliche Raum des Dampfzylinders genannt.

Denken wir uns dagegen durch die Steuerung den Dampfzuleitungskanal schon früher geschlossen, bevor der Kolben einen ganzen Hub vollbracht hat, also etwa nach Zurücklegung des Kolbenweges s_1 , wobei $s_1 < s$ sein muss, so kann von dieser Kolbenstellung an kein Dampf mehr in den Cylinder treten; insolange jedoch die Expansivkraft des Hinterdampfes grösser ist als jene des Vorderdampfes, wird noch immer eine Bewegung des Kolbens gegen das Hubende hin platzgreifen können. Wäre z. B. die absolute Hinterdampfspannung vier Atmosphären und würde die Steuerung bei einer Kolbenstellung absperrern, für welche nach obigen Bezeichnungen eine Menge $\frac{D}{2}$ Cubikmeter Dampf in den Cylinder eingeströmt wäre, so würde die Spannung des Hinterdampfes bei einer Bewegung des Kolbens bis an das Hubende nach dem Mariotte'schen Gesetze von vier auf zwei Atmosphären herabsinken; insolange also die Spannung des Vorderdampfes weniger als zwei Atmosphären beträgt, könnte sich der Dampfkolben gegen das Hubende bewegen, ohne dass hiezu frischer Hinterdampf nothwendig geworden wäre. Man nennt solche Dampfmaschinen, bei welchen die Steuerung den Dampfzuleitungskanal bereits früher schliesst, bevor der Kolben am Ende seines Hubes anlangt, Dampfmaschinen mit Expansion oder kurzweg Expansionsmaschinen. Der Hinterdampf wirkt bei diesen Maschinen also durch einen Theil des Kolbenhubes mit seinem vollen Druck und dann durch seine gegen das Hubende zu stets sinkende Expansivkraft. Das Verhältniss $\frac{s_1}{s}$ nennt man den Füllungsgrad, welcher durch die Steuerung bewirkt wird.

Würden wir z. B. in denselben Dampfeylinder vom Durchmesser d und Hub s nur so lange Dampf von 4 Atmosphären Spannung einströmen lassen, bis die Dampfmenge $\frac{D}{4}$ verbraucht wurde, und dann den weiteren Dampfzutritt durch die Steuerung abschliessen, so könnte der Kolben durch die Expansivkraft dieser Dampfmenge wieder bis an das Hubende getrieben werden und würde dort mit der Spannung von einer Atmosphäre anlangen, wenn überhaupt die Spannung des Vorderdampfes kleiner als eine Atmosphäre wäre.

Hätten wir es etwa mit einer Condensationsmaschine zu thun, bei welcher der Vorderdampf gewöhnlich 0·2 Atmosphären Spannung besitzt, und würden wir die Expansivkraft des Hinterdampfes von 4 Atmosphären vollkommen ausnützen wollen, so könnte eine so geringe Dampfmenge in den Cylinder einströmen gelassen werden, dass die Hinterdampfspannung am Ende des Hubes auch nur 0·2 Atmosphären beträgt; hierzu wäre — unter der Voraussetzung, dass die Hinterdampfspannung genau nach dem Mariotte'schen Gesetze abnimmt, und dass überhaupt der Dampfeylinder vollkommen gegen Abkühlung geschützt ist — nur eine Dampfmenge $\frac{D}{20}$ nöthig, weil die Spannung dieser Dampfmenge bei einer Ausdehnung auf den Raum D auf ein Zwanzigstel der Anfangsspannung, d. i. auf $\frac{4}{20} = 0\cdot2$ Atmosphären sinken würde und somit während der ganzen Hubdauer die Spannung des Vorderdampfes noch überwinden könnte.

Bei einer Expansionsmaschine ergibt sich somit im Allgemeinen die Endspannung des Hinterdampfes, wenn man dessen Anfangsspannung durch jene Zahl dividirt, welche anzeigt, auf das Wievielfache des Anfangsvolumens er sich ausdehnte; man nennt dieses Verhältniss zwischen End- und Anfangsvolumen des Hinterdampfes das Expansionsverhältniss. Wäre der schädliche Raum $m = 0$, so würde uns das Verhältniss $\frac{s}{s_1}$ das Expansionsverhältniss darstellen.

Um den Nutzen der Expansionswirkung des Hinterdampfes nachzuweisen, wollen wir folgende Betrachtung vornehmen: Wir hätten Wasserdampf von 4 (absoluten) Atmosphären Spannung zur Verfügung und eine Volldruckmaschine ohne Condensation und ohne schädliche Räume, deren Durchmesser d und deren Hub s ist. Die für einen Kolbenhub nöthige Dampfmenge wäre D . Der Hinterdampf behält in dieser Maschine seine Anfangsspannung von 4 Atmosphären bis zum Ende des Kolbenhubes und tritt dann rasch in die Atmosphäre. Der sich der Ausströmung entgegenstellende Gegen-
druck beträgt nur 1·1 Atmosphären, und pufft somit der austretende

Dampf mit 2·9 Atmosphären Überdruck ganz nutzlos ins Freie. — Hätte man dagegen dieselbe Dampfmenge D in einen Dampfzylinder von gleicher Hublänge s , aber von dreifachem Cylinderquerschnitt eingelassen (wäre dieser Querschnitt also $\frac{3d^2\pi}{4}$), so hätte die Absperrung durch die Steuerung genau bei einem Hube des Kolbens $s_1 = \frac{1}{3} \cdot s$ platzgreifen müssen. Die Endspannung des Hinterdampfes wäre am Ende des Kolbenhubes in diesem Falle $\frac{4}{3} = 1\cdot33$ Atmosphären, und würde somit der ins Freie austretende Dampf, wenn auch hier der Gegendruck 1·1 Atmosphären betragen würde, bloß mit einem Überdruck von 0·23 Atmosphären auspuffen. — In beiden vorgeführten Fällen haben wir die gleiche Dampfmenge D verwerthet. Im ersten Falle wirkte der Druck von 4 Atmosphären durch den Weg s , im zweiten Falle wirkte dieser Druck durch den Weg $\frac{1}{3}s$ auf eine dreimal so grosse Kolbenfläche und vollbrachte somit auf diesem Wege dieselbe Leistung, welche im ersten Falle bei Zurücklegung des Weges s an den Kolben abgegeben wurde; im zweiten Falle wurde aber durch den Weg $\frac{2}{3}s$ vermöge der Expansivkraft des Hinterdampfes, dessen Spannung auf diesem Wege von 4 auf 1·33 Atmosphären herabsank, neuerdings Arbeit an den Kolben abgegeben und somit mit der gleichen Dampfmenge während eines Kolbenhubes eine grössere Leistung nutzbar auf den Kolben übertragen, als im ersten Falle. — Hieraus ergibt sich, dass man bei Anwendung von Expansionsmaschinen mit gleichen Dampfmen gen unter übrigens gleichen Umständen grössere Leistungen auf den Kolben übertragen kann, als bei Maschinen ohne Expansion; oder, was dasselbe ist, dass man unter übrigens gleichen Umständen mit Expansionsmaschinen bei geringerem Dampfverbrauche (geringerem Brennmaterialverbrauche) dieselben Leistungen zu erzielen im Stande ist, wie bei Maschinen ohne Expansion. Diesem nach bietet also auch die Anwendung der Expansion ein weiteres Mittel, um im Dampfmaschinenbetriebe Brennmaterialersparnisse zu erreichen.

Der Werth der Expansion sinkt in dem Masse, als die zur Verfügung stehende Dampfspannung abnimmt; die Expansion kann überhaupt nur so weit getrieben werden, dass die Endspannung des Hinterdampfes noch etwas grösser bleibt, als jene des Vorderdampfes. Bei Maschinen mit Condensation wird somit die Endspannung des Hinterdampfes im Allgemeinen stets etwas mehr als 0·2 Atmosphären, bei solchen ohne Condensation etwas mehr als 1·1 Atmosphären betragen müssen.

Hieraus ist auch weiter ersichtlich, dass die Expansion bei Dampfmaschinen, welche mit niedriger Kesseldampfspannung arbeiten, nur dann angewendet werden kann, wenn gleichzeitig auch die Condensation zur Anwendung gelangt.

Da Expansionsmaschinen mit geringerem Dampfverbrauch arbeiten, als solche ohne Expansion, so bieten sie auch den weiteren Vortheil, dass sie kleinere Dampfzeuger (Dampfkessel) sowie kleinere Condensatoren erheischen als letztere. Schliesslich ist auch noch der Gang solcher Maschinen ruhiger als jener der Volldruckmaschinen, woraus im Allgemeinen eine geringere Abnützung der beweglichen Theile derselben entspringt.

Die hier dargelegten Vortheile der Expansionsmaschinen sind so bedeutende, dass man sich gerne die Mehrkosten gefallen lässt, welche die Beschaffung solcher Maschinen wegen der grösseren Dampfzylinder und der complicirteren Steuerung gegenüber Volldruckmaschinen verursacht, weil die im Allgemeinen nicht viel höheren Anlagekosten durch die nachfolgenden Ersparnisse im Betriebe reichlich aufgewogen werden.

Die Expansionswirkung einer bestimmten Dampfmenge kann aber auch dadurch nutzbar gemacht werden, dass man den Volldruckdampf zuerst in einem Cylinder wirken und dann in einen zweiten bedeutend grösseren Cylinder (oder aber in mehrere gleich grosse Cylinder) überströmen lässt; in letzterem (oder in letzteren) wirkt der Dampf vermöge seiner Expansivkraft und wird dann schliesslich noch condensirt. Man nennt solche Dampfmaschinen, welche mit eigenen Expansionszylindern ausgestattet sind, Hoch- und Niederdruckmaschinen, nach ihrem Erfinder auch Woolf'sche Maschinen (Compound-Maschinen).

Mit diesem Systeme sind die sogenannten Zwillingsdampfmaschinen nicht zu verwechseln; diese sind nämlich solche, bei welchen zwei für sich vollständige Dampfmaschinen gemeinschaftlich auf eine Kurbelwelle wirken. Bei diesen Maschinen ist gewöhnlich die Anordnung so getroffen, dass während die eine Maschine die geringste Umfangskraft an die Kurbel abgibt (was, wie bekannt, in der Nähe der todten Punkte stattfindet), die andere die grösste Umfangskraft erzielt; zur Erreichung dieses Zweckes werden die Kurbeln der zwei gepaarten Maschinen gegeneinander um 90° verstellt. — In vielen Fällen, wie z. B. bei Fördermaschinen, Locomotiven und Schiffsmaschinen, ist es von besonderer Wichtigkeit, die Bewegungsrichtung der Welle in jedem beliebigen Punkte des Hubes umkehren zu können, was sich bei eincylindrigen Dampfmaschinen in den todten Punkten ohne äussere Beihilfe gar nicht erreichen lässt; in diesen Fällen finden deshalb stets Zwillingsdampfmaschinen ihre Anwendung. — Bei einer eincylindrigen Dampfmaschine wäre jene Gleichmässigkeit des Ganges, welche den Zwillingsmaschinen eigen ist, nur

durch Anwendung eines grossen Schwungrades zu erreichen. (Siehe I. Band, Seite 277.) — Noch sei erwähnt, dass auch drei oder mehrere Dampfeylinder an einer Welle vereinigt werden können, dass dies jedoch nur selten geschieht, weil mit der Anzahl der Cylinder auch jene der beweglichen Theile vermehrt wird, welche man bei jeder Maschine auf ein Minimum zu reduciren bestrebt ist.

5. Eintheilung der Dampfmaschinen nach der Lage der Cylinder und der Kolbenstangen.

Nach der Lage der Dampfeylinder und der Kolbenstangen unterscheidet man horizontale, verticale, schiefliegende und oscillirende Dampfmaschinen. — Man zieht im Allgemeinen die horizontale Aufstellung der verticalen vor, weil erstere eine leichtere Übersicht gewährt, keine grossen Höhen und auch keine so bedeutende Fundamentirung erheischt als letztere; auch die Verbindung der Arbeitsmaschinen mit der Dampfmaschine ist bei der horizontalen Aufstellung eine leichter zu bewirkende. In einzelnen Fällen ist wieder bei der verticalen Aufstellung ein bequemerer Anschluss an die von der Dampfmaschine getriebenen Maschinen zu erreichen, so bei Wasserhebmaschinen in Bergwerken, wo die Pumpengestänge eine verticale Richtung haben müssen, bei Dampfhämmern u. s. w. Bei grossen, horizontal liegenden Maschinen hat man jedoch einen Übelstand, der bei den verticalen nicht vorkommt, zu berücksichtigen; die liegenden Cylinder werden nämlich durch das Gewicht der Kolbenstangen und Kolben an der unteren Seite mehr als an den übrigen Stellen des Umfanges ausgeschliffen, und entstehen dadurch sowohl am Kolben als auch an der Stopfbüchse der Kolbenstange bald Undichtheiten. Diesem Übelstande kann man bloß dadurch wirksam begegnen, dass man die Kolbenstange durch den Kolben und durch den Cylinderboden nach rückwärts verlängert und ihr hier noch eine Auflage in einer eigenen Führung gibt, wobei jedoch vorausgesetzt werden muss, dass die Kolbenstange genügend stark sei, um sich unter der Last des Kolbens nicht durchzubiegen. — Schiefliegende Maschinen werden nur dann angewendet, wenn der gegebene Raum dergestalt ist, dass ein anderes System sich nicht gut unterbringen lässt. Der Hauptnachtheil derselben ist ihr bedeutendes Gewicht, bedingt durch die grossen, starken Ständer für Lager und Cylinder. — Oscillirende Maschinen werden zumeist nur als Schiffsmaschinen ausgeführt; sie bieten den Vortheil, dass sie weniger Raum beanspruchen und auch weniger wiegen, als gleichstarke Maschinen nach anderen Systemen. Die Kolbenstange greift bei diesen Maschinen

direct am Kurbelzapfen an, und dadurch, dass der Cylinder um eine Axe schwingt, ist es der Kolbenstange möglich, der Kurbelbewegung zu folgen. In der halben Höhe der Cylinder sind zu beiden Seiten hohle Zapfen (Schwingzapfen) angegossen, welche in Lagern ruhen, und kann durch den einen dieser Zapfen der Kesseldampf eintreten, während durch den zweiten der verbrauchte Dampf in den Condensator ausströmt.

Die oscillirenden Maschinen haben also keine Triebstangen, während es auch Maschinen gibt, welche keine Kolbenstangen haben, letztere nennt man Trunkmaschinen. — Die Trunkmaschinen besitzen, wie bereits bekannt ist, einen Kolben mit einem entweder auf beiden Seiten des Cylinders oder nur auf einer Seite desselben durchgehenden röhrenförmigen Ansatz, in welchem direct die Schubstange eingehängt ist. (Maschinen mit einseitigem und mit durchgehendem Trunkrohr.)

6. Atmosphärische und Cornwall-Dampfmaschinen.

Diese beiden Systeme gehören zu den einfachwirkenden Dampfmaschinen.

Die atmosphärische Dampfmaschine ist insofern von Interesse, als sie die älteste Kolbenmaschine ist. Sie wurde im Jahre 1705 durch Newcomen erfunden und besteht aus einem verticalen Cylinder, der bloß nach der unteren Seite mit einem Deckel versehen, nach der oberen Seite aber offen ist. Über dem Cylinder befindet sich ein Balancier, an dem einerseits die Dampfkolbenstange, andererseits ein Pumpengestänge mittelst Ketten hängt. Im Cylinderboden sind zwei Öffnungen, durch welche der Cylinder mit dem Dampfkessel und einem hochgelegenen, mit kaltem Wasser gefüllten Gefäße in Verbindung steht. Öffnet man den Dampfahh, so wird der eintretende Dampf den Kolben heben und das Gestänge der Pumpen wird sinken. Sowie der Kolben seine höchste Stellung erreicht, wird der Dampfahh geschlossen, zugleich aber der Wasserhahn geöffnet, was zur Folge hat, dass der im Cylinder befindliche Dampf durch die Berührung mit dem eintretenden kalten Wasser sich condensirt; hierdurch entsteht unter dem Kolben ein Vacuum, und es wird der Luftdruck den Niedergang des Kolbens sowie das Steigen des Pumpengestänges bewerkstelligen. Eine dritte Röhre leitet das eingespritzte und das durch Condensation entstandene Wasser ab, worauf das Spiel von neuem beginnt. Ferner ist mit dem Balancier noch eine kleine Pumpe in Verbindung, welche das nöthige kalte Wasser in den hochliegenden Behälter hebt. — Mit der Zeit wurden selbstverständlich an dieser Maschine Verbesserungen angebracht; man erfand Vor-

richtungen, um die Hähne durch die Maschine selbst drehen zu lassen, wendete hochgespannten Dampf an, liess den Dampf in die freie Luft entweichen und bewirkte das Sinken des Dampfkolbens durch Gewichte, die auf ihm lasteten. Diese Maschine hat gegen unsere heutigen Maschinen so viele unverkennbare Nachtheile, dass sie nicht mehr angewendet wird.

Die Cornwall-Maschinen dienen in Bergwerken zur Hebung der Grubenwässer; da hiezu nur eine geradlinige, wiederkehrende Bewegung des Pumpengestänges nothwendig ist, so genügt auch die Anwendung einer einfachwirkenden Maschine. — Die Cornwall-Dampfmaschinen arbeiten oft mit sehr hoher Expansion, und haben deswegen ihre Cylinder sehr bedeutende Dimensionen; auch sind sie häufig mit Condensation versehen, oder wenn dies nicht der Fall ist, wird der ausströmende Dampf in einen sogenannten Vorwärmer geleitet, der den Zweck hat, das zur Kesselspeisung nöthige Wasser zu erwärmen. Letztere Apparate sind entweder so construirt, dass der Dampf mit dem Speisewasser in Berührung tritt, oder sie gleichen Oberflächen-Condensatoren, indem der Dampf ein Röhrensystem umspült, durch welches Wasser strömt. — Diese Maschinen haben einen äusserst ruhigen Gang; man lässt sie nur bis zehn Spiele (Doppelhube) in der Minute machen. Sie sind sehr häufig mit einem Balancier versehen, der ein Gegengewicht trägt, welches das Gewicht des Pumpengestänges theilweise auszugleichen hat. Die Steuerung dieser Maschinen geschieht durch Ventile, und wird die Zahl der Spiele durch sogenannte Katarakte geregelt. Der Dampf hat bei diesen Maschinen bloß das Heben des Gestänges zu besorgen, während der Niedergang des Kolbens, das Herabdrücken der Pumpenkolben und hiedurch das Aufsteigen des Wassers durch das Gewicht des Gestänges bewirkt wird.

7. Aufstellungsformen der Schiffsdampfmaschinen.

Seit der Erfindung der Dampfmaschine durch Watt haben sich die mannigfaltigsten Formen derselben herausgebildet; die gegenwärtig im Gebrauche stehenden Anordnungen neigen sich jedoch fast durchwegs zu einigen bewährten Modificationen hin. Die grösstmögliche Leistung einer Schiffsdampfmaschine beim geringsten Eigengewichte derselben zu erreichen, und anderseits diese Leistung mit möglichst geringem Brennmaterialaufwande hervorzubringen, ist jene Aufgabe, welche an den Erbauer einer solchen gestellt wird. — Die Beschreibung der bewährtesten Schiffsdampfmaschinenformen wird erst

in einem nachfolgenden Abschnitte erfolgen, und sollen an dieser Stelle bloß ältere und neuere Aufstellungsarten zur Besprechung gelangen. Ein Theil dieser Arten eignet sich übrigens auch für stationäre Anlagen.

Sämmtliche Aufstellungsformen von Schiffsdampfmaschinen lassen sich in eine der folgenden fünf Gruppen (siehe Tafel 8) einreihen. Diese sind:

- a) Balanciermaschinen,
- b) oscillirende Maschinen,
- c) Maschinen mit directwirkender Triebstange,
- d) Maschinen mit zurückgelegter Triebstange und
- e) Trunkmaschinen.

Die Balanciermaschinen haben stets verticale Cylinder, während bei den vier letztgenannten Gruppen sowol verticale als horizontale, endlich auch schiefliegende Dampfzylinder angewendet werden können.

a) *Balanciermaschinen.* Fig. 1 stellt eine Balanciermaschine mit untenliegendem zweiarmigem Balancier, die Fig. 2 eine solche mit untenliegendem einarmigem Balancier, endlich Fig. 3 eine Balanciermaschine mit obenliegendem (zweiarmigem) Balancier vor. — Diese Systeme zeichnen sich durch ruhigen Gang, gute Zugänglichkeit aller Theile und durch geringe Abnützung derselben aus und unterliegen deshalb auch wenigen Reparaturen; dafür eignen sie sich nur für geringe Kolbengeschwindigkeiten und für geringe Dampfspannungen, nehmen viel Raum ein und sind im Allgemeinen bedeutend schwerer als andere Maschinensysteme bei gleicher Leistung. Aus letzterem Grunde werden sie gegenwärtig höchst selten gebaut. Auf amerikanischen Handelsschiffen von geringem Tiefgange, welche für Flüsse bestimmt sind, ist das in Fig. 3 schematisch dargestellte System noch verbreitet; die Maschine steht bei diesen Schiffen auf Deck.

b) *Oscillirende Maschinen.* Die Figuren 4 und 5 stellen verticale, Fig. 6 und 7 schiefliegende oscillirende Maschinen, endlich Fig. 8 eine horizontalliegende vor. — Die in Fig. 4 vorgeführte Aufstellung, bei welcher die Kurbelwelle über dem Mittel der Schwingzapfen liegt, ist sowol auf See- als auf Flusschiffen sehr verbreitet, während die anderen Aufstellungen nur mehr sehr selten angewendet werden. — Die Vortheile dieser Maschinen sind bereits erwähnt worden; ihr wesentlichster Nachtheil liegt in der baldigen Abnützung der Schwingzapfenlager, welche auch umständlich zu wechseln sind, und in der schwierigen Dichthaltung der Stopfbüchsen,

in denen die Schwingzapfen sich bewegen; sie eignen sich deshalb gleichfalls nur für geringere Kolbengeschwindigkeiten.

c) Maschinen mit directwirkender Triebstange. Bei diesem Maschinensysteme liegt der Kreuzkopf zwischen dem Cylinder und der Kurbelwelle. — Fig. 9 stellt eine horizontale, Fig. 10 und 11 stellen verticale, endlich Fig. 12 und 13 schiefliegende Maschinen mit directwirkender Triebstange dar. — Alle fünf Aufstellungsformen sind für Schiffsmaschinen noch gebräuchlich; und zwar die in den Fig. 10 und 12 vorgeführten für Raddampfer und die übrigen drei für Schraubendampfer. — Die in Fig. 11 führt den besonderen Namen Dampfhammermaschine, und gehört auch die in Fig. 26 dargestellte Hoch- und Niederdruckmaschine zu dieser Classe. — Fast bei allen Schiffsmaschinen mit directwirkenden Triebstangen ist man genöthigt, diesen Stangen verhältnissmässig geringe Längen zu geben, was einen ungleichförmigen Gang dieser Maschinen im Gefolge hat; dafür ist die Anordnung dieser Maschinen im Schiffe, namentlich bei den Dampfhammermaschinen, sehr einfach, und eignen sich selbe auch für grosse Kolbengeschwindigkeiten.

In Fig. 10 ist anstatt der sonst üblichen Geradföhrung jene mit dem Evanslenker angedeutet.

d) Maschinen mit zurückgelegter Triebstange. Bei diesen Maschinen liegt entweder die Maschinenwelle zwischen dem Cylinder und dem Kreuzkopf, oder aber (wol nur in seltenen Fällen) der Cylinder zwischen Welle und Kreuzkopf. Durch diese Anordnung werden für jeden Cylinder je zwei oder vier Kolbenstangen (anstatt wie bei den bisher besprochenen Maschinen nur eine) nothwendig. Fig. 14 stellt eine horizontale, die Fig. 15 und 16 stellen verticale Maschinen dieses Systemes dar, bei welchen die Welle zwischen Cylinder und Kreuzkopf liegt; Fig. 25 zeigt eine solche Maschine, bei welcher der Cylinder zwischen Welle und Kreuzkopf angeordnet ist. — Die in Fig. 14 vorgeführte Maschine besitzt zwei Kolbenstangen, wovon eine über und eine unter der Welle liegt; die in Fig. 15 und 16 besitzen vier Kolbenstangen; jene in Fig. 25 hat wol nur eine Kolbenstange, dafür aber zwei Triebstangen. — Die in Fig. 14 veranschaulichte Maschinenaufstellung ist auf Schiffen sehr oft angewendet; bereits seltener die anderen drei vorgeführten Formen dieser Classe. — Alle Maschinen mit zurückgelegter Triebstange bieten den Vortheil, dass sie wenig Raum einnehmen und dennoch verhältnissmässig lange Triebstangen besitzen können, durch welche die Gleichförmigkeit des Ganges möglich wird; dagegen ist ihre Her-

stellung und gute Montirung etwas complicirter als die anderer Systeme; auch diese Maschinen eignen sich für hohe Kolbengeschwindigkeiten.

Als eine Variante der Maschine mit zurückgelegter Triebstange kann auch die in Fig. 22, Taf. 8 skizzirte Maudslay'sche Maschine füglichweise betrachtet werden. Bei derselben sind die Kolbenstangen von je zwei nebeneinanderstehenden Cylindern mittelst eines T-förmigen kräftigen Kreuzkopfes verbunden, welcher zwischen den Cylindern geführt wird. Dieses System fand bei Raddampfern Verwendung.

e) Trunkmaschinen. Fig. 17 stellt eine horizontale Trunkmaschine mit durchgehendem Rohr, Fig. 18 eine verticale Trunkmaschine mit einseitigem, Fig. 19 eine solche mit durchgehendem Trunkrohr, endlich stellen die Fig. 20 und 21 schiefliegende Maschinen dieses Systems mit einseitigem Trunkrohr vor. — Die in den Fig. 17, 21 vorgeführten Aufstellungen sind für Schraubendampfer, jene in den Fig. 18, 20 für Raddampfer, dagegen die in Fig. 19 nur selten gebräuchlich. — Bei Maschinen mit einseitigem Trunk ist die Wirkung des Dampfes auf beiden Kolbenseiten sehr ungleich, was bei Trunkmaschinen mit durchgehendem Rohre nicht der Fall ist. — Trunkmaschinen sind im Allgemeinen leicht, nehmen wenig Raum ein und haben weniger bewegliche Theile als andere Maschinensysteme, auch eignen sie sich vorzüglich für hohe Kolbengeschwindigkeiten; dafür ist aber die Erhaltung der grossen Trunkstopfbüchsen sehr schwierig, der Drehzapfen im Rohre während des Ganges der Maschine unzugänglich und geht auch an den Oberflächen der Trunks viel strahlende Wärme verloren.

Auch die bereits früher erwähnten Hoch- und Niederdruckmaschinen können in allen bisher besprochenen Aufstellungsformen angewendet werden. So gibt es horizontale (mit nebeneinander-, hintereinander- und mit einander gegenüberliegenden Cylindern), verticale, schiefliegende, oscillirende Hoch- und Niederdruckmaschinen und auch solche nach dem Trunksystem; dieselben werden mit und ohne Balancier, mit directwirkender oder mit zurückgelegter Triebstange, als Zwillingmaschinen und auch als Dreicylindermaschinen gebaut. — Auf Schraubenschiffen der Handelsmarine werden selbe meistens nach dem in Fig. 26, Taf. 8 verzeichneten Schema, nämlich als Dampfhammermaschinen mit unter 90° gestellten Kurbeln, und mit einem zwischen beiden Cylindern liegenden Dampfreservoir ausgeführt, in welches die Ausströmung des kleinen Cylinders mündet und aus

welchem der grosse (Niederdruck-) Cylinder den Dampf bezieht, in-
solange die Steuerung den vom kleinen (Hochdruck-) Cylinder kom-
menden Dampf nicht ausströmen lässt.

Die in Fig. 27, Taf. 8 dargestellte Hoch- und Niederdruck-
maschine mit hintereinanderliegenden Cylindern findet gleichfalls auf
Schiffen Anwendung; der Hauptnachtheil dieses Systems liegt in der
Schwierigkeit, mit welcher die zwischen beiden Cylindern sich be-
findliche Kolbenstangenstopfbüchse dicht zu erhalten ist.

Für Kriegsschiffe fanden bisher auch dreicylindrige horizontale
Hoch- und Niederdruckmaschinen Verwendung, bei welchen der mittlere
der drei gleichgrossen Cylinder als Hochdruckcylinder und die beiden
übrigen als Niederdruckcylinder zu functioniren hatten; doch hat die
allgemeine Einführung dieses Maschinensystemes, so verlockende Vor-
theile selbes den ersten Erfahrungen nach auch bot, bisher noch
nirgends platzgegriffen.

Im Allgemeinen kann eine gut construirte Expansionsmaschine
gewöhnlicher Art als den gut construirten Hoch- und Niederdruck-
maschinen vollkommen gleichwerthig angesehen werden, besitzt diesen
gegenüber noch immer den Vortheil der grösseren Einfachheit, und
lässt leichter eine Forcierung zu, als die an ein bestimmtes Expan-
sionsverhältniss mehr oder weniger gebundenen Hoch- und Nieder-
druckmaschinen.

8. Verschiedene Dampfmaschinensysteme.

Von den vielen Systemen, die ausser den bisher genannten
noch ausgeführt wurden, sollen hier nur einige erwähnt werden.

Die in Fig. 23, Taf. 8 skizzirte Young'sche Maschine ist ganz
eigenthümlicher Construction, wie dies auf den ersten Blick wahr-
nehmbar ist. Die Triebstange ist mittelst einer an ihrem Ende be-
findlichen Kugel direct mit dem Centrum des Kolbens verbunden;
diese Kugel sitzt nämlich in einer Pfanne im Inneren des Kolbens,
welche sich an die Kugeloberfläche anschliesst und demnach das
Lager für die Kugel bildet. Die Triebstange geht durch den Cylin-
derdeckel zur Kurbel. Um die nach auf- und abwärts schwingende
Bewegung der Triebstange zu ermöglichen, ist ein Theil des Cylin-
derdeckels im anderen verschiebbar und trägt eine Stopfbüchse,
welche die nöthige Beweglichkeit hat.

Eine von Ericson nach einem Watt'schen Patent construirte
Maschine zeigt die Fig. 24, Taf. 8. Der Dampfkolben ist hier eigent-
lich eine viereckige Platte und bewegt sich pendelartig um eine

seiner Kanten, die durch eine Axe gebildet wird, auf welcher sich ein Hebel befindet; dieser der Bewegung des Kolbens folgende Hebel ist durch eine Triebstange mit der Kurbel verbunden, und wird so die schwingende Bewegung des Kolbens in die drehende der Kurbel verwandelt. Die Vertheilung des Dampfes geschieht durch zwei Kanäle in der gewöhnlichen Art und Weise.

Eine bemerkenswerthe moderne Maschine ist die von Brotherhood & Hardingham erbaute (Fig. 28, Taf. 8). Die unter je 120° gegen einander geneigten drei Cylinder enthalten rohrförmige Kolben, von denen Triebstangen ausgehen, die den Kurbelzapfen umfassen, das Kurbelwellenmittel liegt im Durchschnittspunkt der drei Cylinderaxen. Der Dampf tritt stetig in den Innenraum ein, drückt also auf alle drei Kolben, und ist die Steuerung so eingerichtet, dass sie einmal den Raum vor den Kolben mit dem Innenraum, ein andermal mit der freien Luft in Verbindung setzt; u. z. geschieht das Erstere, wenn der Kolben durch die Kurbel nach einwärts gezogen werden soll, und das Letztere, wenn vom Kolben Arbeit auf die Kurbel abgegeben wird. Diese Maschine hat einen ruhigen, gleichförmigen Gang, keine todten Punkte und lässt eine hohe Rotationszahl zu; doch sind ihre Mängel sehr zu berücksichtigen, so das rasche Auslaufen der keine Führung besitzenden Kolben, die kurzen Triebstangen sowie die während der Bewegung unzugänglichen Zapfen, welche durch unreinen Dampf sehr leicht geschädigt werden können.

Die in Fig. 29, Taf. 8 abgebildete West'sche Maschine besteht aus einem Gehäuse, in welchem sich sechs Dampfeylinder befinden, die im Kreise stehen und je einen Dampfkolben enthalten. Diese Dampfkolben wirken auf eine Scheibe, die durch ein Kugelgelenk beweglich ist und ihre Bewegung durch eine Spindel auf die Kurbelwelle überträgt. Die Steuerung hat dafür zu sorgen, dass die Dampfkolben der Reihe nach zur Wirkung kommen, sowie dass die jeweilig gegenüberstehenden Kolben kein Hinderniss der Bewegung entgegensetzen; denn während der eine Kolben auf die bewegliche Scheibe drückt, wird der gegenüberstehende von ihr zurückbewegt, und muss also jeder der Dampfeylinder einmal mit dem Dampfraum, ein andermal mit der freien Luft in Verbindung gebracht werden. Diese Maschinen nehmen einen sehr geringen Raum ein und arbeiten gleichförmig, da keine todten Punkte vorhanden sind. Deren Nachtheile sind: Einseitiges Auslaufen der Cylinder und Kolben, starke Abnützung des Kugellagers, der Kurbel und des Wellenlagers, sowie bedeutende Reibungswiderstände in Folge der Art der Kraftübertragung.

Schliesslich wäre noch der Maschinen mit rotirenden Kolben Erwähnung zu thun; Fig. 30, Taf. 8 zeigt eine Art derselben. In einem Gehäuse ist eine drehbare, mit vier Längsschlitzten versehene Walze, durch welche die Welle geht, excentrisch eingesetzt. Von diesen Schlitzten sind die einander gegenüberstehenden mitsammen verbunden, und befinden sich in denselben bewegliche Platten, welche die Dichtung gegen die Wandungen des Gehäuses herstellen. Denkt man sich nun durch den links liegenden Kanal den Dampf einströmen, so wird er auf die hervorstehende Platte wirken und die Walze, mithin auch die Welle drehen, wenn der andere Raum, wie es auch die Figur zeigt, mit dem Ausströmungskanal verbunden ist. Es entfällt hier jede Steuerung, und dient der obere kleine Schieber nur dazu, den Dampf auch durch den Kanal rechts eintreten zu lassen, um so die Bewegung der Welle umkehren zu können. Dies wäre wol das einfachste und beste Dampfmaschinen-system, wenn das rasche Auslaufen des Gehäuses und die nur unvollkommene Dichtung gegen die Wandungen desselben, sowie der grosse Dampfverbrauch, den solche Maschinen erheischen, nicht so schwerwiegende Nachtheile wären, dass man ihrethalben auf die Anwendung dieser Maschinen verzichten muss.

III. Über die Dampfvertheilung. (Steuerung.)

1. Steuerung mit einem Schieber.

Von den früher erwähnten Steuerungsarten ist die Schiebersteuerung am allgemeinsten verbreitet. Der die Dampfvertheilung besorgende Schieber besteht entweder aus einer Platte, die eine Höhlung enthält (Muschelschieber), oder in einer einfachen, nur mit Spalten versehenen Platte (Gitterschieber). Der Schieber wird auf einer ebenen Fläche hin- und herbewegt, welche drei rechteckige Öffnungen enthält, deren mittlere breiter ist als die beiden seitwärts liegenden; diese ebene Fläche nennt man den Schieber-spiegel, und sind die darin befindlichen Öffnungen (Spalten) die Mündungen von Kanälen, von denen die beiden engeren (Einströmungskanäle) mit je einem Ende des Dampfeylinders, der mittlere (Ausströmungskanal) aber mit der freien Luft oder dem Condensator in Verbindung steht. — Der Schieber ist in einem, mit

dem Dampferzeuger leicht in Verbindung zu setzenden Gehäuse eingeschlossen, das man den Schieberkasten nennt, und wird mit einer Stange verbunden, die durch eine Stopfbüchse aus dem Schieberkasten austritt und die Schieberstange heisst. Mit dieser Stange kann also der Schieber von aussen bewegt werden, und erfolgt diese Bewegung meist in der Weise, dass eine auf der Kurbelwelle sitzende excentrische Scheibe (Excenter) durch einen Excenterring sammt Stange entweder direct oder durch einen Hebel mit der Schieberstange verbunden ist; die erstere Anordnung zeigt Fig. 1, Taf. 7. Die gezeichnete Lage führt den Schieber in seiner mittleren Stellung vor, in welcher seine Lappen beide Dampfeinströmungskanäle überdecken, der Ausströmungskanal aber mit der Höhlung in Verbindung steht. Soll der Dampf von der linken Seite in den Cylinder treten, so muss der Schieber rechts stehen, wie dies z. B. Fig. 6 darstellt; der Vorderdampf wird dann durch den auf der rechten Seite befindlichen Kanal aus dem Cylinder in die Höhlung des Schiebers und von da in den Ausströmungskanal gelangen können, daher die Bewegung des Kolbens von links nach rechts stattfinden.

Stellt man das Excenter unter einem rechten Winkel gegen die Kurbel, so würde für die Endstellung des Kolbens sich der Schieber in seiner Mittelstellung befinden; er würde also beide Dampfkanäle überdecken und der Dampf weder in den Cylinder ein- noch aus demselben austreten können. In diesem Falle müsste die Bewegung des Kolbens bis zu dem Zeitpunkte, in welchem sich der Einströmungskanal öffnet, durch die an der Maschine angebrachte Schwungmasse vermittelt werden, und ausserdem der Vorderdampf durch den sich bewegenden Kolben so lange gepresst werden, bis die Verbindung mit dem Ausströmungskanale hergestellt ist. — Dies wäre offenbar von Nachtheil für die Wirkung der Maschine und man ver- stellt daher das Excenter um etwas mehr als einen rechten Winkel gegen die Kurbel, damit sogleich beim Beginne des Kolbenweges Dampf in den Cylinder eintreten und auch der entweichende Dampf rasch abziehen könne. Es wird dann der Schieber (Fig. 4) beide Dampfwege (sowol den für den einströmenden, wie auch jenen für den ausströmenden Dampf) bereits geöffnet haben, wenn der Kolben sich am Anfange seines Hubes befindet. Der Winkel, um welchen das Excenter in diesem Falle aus seiner gegen die Kurbel rechtwinkligen Stellung gebracht wurde, heisst der Voreilungswinkel und die Breite der hiedurch für das Einströmen des Dampfes im toten Punkte entstandenen Öffnung das lineare Voreilen.

Betrachtet man den in seiner Mittelstellung befindlichen Schieber näher, so wird man finden, dass seine Lappen nicht nur die Dampfkanäle überdecken, sondern sich nach beiden Seiten noch weiter fortsetzen. In Fig. 2 ist die Grösse dieser Überdeckungen mit e und i bezeichnet, und nennt man e die äussere, i die innere Überdeckung des Schiebers. Die äussere Deckung hat den Zweck, das zu frühe Einströmen des Dampfes zu verhindern, wenn der Kolben sich dem Ende seines Hubes nähert, sowie auch die Einströmung im geeigneten Momente zu unterbrechen, während die innere Deckung bei grossem Voreilen ein zu frühes Ausströmen des Vorderdampfes verhüten soll. Damit bei beiden Bewegungsrichtungen des Kolbens der Schieber die gleiche Dampfeinströmung bewirke, müssen selbstverständlich bei der Mittelstellung desselben die äusseren Deckungen, sowie auch die inneren, einander gleich sein. — In manchen Fällen macht man die innere Überdeckung = 0, besonders wenn das Voreilen gering ist und man den Vorderdampf leicht abziehen lassen will. Die in Fig. 3 angedeutete Construction, bei welcher sowol die äussere als auch die innere Deckung gleich Null sind, wird nur bei kleinen Hilfsmaschinen, deren Welle sich nach beiden Richtungen drehen soll, angewendet, und ist dann das Excenter stets unter 90° gegen die Kurbel aufgekeilt.

Die Grösse der Excentricität steht in innigem Zusammenhange mit der Grösse dieser Überdeckungen und mit der Weite der Dampfeinströmungskanäle. — Bezeichnen wir mit r die Excentricität und mit a die Weite eines Einströmungskanales, so muss zum mindesten $r = a + e$ sein, damit bei der ausgelegtesten Stellung des Schiebers der Dampfeinströmungskanal ganz geöffnet sei. Hierbei ist aber zu beachten, dass die innere Höhlung des Schiebers stets mit dem Ausströmungskanale communicire, und es ist demnach die Weite desselben der Excentricität gegenüber gross genug zu wählen.

Unter dem Schieberweg versteht man die einer gewissen Kolbenstellung entsprechende Entfernung des Schiebers von seiner Mittelstellung. Der Schieberweg ist somit nach einer oder nach der anderen Seite der Mittelstellung gleich der Excentricität, die ganze Schieberbewegung aber gleich der doppelten Excentricität.

Nach Feststellung dieser Begriffe wollen wir nun die einzelnen Phasen der Dampfvertheilung während des Hin- und Herganges des Kolbens betrachten.

1. (Fig. 4.) Die Kurbel ist im todten Punkte, der Kolben in seiner Endstellung. Soll sich nun der Kolben von links nach rechts

bewegen, so muss der Schieber bereits nach rechts ausgewichen sein und den Einströmungskanal um das lineare Voreilen geöffnet, sowie auch den Ausströmungskanal mit dem Vorderdampf in Verbindung gesetzt haben; der Schieberweg ist hierbei gleich $e + v$, wenn v das Voreilen bezeichnet.

In dieser sowie in den folgenden Figuren deuten die Pfeile die Bewegungsrichtungen der Kurbel, des Schiebers und des Dampfes an, und sind überall die zur betreffenden Schieberstellung gehörigen Kurbel- und Excenterstellungen schematisch angegeben.

2. (Fig. 5.) Der Kolben hat seine Bewegung begonnen, mit ihm auch die Kurbel und das Excenter, wodurch der Schieber nach rechts ausgewichen ist; der zur Ausströmung dienende Dampfkanal ist ganz geöffnet, daher der Schieberweg gleich $a + i$.

3. (Fig. 6.) Der Kolben und Schieber bewegen sich nach rechts, der Dampfeinströmungskanal ist ganz geöffnet; der Schieberweg gleich $e + a$.

4. (Fig. 7.) Der Schieber ist in seiner äussersten Lage rechts; er beginnt nun seinen Rückweg, während der Dampfkolben noch nicht in der Mitte seines Hubes angelangt ist; der Schieberweg ist gleich der Excentricität r , und ist dieselbe in unserem Falle grösser als $a + e$.

5. (Fig. 8.) Der Schieber bewegt sich nach links, der Kolben nach rechts; die Dampfeinströmung hinter dem Kolben ist eben geschlossen worden, und es wirkt der Dampf nun durch seine Expansivkraft. (Expansion durch die äussere Deckung.) Der Vorderdampf strömt noch immer aus, indem die Dampfausströmung noch um $e - i$ offen ist, es findet aber wegen des geringen freien Querschnittes eine Drosselung desselben statt; der Schieberweg ist gleich e .

6. (Fig. 9.) Der Schieber geht nach links, der Kolben nach rechts; die Dampfausströmung ist soeben abgesperrt worden. Wegen der fortgesetzten Kolbenbewegung nach rechts findet nun eine Compression des Vorderdampfes, welcher noch nicht entweichen kann, statt; der Hinterdampf wirkt durch seine Expansion; der Schieberweg ist gleich i .

7. Der Schieber ist in seiner Mittelstellung angelangt, der Kolben hat seinen Lauf noch nicht beendet; Expansion des Hinterdampfes, Compression des Vorderdampfes; der Schieberweg ist gleich Null. — Es wird sich nun der Schieber weiter nach links bewegen, bis er auf dieser Seite den Weg i zurückgelegt hat; in diesem Mo-

mente strömt der expandirende Dampf aus (Vorausströmung), der Vorderdampf jedoch wird noch weiter comprimirt, bis der Schieberweg auf dieser Seite gleich e geworden ist und der frische Dampf einzuströmen beginnt. Der Kolben aber bewegt sich unterdessen noch immer nach rechts, bis bei dem Schieberwege $e + v$ seine Bewegung umgekehrt wird und die Phasen der geschilderten Dampfvertheilung sich nun auf der linken Seite abspielen.

Es mag im ersten Augenblicke befremden, dass trotz der Compression des Vorderdampfes, und ungeachtet des durch das lineare Voreilen bewirkten frühzeitigen Einströmens des frischen Hinterdampfes, der Kolben seine Bewegung gegen den todten Punkt fortsetzen soll; selbe ist jedoch unmittelbar vor den todten Punkten eine äusserst geringe, die Bewegung des Schiebers dagegen eine sehr grosse, so dass der daraus folgende schädliche Einfluss sehr klein ist und durch die Wirkung der Schwungmassen leicht ausgeglichen wird; ja es muss in vielen Fällen die Compression absichtlich vergrössert werden, damit, besonders bei grossen bewegten Massen, ein Stoss am Ende des Hubes vermieden werde, indem hier der Dampf gewissermassen ein elastisches Polster bilden und so den Stoss aufheben soll.

Die hier besprochene Steuerung ist die bei kleineren Maschinen gewöhnlich vorkommende, und kann man mit derselben, wie bei Punkt 5 gezeigt wurde, auch die Expansivkraft des Dampfes zum Theile verwerthen. Diese Steuerungsart nennt man die Steuerung mit fixer Expansion; weil man mit derselben den Füllungsgrad nicht ändern kann, ohne früher Änderungen in den Dimensionen der Bestandtheile derselben vorzunehmen.

Bei grossen Maschinen erhalten die Schieber in Folge der grossen Querschnitte der Dampfkanäle bedeutende Dimensionen, und es wird durch den auf ihnen lastenden Dampfdruck die Reibung auf dem Schieberspiegel, mithin auch die zur Bewegung dieser Schieber erforderliche Kraft oft sehr bedeutend. Aber auch der Schieberweg wird wegen der Breite der Dampfkanäle entsprechend grösser, was ebenfalls zur Vermehrung der zur Schieberbewegung nothwendigen Arbeit beiträgt. Um nun in solchen Fällen den Weg des Schiebers zu verkleinern und den Einstromungsquerschnitt im todten Punkte genügend gross zu haben, theilt man jeden Dampfkanal in zwei (halb so breite) Kanäle, die sich in ihrem weiteren Verlaufe gegen die Cylinderenden wieder vereinigen, wie dies in Fig. 12, Taf. 7 dargestellt erscheint. Es wird dann auch die Form des Dampfschiebers geändert,

und dieser etwa jene in der Figur mit *c* bezeichnete annehmen müssen, in welcher wir nebst dem gewöhnlichen Muschelschieber noch zwei kleine D-förmige Kanäle sehen, die der ganzen Breite nach den Schieber durchziehen und so den Weg für den frischen Dampf zu den zwei mittleren Einströmungskanälen bilden; die Höhlung des Schiebers aber steht dabei, so wie früher, immer mit dem Auströmungskanale in Verbindung, nur hat dieselbe zwei Abzweigungen für die beiden äusseren Dampfkanäle. Diesen Schieber nennt man den Penn'schen Doppelschieber.

Der in Fig. 12 gezeichnete Schieber zeigt aber auch noch eine andere Einrichtung, die Entlastung, welche den Zweck hat, einen Theil der Oberfläche des Schiebers vom Drucke des Dampfes zu befreien. Auf dem Rücken des Schiebers ist zu diesem Behufe ein Ring angegossen, welchen ein zweiter L-förmiger, metallener Ring *d* umgibt, der an seinem Umfange Lappen trägt; diese Lappen bilden Muttern für die Schrauben *e*, welche je einen verzahnten Kopf haben und durch einschnappende Federn am Zurückdrehen gehindert sind. In den zwischen den beiden Ringen entstehenden Kanal werden Hanftressen (oft auch Federn) eingelegt, auf welche ein flacher Ring *b* aus Bronze zu sitzen kommt, welcher sich an den Deckel des Schieberkastens dicht anschliesst und demnach den Dampf verhindert, seinen Druck auf einen ziemlich bedeutenden Theil des Schieberrückens auszuüben. Durch ein in der Mitte des Schieberkastendeckels mündendes Rohr *f* ist der in der früher beschriebenen Weise auf dem Schieberrücken gebildete abgeschlossene Raum mit dem Condensator in Verbindung, wodurch der den Schieber gegen das Schiebergesicht pressende Totaldruck noch weiter vermindert wird. Wenn der Ring *b* sich derart abgenützt hat, dass er nicht mehr genügend abdichtet, so kann diesem Umstande durch Nachstellen der Schrauben *e* abgeholfen werden, und sind, um bei dieser Arbeit nicht den ganzen Schieberkastendeckel abnehmen zu müssen, in diesem durch Schrauben verschliessbare, mit den Stellschrauben correspondirende Öffnungen angebracht, durch die man einen kleinen Schraubenschlüssel einbringen und die Schrauben entsprechend bewegen kann; während des Betriebes sind letztgenannte Öffnungen selbstverständlich geschlossen.

2. Steuerung mit zwei Schiebern.

Die bisher besprochene Steuerung mit einem Schieber kann ganz gut in allen jenen Fällen verwendet werden, in denen man nicht auf die Anwendung eines geringen Füllungsgrades (höhere

Expansion) Anspruch erhebt. Um bei Steuerungen mit einem Schieber geringe Füllungsgrade zu erreichen, würde man auf bedeutende Hindernisse bei der Dampfvertheilung stossen; so z. B. würde man eine sehr grosse Compression des Vorderdampfes verursachen, deren Einfluss die zu leistende Arbeit der Maschine schädigen würde; deshalb sind verschiedene andere Vorrichtungen erdacht worden, welche obigen Zweck vollkommen erfüllen. — Unter diesen Vorrichtungen zur Erreichung eines höheren Expansionsgrades ist die Steuerung mit zwei Schiebern die fast allgemein angewendete, und unterscheidet man zwei Arten dieser Expansions-Schiebersteuerungen, je nachdem die beiden Schieber in zwei getrennten Räumen oder in einem gemeinschaftlichen Raume arbeiten; das erstere nennt man das Zweikammer-, das letztere das Einkammersystem.

Von den beiden hiebei angewendeten Schiebern bewegt sich jeder ganz unabhängig vom andern; es hat jeder sein eigenes Excenter, seine Excenter- und Schieberstange. Der eine Schieber hat den Zweck, die Zuströmung des Dampfes zum zweiten Schieber zu regeln, d. h. die Dampf einströmung im geeigneten Momente zu unterbrechen; diesen nennt man den Expansionschieber. Der zweite dagegen hat den so eingeströmten Dampf in den Cylinder, vor und hinter den Kolben, zu leiten, sowie den ausströmenden Vorderdampf entweichen zu lassen; dies ist der Vertheilungsschieber.

Betrachten wir nun zunächst das Zweikammersystem (Fig. 10, Taf. 7). Wir sehen hier den Schieberkasten durch eine Wand in zwei Räume oder Kammern, *a* und *b*, getheilt; in letztere tritt der frische Kesseldampf. Die Scheidewand der beiden Kammern enthält einen Schlitz, über welchen sich ein Schieber hin- und herbewegt; dies ist der Expansionschieber, der in seiner Mitte gleichfalls mit einem Schlitz versehen ist. Befinden sich diese beiden Schlitze übereinander, so wird der Dampf in die zweite Kammer *a* eintreten können, in welcher sich auf dem Schieberspiegel des Dampfcyinders ein gewöhnlicher Muschelschieber in der früher besprochenen Weise bewegt; letzterer ist der Vertheilungsschieber. Es hat nun die Bewegung der beiden Schieber in der Weise vor sich zu gehen, dass der Expansionschieber den Durchlasskanal in der Scheidewand bereits geöffnet hat, wenn der Vertheilungsschieber den Dampfkanal des Cylinders zu öffnen beginnt, um eben den Dampf ungehindert zu rechter Zeit in den Cylinder gelangen zu lassen; dagegen muss dieser Expansionschieber, wenn expandirt werden soll, den Durchlasskanal schon früher geschlossen, also den Dampfzutritt bereits früher ab-

gesperrt haben, bevor die Schliessung des Dampfströmungskanal am Cylinder stattgefunden hat, und muss dann wieder zu rechter Zeit dem Dampf den Zutritt für die andere Cylinderseite gestatten. Es darf diese Wiedereröffnung jedoch erst dann erfolgen, wenn der Vertheilungsschieber den Dampfweg auf einer Seite bereits geschlossen hat, weil sonst durch den noch offenen Dampfweg ein Wiedereinströmen des frischen Dampfes in den Cylinder nach bereits einmal erfolgter Absperrung stattfinden möchte, was nicht vortheilhaft wäre. Es ist demnach der Expansionsschieber in seiner Bewegung dem Vertheilungsschieber immer voraus, weil er den Durchlasskanal immer früher öffnen und auch schliessen muss, als dies der Vertheilungsschieber bei den Dampfkanälen thut; aus diesem Grunde muss das Excenter des ersteren unter einem grösseren Voreilungswinkel gegen die Kurbel aufgekeilt sein, als das des Vertheilungsschiebers.

Das Einkammersystem, welches das gebräuchlichere ist, unterscheidet sich vom vorigen dadurch, dass sich der Expansionsschieber statt auf einer Zwischenwand im Schieberkasten auf dem Rücken des Vertheilungsschiebers selbst bewegt. Der Vertheilungsschieber ist jedoch dann nicht mehr ein gewöhnlicher Muschelschieber, sondern hat an seinen Enden zwei Dampfdruckkanäle; er besteht also aus einer Platte, durch welche zwei Kanäle gehen, und die in der Mitte die Höhlung für den Dampfaustritt besitzt, wie dies in Fig. 11, Taf. 7 am Schieber *c* zu sehen ist. Die beiden Kanäle bewegen sich mit dem Schieber über den Dampfwegen des Cylinders hin und her und lassen in dieselben Dampf eintreten, wenn sie nicht selbst durch den Expansionsschieber verdeckt sind. Es ist hiebei darauf zu achten, dass der Dampf nur durch diese Kanäle eintreten kann, und es darf nicht etwa der Schieber sich so weit bewegen, dass seine Aussenkanten die Dampfwege eröffnen würden. Auf diesem Vertheilungsschieber bewegt sich nun der Expansionsschieber; derselbe besteht entweder aus einer Platte, die fest mit der Schieberstange verbunden ist, wie dies bei den fixen Expansionsschiebersteuerungen vorkommt, oder aber ist er durch zwei Platten gebildet, deren gegenseitige Entfernung geändert werden kann, und es heisst dann diese Vorrichtung eine variable Expansionsschiebersteuerung.

Die Verstellung der beiden Lappen des Expansionsschiebers kann auf mannigfache Weise bewerkstelligt werden; eine der gebräuchlichsten Arten ist jene, die bei dem Meyer'schen Expansionsschieber

vorkommt, und wird auch die ganze Steuerung dann als Meyer'sche Steuerung bezeichnet. — Dieselbe ist in Fig. 11, Taf. 7 abgebildet und zeigt uns die auf dem Rücken des Vertheilungsschiebers sich bewegenden beiden Lappen *d d* des Expansionsschiebers. In jeden dieser Lappen ist eine Schraubenmutter eingelassen; eine derselben besitzt ein rechtsgängiges, die andere ein linksgängiges Gewinde. Durch die Drehung der mit rechtem und linkem Gewinde versehenen, durch diese beiden Muthern hindurchgehenden Expansionsschieberstange *b* können somit die beiden Lappen, aus welchen der Expansionsschieber besteht, einander genähert oder von einander entfernt werden.

Diese Steuerung hat den Vortheil, dass sie alle Füllungsgrade bis zu demjenigen gestattet, welchen der Vertheilungsschieber vermöge seiner äusseren Deckung selbst gibt, und dass demnach für einen veränderlichen Widerstand auch die von der Maschine abzugebende Arbeit entsprechend regulirt werden kann, indem man den Expansionsschieber die Dampfzuströmung im geeigneten Momente abschliessen lässt.

Die Dampfvertheilung erfolgt bei dieser Steuerung in folgender Weise: Der Vertheilungsschieber bewegt sich wie gewöhnlich über den Dampfwegen des Cylinders, und es würde, wenn kein Expansionsschieber vorhanden wäre, die Ein- und Ausströmung des Dampfes in der früher besprochenen Art vor sich gehen, indem die Kanäle des Vertheilungsschiebers so gross sind, dass die unteren, gegen aussen liegenden Kanten derselben nie den Dampfzutritt zu den Kanälen des Cylinders unterbrechen können, sondern dass vielmehr stets die nach innen gelegenen Kanten diese Aufgabe zu erfüllen haben. Durch die Lappen des auf dem Rücken des Vertheilungsschiebers sich bewegenden Expansionsschiebers werden nun die Dampfdurchlässe des ersteren geöffnet oder geschlossen und demgemäss der Dampfzutritt zu dem Cylinder gestattet oder unterbrochen.

Die Zeichnung stellt uns den Moment dar, in welchem der Kolben seinen Hub nach rechts beginnt, und wir sehen den Dampfkanal des Vertheilungsschiebers durch den Expansionsschieberlappen *d* bereits ganz geöffnet, während der Dampfweg des Cylinders erst um das lineare Voreilen offen steht. Der Vertheilungsschieber wird seinen Weg nach rechts fortsetzen und dann umkehren; bevor er aber den Dampfweg des Cylinders schliesst, wird schon der Expansionsschieber den Durchlasskanal geschlossen haben, also die Zuströmung des Dampfes bereits unterbrochen sein. Es ist auch

ersichtlich, dass, wenn die beiden Lappen des Expansionschiebers weiter von einander entfernt sind, die Durchlasskanäle des Vertheilungsschiebers eher geschlossen werden, als wenn der Abstand der Lappen geringer ist, und dass, je nachdem die Dampfzuströmung früher oder später geschlossen wird, der Dampf im Cylinder mehr oder weniger expandirt. Da die Schieberstange von aussen zugänglich ist und trotz ihres Zusammenhanges mit der Excenterstange drehbar eingerichtet werden kann, so wird man mit Leichtigkeit die Lappen des Expansionschiebers stellen, also den Füllungsgrad des Cylinders nach Belieben ändern können. — In vielen Fällen ist es wünschenswerth, auch die Möglichkeit zu haben, den Dampfzutritt in den Cylinder mittelst des Vertheilungsschiebers allein bewerkstelligen zu können; es werden dann die Lappen nur so gross gewählt, dass, wenn sie zusammenstossen, ihre äusseren Kanten die Dampfwege des Vertheilungsschiebers während der Dampfeinströmung nicht mehr erreichen können. — Es dürfen jedoch diese Lappen auch nicht zu klein gemacht werden, damit bei der grössten Auseinanderschiebung derselben ihre inneren Kanten nicht etwa die Dampfwege des Vertheilungsschiebers öffnen könnten, und werden diese letzteren deshalb auf der oberen Seite des Schiebers in vielen Fällen weiter auseinander stehen, als auf der unteren.

Aus dem Gesagten erhellt, dass diese Steuerung sehr einfach und zugleich sehr vortheilhaft ist, und dass sie gestattet, selbst während des Ganges der Maschine den Füllungsgrad zu ändern.

3. Umsteuerungen.

In vielen Fällen tritt die Nothwendigkeit auf, die Welle einer Dampfmaschine nach der einen oder der anderen Richtung beliebig umlaufen lassen zu können, wie dies bei Schiffsmaschinen, Locomotiven, Fördermaschinen u. s. w. vorkommt, während bei stationären Maschinen gewöhnlich bloss eine dieser Bewegungsrichtungen gebraucht wird. Um diese Umkehrung der Bewegung bewerkstelligen zu können, muss eine Vorrichtung vorhanden sein, die für jede der beiden Drehungsrichtungen der Maschinenwelle eine richtige Dampfvertheilung hervorbringt; diese Vorrichtung wird dann eine Umsteuerung genannt.

Bei der Dampfvertheilung durch einen Schieber wurde dargelegt, dass das Excenter eines Schiebers der Kurbel stets um 90° mehr dem Voreilungswinkel voraus ist, und dass, wenn die Excenter-

stange direct mit der Schieberstange verbunden wird, die Kurbelbewegung nach jener Seite erfolgt, auf der sich der Voreilungswinkel befindet, während in dem Falle, in welchem an einem zweiarmigen Hebel einerseits die Excenterstange, andererseits die Schieberstange angreift, die Bewegung eine der oben erwähnten gerade entgegengesetzte sein wird. Wir wollen jedoch im Folgenden stets den ersterwähnten Fall annehmen.

Soll sich also die Kurbel durch eine Umsteuerung in dem einen oder dem anderen Sinne bewegen können, so ist klar, dass dann durch sie ermöglicht werden muss, die Excentricität des auf den Dampfschieber wirkenden Excenters auf die eine oder die andere Seite der Kurbel zu verlegen.

Eine solche Vorrichtung sehen wir auf Taf. 3, Fig. 7 dargestellt, und besteht dieselbe in einem lose auf der Kurbelwelle sitzenden Excenter, dessen Mittelpunkt sich in E befindet und das bei der Drehung der Welle durch die an derselben befestigten Knaggen A, B mitgenommen wird, wenn sich diese an eine der beiden Seiten des Ansatzes $a b$ anlegen, welch' letzterer fest mit dem Excenter verbunden ist. Denken wir uns die excentrische Scheibe, von welcher die Schieberbewegung eingeleitet wird, so weit nach aufwärts gedreht, dass der Punkt a auf A zu liegen kommt, so wird E nach E_1 gekommen sein, der Winkel von 90° mehr dem Voreilungswinkel wird sich auf der oberen Kurbelseite befinden, also die Bewegung der Kurbel K nach aufwärts stattfinden, während in dem Falle, als b nach B und E nach E_2 gelangt, die Kurbel K sich nach abwärts bewegt.

Diese Art der Umsteuerung hat ihre Übelstände, indem während des Umsteuerns die Verbindung zwischen Excenter- und Schieberstange gelöst werden und die Umkehrung der Kolbenbewegung durch Verstellen des Schiebers von Hand geschehen muss; es wird z. B., wenn für die Kurbelbewegung nach aufwärts a auf A liegt, und die entgegengesetzte Bewegung der Welle eingeleitet werden soll, die Maschine so lange von Hand zu steuern sein, bis die Knagge B auf die Kante b des Excenteransatzes trifft und das Excenter mitnimmt, worauf erst wieder die Verbindung zwischen der Excenter- und der Schieberstange hergestellt werden kann.

Wie aus dem Gesagten erhellt, ist diese Umsteuerungsart eine etwas umständliche und unbequeme, weshalb andere Vorrichtungen erdacht wurden, welche zum Umsteuern dienlich sind, nämlich die sogenannten Coulissensteuerungen.

In Fig. 8, Taf. 3 ist die von Stephenson erfundene und nach ihm benannte Coulissensteuerung dargestellt. Auf die Kurbelwelle sind zwei Excenter aufgekeilt, deren Stangen F und G mit einem Rahmen MN in Verbindung stehen, der einen bogenförmigen Schlitz enthält und die Coulisse genannt wird. Die Excenterstangen haben ihre Angriffspunkte an der Coulisse meist so, wie dies Fig. 8 zeigt, doch sind sie auch häufig mit den äusseren Enden der Coulisse verbunden, wie in Fig. 9. Im Schlitze der Coulisse befindet sich ein Gleitbacken, der durch einen Zapfen mit der Schieberstange S gelenkartig verbunden ist. Die Coulisse ist an der Stange AB aufgehängt, und umfasst das eine Ende dieser Stange den in der Mitte der Coulisse an einem Bügel befindlichen Zapfen A , während der zweite Stangenkopf einen Zapfen B des Hebels BC umgreift; dieser Hebel ist auf einer Welle, der sogenannten Steuerungswelle, festgekeilt, durch welche vermittelt werden kann, dass der Zapfen B einen vollständigen Kreis beschreibt, die Coulisse also gehoben oder aus der gehobenen Stellung wieder gesenkt werden kann. Hierbei wird die Coulisse sich über dem Gleitbacken der Schieberstange S , welche ihre Lage nicht ändern kann, verschieben und dabei das eine oder andere Coulissenende dem Gleitbacken genähert.

In Fig. 10 ist eine Coulisse dargestellt, die von der gewöhnlichen Form abweicht, indem sie aus zwei bogenförmigen Lamellen gebildet wird, die an den Enden mit einander verbunden sind und in der Mitte Zapfen für die aus zwei Theilen bestehende Aufhängestange tragen. Ausserdem hat noch jede Lamelle in der Nähe ihrer Enden zwei als Angriffspunkte für die Excenterstangen dienende Zapfen, und bewegt sich die Schieberstange mittelst eines doppelt T-förmigen Kopfes zwischen den Lamellen.

In Fig. 11 ist die Wirkungsweise der beiden Excenter auf die Coulisse dargestellt; bei der Bewegung des ober der Kurbel befindlichen Excenters wird der Angriffspunkt A der Excenterstange einen gewissen Weg $A_1 A_2$ beschreiben; in ganz gleicher Weise wird der Angriffspunkt B des zweiten Excenters den Weg $B_1 B_2$ zurücklegen, dessen Grösse selbstverständlich von der Grösse der Excentricität abhängig ist. — Denken wir uns nun die Coulisse so weit gesenkt, dass das Ende der Excenterstange F in die Verlängerung der Schieberstange fällt (wie dies in Fig. 8 der Fall ist), so wird blos das eine Excenter wirksam sein und die Schieberbewegung vermitteln, während das andere Excenter nur eine pendelartige Bewegung der Coulisse hervorbringt. Bei dieser Coulissenstellung wird sich die Kurbel, die

in der Zeichnung vertical aufwärts zu denken ist (nach dem früher aufgestellten Grundsatz), also nach rechts bewegen müssen, während in dem Falle, als das Ende der Excenterstange G in der Richtung der Schieberstange sich befindet und demnach die Coulissee gehoben ist, die entgegengesetzte Kurbelbewegung (nach links) eintreten wird.

Das Heben oder Senken der Coulissee genügt also, die Umdrehungsrichtung der Kurbel zu ändern, und sind die horizontalen Dampfmaschinen fast allgemein so eingerichtet, dass für den Vorwärtsgang der Maschine die Coulissee sich in ihrer tiefsten Stellung befindet, wie in Fig. 8; das für den Vorwärtsgang wirksame Excenter wird das Vorwärtsexcenter genannt; ist die Coulissee gehoben, so tritt der Rückwärtsgang der Maschine ein, indem das Rückwärtsexcenter zur Wirkung gelangt.

Die Bewegung der Steuerungswelle C , von welcher aus, wie bereits früher erwähnt wurde, das Heben und Senken der Coulissee besorgt wird, erfolgt bei kleineren Maschinen von Hand mittelst eines Hebels, des Umsteuerungshebels, oder mittelst eines Steuerades; bei sehr grossen Maschinen sind zu diesem Zwecke oft eigene kleine Umsteuerungsdampfmaschinen vorhanden. Auf der Kurbelwelle dieser Umsteuerungsmaschinen sitzt eine Schnecke, die in ein auf der Steuerungswelle aufgekeiltes Schneckenrad eingreift (Fig. 4). Die Aufhängestange der Coulissee, somit auch die Coulissee selbst, wird dann, wie aus der Figur ersichtlich ist, bei Drehung des Schneckenrades gehoben oder gesenkt, mithin der Aufhängepunkt der Coulissee nach M oder N gebracht.

Befindet sich die Coulissee in ihrer Mittelstellung, nämlich der Gleitbacken M in der Mitte zwischen den Angriffspunkten der beiden Excenterstangen, so wird der Schieber wol eine kleine hin- und hergehende Bewegung annehmen können, doch wird die dadurch bewirkte Dampfvertheilung eine so unvortheilhafte sein, dass dabei eine Bewegung der Maschine nicht stattfinden kann. In allen Lagen des Gleitbackens M zwischen diesem, dem sogenannten todten Punkte der Coulissee, und dem höchsten oder tiefsten Punkte wird sich der Schieber blos um einen Theil des Excenterhubes verschieben, weil in diesem Falle sich der Einfluss beider Excenter geltend macht, und es wird, je nach den Stellungen des Gleitbackens in der Coulissee, eine grössere oder kleinere Expansion des Dampfes im Cylinder hervorgebracht werden. (Expandiren mit der Coulissee.)

Die Verbindung der Excenter mit der Coulissee kann durch offene oder gekreuzte Excenterstangen stattfinden (Fig. 12, I u. II).

Um zu erkennen, ob die Excenterstangen einer Stephenson'schen Couliissensteuerung offen oder gekreuzt arbeiten, denkt man sich die Kurbel so weit gedreht, bis beide Excentricitäten auf jener Seite der durch das Wellenmittel gezogenen Verticalen sich befinden, auf welcher die Couliisse liegt; haben dann die Excenterstangen die in Fig. 12, I dargestellte Lage, so heissen sie offene, im anderen Falle (Fig. 12, II) gekreuzte Stangen.

Die erstere Anordnung bietet den Vortheil, dass bei den äussersten Stellungen des Gleitbackens eine richtigere Dampfvertheilung erzielt wird, als bei gekreuzten Stangen, weil hier die Einwirkung des zweiten Excenters sich fühlbarer macht; dagegen wird bei offenen Stangen das lineare Voreilen des Schiebers immer grösser und die Eröffnungsquerschnitte der Dampfkanäle immer kleiner, je mehr sich der Gleitbacken dem Couliissenmittel nähert, je mehr man also expandiren will; dies ist aber jedenfalls von Nachtheil für den Gang der Maschine, weil die Einströmung des Dampfes zu früh erfolgt, derselbe also im letzten Theil des Hubes der Kolbenbewegung hinderlich ist, und weil er bei seinem Eintritt in die Dampfkanäle gedrosselt wird, wodurch seine Spannung sinkt. — Bei den gekreuzten Stangen wird die Voreilung immer kleiner, je mehr sich der Gleitbacken dem Couliissenmittel nähert, und ist dieselbe in der Mittelstellung der Couliisse gleich Null; für das Expandiren sind also gekreuzte Stangen günstiger, und bieten selbe auch noch den Vortheil, dass der Stillstand der Maschine zuversichtlich bei der Mittelstellung der Couliisse erfolgen muss, weil der Dampf zu spät in den Cylinder tritt, um bei dieser Couliissenstellung noch eine Bewegung hervorbringen zu können.

Die Stephenson'sche Couliissensteuerung wird sehr häufig (bei grossen Maschinen fast ausschliesslich) angewendet, und nur bei kleineren Maschinen findet die von Fink erfundene Umsteuerung ihrer grossen Einfachheit halber öfters Anwendung. Dieselbe besitzt, wie Fig. 13, Taf. 3 zeigt, nur ein einziges Excenter, das um 180° gegen die Kurbel aufgekeilt ist. Die Couliisse MN bildet mit dem Excentering ein Stück und ist mit einem bogenförmigen Schlitz versehen, der seine hohle Seite der Schieberstange zuwendet. Excentering und Couliisse werden im Punkte A von einer um den festen Punkt B schwingenden Stelze AB erfasst, wodurch der Punkt A , um welchen bei der Drehung der Kurbelwelle die Schwingungen der Couliisse erfolgen, in einem Kreisbogen sich zu bewegen gezwungen wird. Im Schlitze der Couliisse lässt sich der Gleitbacken C , welcher durch die Schubstange CD mit der Schieberstange verbunden ist, verstellen, was durch den auf der Steuerungswelle G sitzenden Winkelhebel FGH geschieht, der hier den Umsteuerungshebel bildet und durch die Hängstange DF die ihm mitgetheilte Bewegung auf die Schubstange CL überträgt. — Je nachdem das Gleitstück C sich in der oberen oder unteren Hälfte der Couliisse befindet, wird die Bewegung der Kurbel K

nach auf- oder abwärts erfolgen, und wird von der fallweisen Entfernung des Gleitbackens vom Punkte *A* der Expansionsgrad abhängig sein.

Um bei Dampfmaschinen mit Umsteuerung auch den Vortheil der variablen Expansion zu haben, ohne die Coulissee hiezu verwenden zu müssen, hat man die Expansionschiebersteuerungen und unter diesen hauptsächlich die Meyer'sche Steuerung derart umgestaltet, dass die Vertheilungsschieberstange mittelst einer Stephenson'schen Coulissee bewegt wird; auf der Welle sitzen in diesem Falle drei Excenter, wovon eines für den Expansionsschieber bestimmt ist. Die Expansion wird hiebei gewöhnlich nur für den Vorwärtsgang gebraucht und beim Manövriren mit der Maschine die Expansionschieberlappen einander ganz genähert, damit nur der Vertheilungsschieber wirksam verbleibt. Falls bei dieser Anordnung sowol für den Vorwärts- als für den Rückwärtsgang eine gleichartige Dampfvertheilung platzgreifen soll, wird das Excenter des Expansionsschiebers um 180° gegen die Kurbel aufgekeilt.

IV. Messung der Leistung von Dampfmaschinen.

1. Nominelle, effective und indicirte Leistung.

Unter dem Nutzeffect einer Dampfmaschine versteht man jene Arbeitsmenge, welche die Maschinenwelle in einer gewissen Zeit (zumeist in einer Secunde) abzugeben vermag. Diese Leistung wird bei Dampfmaschinen in Pferdekraften ausgedrückt. Eine Pferdekraft ist im Stande, 75 $\frac{h}{g}$ in einer Secunde 1 $\frac{m}{g}$ hoch zu heben.

In England wird eine Pferdekraft mit 550 Fussfund angenommen, was eigentlich einer Leistung von 76 $\frac{h}{g} \frac{m}{g}$ entspricht.

Man unterscheidet nominelle, effective und indicirte Leistungen.

Die nominelle Pferdekraft wird nur mehr selten zur Bezeichnung der Leistung von Dampfmaschinen angewendet; selbst in England, von wo der Begriff der nominellen Pferdekraft her stammt, wird schon grossentheils von dieser Benennung abgegangen. Die noch am häufigsten angewendete Formel zur Bestimmung der nominellen Leistung, die sogenannte Admiralitätsformel, lautet: $L = \frac{d^2 \cdot v}{6000}$; hierin bezeichnet *L* die Arbeit einer Dampfmaschine in Pferdekraften,

d deren Cylinderdurchmesser in englischen Zollen und v die Kolbengeschwindigkeit in der Minute in engl. Fussen. — Oft pfllegt man auch die nominelle Leistung nach der zur Verfügung stehenden Kesselheizfläche anzugeben und rechnet in diesem Falle je zwei Quadratmeter totaler Heizfläche für eine nominelle Pferdekraft.

Unter der effectiven Leistung einer Dampfmaschine versteht man die wirklich an die Maschinenwelle nutzbar abgegebene Leistung, also den Nutzeffect, welcher mittelst des Bremsdynamometers (siehe Seite 278 des ersten Bandes) bestimmt werden kann. In vielen Fällen ist es jedoch schwierig, die Leistung einer Dampfmaschine mittelst des Prouy'schen Zaumes zu ermitteln, und man bedient sich deshalb lieber des Indicators zur Messung der Maschinenleistungen. Der Indicator, welcher weiter unten beschrieben werden soll, misst jedoch nicht die wirkliche (effective) Leistung einer Dampfmaschine, sondern jene Arbeit, welche der Dampf an den Kolben abgibt, und von welcher also noch jene Effecte in Abschlag zu bringen kommen, welche durch die Kolben- und Schieberreibung, durch Reibung in den Maschinenlagern, durch den Betrieb der Maschinenpumpen etc. verloren gehen. Die vermittelst des Indicators ermittelte Arbeit einer Dampfmaschine nennt man die indicirte Leistung derselben.

2. Der Indicator und seine Anwendung.

Mittelst des Indicators kann nicht nur die Maschinenleistung bestimmt, sondern auch ein Einblick in das Functioniren der Steuerung einer Dampfmaschine gewonnen werden; er bildet daher eines der wichtigsten einer Dampfmaschine zugehörigen Messinstrumente. — Die gebräuchlichsten Arten der Indicatoren sind jene von Mac Naught und die von Richard.

Fig. 13, Taf. 7 zeigt den Mac Naught'schen Indicator. In einem cylindrischen Gehäuse aus Metall befindet sich ein Cylinder b eingesetzt, in welchem sich ein kleiner Kolben sammt der Kolbenstange c bewegen kann. Diese Kolbenstange geht durch den Deckel des Cylindergehäuses und trägt an einem Ansatz eine cylindrische Schraubenfeder, welche sich mit ihrem oberen Ende an den Deckel des Gehäuses stützt. An der Kolbenstange ist ferner ein Arm befestigt, welcher durch einen im Gehäuse angebrachten Schlitz reicht und den Schreibstift d trägt. Mit dem Cylindergehäuse ist endlich ein Bügel fix verbunden, welcher den um seine Axe drehbaren Cylinder e (Papiercylinder) aufnimmt. Um das untere Ende dieses

Cylinders ist eine in einer gedrehten Furche desselben aufliegende Schnur s geschlungen, welche zwischen zwei Leitrollen r, r hindurchgeht, und vermittelt welcher der Cylinder e in eine drehende Bewegung versetzt werden kann, während die entgegengesetzte Drehung, also das Zurückgehen des Cylinders in seine ursprüngliche Lage, durch eine am Boden desselben befindliche spiralförmige Bandfeder bewirkt wird. Denken wir uns diesen Apparat mit dem Hahn a auf dem Deckel des Cylinders einer Dampfmaschine befestigt, so wird, wenn der Hahn a geöffnet ist, der im Cylinder fallweise wirksame Dampf auf den Kolben des Apparates drücken; je grösser die Spannung des Dampfes im Cylinder ist, desto höher wird der Kolben getrieben werden; sinkt die Dampfspannung dagegen im Cylinder unter den Atmosphärendruck, so wird auch der äussere Luftdruck den kleinen Kolben herabdrücken. Diese Bewegungen wird auch der Stift d mitmachen müssen, und wenn wir uns vorstellen, dass man dem Cylinder e selbst eine Bewegung gibt, die der des Dampfkolbens ähnlich ist, d. h. in den gleichen Momenten beginnt und endet, wie diese, so wird auf einem um den Cylinder gewickelten Papierstreifen der Stift d eine geschlossene Curve beschreiben, aus welcher man den bei jeder Kolbenstellung im Cylinder herrschenden Dampfdruck ersehen kann. Diese Curve nennt man das Indicator-Diagramm und dient dasselbe zur Bestimmung der indicirten Leistung sowie zur Controlle der Steuerung, wie später erörtert werden wird.

Der Richard'sche Indicator (Fig. 14, Taf. 7) ist dem beschriebenen ähnlich. Der Cylinder b mit seiner Kolbenstange und der Schraubenfeder ist bei diesem gleichfalls in einem cylindrischen Gehäuse eingeschlossen, und besteht der Unterschied gegen den ersteren nur in der Übertragung der Kolbenbewegung auf den Schreibstift. Das Ende der Kolbenstange c ist hier durch ein Gelenk b mit dem Hebel f verbunden, der seinen Drehpunkt in d hat; der Hebel ist durch einen Steg g , welcher den Schreibstift A trägt, mit dem in der Figur punktirten Gegenlenker f verbunden, und sind die Längen der einzelnen Theile dieses Gestänges derart gewählt, dass der Punkt A , an welchem der Schreibstift sitzt, in einer zur Mittellinie der Kolbenstange Parallelen geführt wird. Die beiden Fixpunkte d, d befinden sich auf den Armen einer auf dem Gehäuse drehbaren Hülse, und kann durch Drehung derselben der Stift A dem Papiercylinder genähert oder von demselben entfernt werden. Wir sehen auch hier die Schnur s , die Leitrollen r, r , den Bügel, auf welchem der Papiercylinder e sitzt, sowie (im Grundriss) die Spiral-

feder, welche am Boden desselben befestigt ist und seine rückgängige Bewegung vermittelt. Mit dem Hahn *a* ist dieser Apparat durch eine sogenannte Differentialschraube verbunden, welche es ermöglicht, den Indicator in jeder Stellung festzuhalten. Am Papiercylinder sind auch noch zwei Lamellen ersichtlich, welche hauptsächlich zum Festhalten des Papierees bestimmt sind, oft aber auch eine Theilung tragen, welche dazu dient, den Dampfdruck, welchen das Diagramm angibt, messen zu können. Diese Theilung ist für jeden Indicator eine andere, da sie hauptsächlich von der Spannkraft der Indicatorfedern abhängig ist, welche nie vollkommen gleich sind, und wird stets empirisch ermittelt. Noch wären die kleinen Öffnungen im Deckel des Indicatorgehäuses zu erwähnen, welche den Ein- und Austritt der Luft gestatten, sowie die dritte kleine Bohrung des Hahnes *a*, welche in der in Fig. 14 gezeichneten Stellung dem im Raume *b* nach dem Gebrauche des Indicators vielleicht noch vorhandenen Dampfe einen Ausweg in die Atmosphäre bietet. — Der Richard'sche Indicator hat vor dem Mac Naught'schen den Vorzug, dass die Feder viel kleiner sein kann, was den Vortheil bietet, dass die Federkraft sich besser erhält und somit der Indicator längere Zeit und genauer functionirt.

Die Art und Weise, in welcher der Indicator an einer Dampfmaschine angebracht wird, zeigt Fig. 15, Taf. 7. Hier sehen wir bei einer horizontalen Maschine mit zurückgelegter Triebstange ein doppeltes Knierohr *d d*, welches durch die beiden Deckel des Dampfzylinders in die schädlichen Räume desselben reicht. In der Mitte dieses Rohres ist ein Zwischenstück eingeschaltet, das einen Hahn sowie die Verschraubung für den Indicatorhahn enthält, auf welchem dann der Indicator sitzt. Wir sehen ferner auf der Geradföhrung des Kreuzkopfes einen kleinen Ständer angebracht, der bei *a* einen Zapfen besitzt, um welchen der Hebel *ab* schwingt, dessen Ende *b* mit dem Kreuzkopfe durch einen Arm fest verbunden und so die Bewegungen des Kreuzkopfes mitzumachen gezwungen ist. Von einem Punkte *c* dieses Hebels, dessen Weg entsprechend kleiner sein wird, als der von *b* zurückgelegte, geht eine Schnur zum Papiercylinder des Indicators und erzeugt die drehende Bewegung desselben, welche demnach ganz mit der des Dampfkolbens übereinstimmt. Der Hahn im Knierohre gestattet es, den Dampf von der einen oder anderen Seite des Dampfkolbens, beziehungsweise aus dem einen oder andern schädlichen Raume, zum Indicator gelangen zu lassen, und es wird somit ermöglicht, am selben Instrumente Diagramme von beiden Kolbenseiten zu erhalten. Bei sehr grossen Dampfzylindern wird diese

Rohrleitung jedoch sehr lang, und der Dampf verliert beim Durchstreichen derselben wegen Abkühlung an Spannung, wodurch auch der Kolben des Indicators in diesem Falle auf eine geringere Höhe getrieben würde, als der wirklichen Dampfspannung im Cylinder entspricht. Um den hieraus entstehenden Fehler bei der Berechnung der indicirten Leistung zu umgehen, wendet man bei solchen Dampfmaschinen oft zwei Indicatoren an, von denen dann jeder durch ein möglichst kurzes Rohr mit dem betreffenden Cylinderende in Verbindung steht.

Beim Gebrauche des Indicators wird in folgender Weise vorgegangen:

Man versichert sich zuerst, dass die Schnur, welche den Papiercylinder bewegt, stets gespannt ist, dass nämlich der Cylinder nie ganz zu seinem Ruhepunkte zurückkehrt, da sonst ein fehlerhaftes Diagramm entstehen würde; auch darf die Bewegung der Schnur selbst keine zu grosse sein, sondern nur etwa drei Viertel des Papiercylinderumfanges betragen, indem bei einer grösseren Bewegung die Feder, welche den Cylinder in seine Ruhelage zurückführt, leicht gebrochen werden könnte. Der Hahn, welcher den Zutritt des Dampfes zum Indicator vermittelt, hat dann geschlossen und der Indicatorhahn so gestellt zu werden, dass die Luft unter den kleinen Dampfkolben gelangen kann. Auf dem sich bewegenden Cylinder wird ein Blatt Papier mittelst der darauf befindlichen Lamellen so aufgespannt, dass es vollkommen glatt anliegt; in den meisten Fällen wird ein eigens zu diesem Zwecke präparirtes Papier verwendet, welches die Eigenschaft besitzt, dass ein Metallstift auf demselben zu schreiben vermag. Ist dies alles geschehen, so nähert man den Schreibstift vorsichtig dem Papiere, bis er selbes berührt; während der Papiercylinder durch die Schnur unter der Spitze des Stiftes hin- und herbewegt wird, beschreibt letzterer auf dem Papiere eine gerade Linie, welche dem unter dem Indicatorkolben wirksamen atmosphärischen Drucke entspricht und deshalb auch die atmosphärische Linie genannt wird. Von dieser Linie aus werden die Dampfdrucke gemessen, welche fallweise auf den Indicatorkolben wirken. — Nun wird der Stift wieder entfernt, und man setzt durch den Hahn der Rohrleitung eine Seite des Dampfzylinders mit dem Indicator in Verbindung; dann öffnet man den Indicatorhahn so, dass der Dampf aus dem Cylinder zum Indicatorkolben gelangen kann, wodurch eine Bewegung des letzteren hervorgebracht wird, die sich durch die Kolbenstange auf den Schreibstift überträgt. Wenn nun der Stift

wieder dem hin- und hergehenden Papiercylinder genähert wird, so beschreibt er eine geschlossene Curve, deren einzelne Ordinaten den im Dampfzylinder herrschenden Spannungen entsprechen. Will man nun auch noch von der anderen Kolbenseite ein Diagramm erhalten, so braucht man nur den Hahn in der Rohrleitung entsprechend zu verstellen und den Schreibstift wie früher mit dem Papiere in Berührung zu bringen. Hat der Stift beide Diagramme verzeichnet, so wird sowol der Hahn in der Rohrleitung als auch der Indicatorhahn geschlossen und das Papier vom Cylinder abgezogen. — Gleichzeitig mit der Abnahme der Indicator-Diagramme muss auch die Umdrehungszahl der betreffenden Dampfmaschine beobachtet werden, was entweder durch einen eigenen Tourenzähler oder mittelst einer guten Secundenuhr erfolgen kann.

3. Das Indicator-Diagramm.

Die geschlossene Curve in der Figur 16, Taf. 7 stellt ein auf die früher beschriebene Weise gewonnenes Indicator-Diagramm einer Maschine ohne Condensation dar, bei welcher die Steuerung vollkommen gut functionirt und der Vorderdampf in die Atmosphäre ausströmt.

Die Gerade AB ist die atmosphärische Linie. Würde im Cylinder durch die Dauer eines Hubes absolutes Vacuum bestanden haben, so wäre die Indicatorfeder und mit ihr der Stift herabgegangen, und letzterer hätte dabei die zur AB parallele Gerade 00 beschrieben, welche die Linie des absoluten Vacuums genannt wird.

Am Beginne des Kolbenhubes wird der Indicatorstift bis C in die Höhe getrieben; der Abstand des Punktes C von der Linie 00 ist daher das Mass der Dampfspannung, welche im Dampfzylinder im todtten Punkte herrschte, während der Abstand des Punktes C von AB den Überdruck für diese Kolbenstellung vorstellt. Mittelst des dem Indicator beigegebenen Masstabes, welcher in der Figur durch die zu AB senkrecht stehende Gerade NMP dargestellt erscheint, kann die Grösse dieser Spannung sowol für diese als die folgenden Kolbenstellungen ermittelt werden.

Während eines Theiles des Kolbenhubes strömt frischer Dampf in den Cylinder, und zwar, wenn nur ein Schieber vorausgesetzt wird, bis die durch die äussere Deckung bewirkte fixe Expansion eintritt; im Diagramm beschreibt der Stift während dieser Einströmungsperiode die Linie CD , welche, wenn die Hinterdampf-

spannung constant bleibt, parallel zur AB sein muss. Bei diesem Theile des Kolbenhubes herrscht also jene absolute Spannung, welche durch die Länge NP gemessen wird und welche die Admissionsspannung im Cylinder (auch Spannung während der Volldruckperiode) genannt wird.

Sobald der Schieber den Dampfzufluss zum Cylinder absperrt, beginnt der Hinterdampf mit seiner Expansivkraft zu wirken und treibt den Kolben unter den bekannten Verhältnissen bis an das Hubende; dabei nimmt die Hinterdampfspannung (wenigstens sehr annähernd) nach dem Mariotte'schen Gesetze ab, und wird der Indicatorstift während dieses Theiles des Kolbenhubes sich immer mehr der atmosphärischen Linie nähern, wie dies in der Figur 16 durch die Linie DE characterisirt erscheint. Der Abstand des Punktes E von der Linie des absoluten Vacuums stellt die Spannung des Hinterdampfes am Ende der Expansionsperiode dar.

Am Ende des Kolbenhubes strömt der Hinterdampf in die Atmosphäre aus, und wird der Stift des Indicators deshalb sich noch mehr der atmosphärischen Linie nähern, aber nie mit ihr zusammenfallen, weil bekanntlich der Gegendruck der in diesem Momente sich dem auf der Kolbengegenseite neueinströmenden Hinterdampfe entgegenstellt; stets den Atmosphärendruck etwas übersteigt. Der Stift sinkt also deshalb etwa bis zum Punkte F und beschreibt während des Kolbenrückganges die Linie FG . Der Abstand der Linie FG von der Linie des absoluten Vacuums stellt die Spannung des nunmehr ausströmenden Dampfes dar (absolute Spannung während der Ausströmungsperiode).

Gegen Ende des Kolbenhubes, wo die Ausströmung abgesperrt wird, tritt die Comprimirung des ausströmenden Dampfes ein (Compressionsperiode), wobei seine Spannung steigt. Darauf wird der Dampfeinströmungskanal wieder eröffnet, der frische Kesseldampf tritt mit seiner vollen Spannkraft in den Cylinder ein und treibt den Indicatorkolben wieder bis C hinauf, wobei der Stift die gleiche Curve wie früher beschreibt, wenn anderseits der Indicatorhahn geöffnet gehalten wird. — Da die Dampfspannung während der Compressionsperiode steigt, so hebt sich auch der Indicatorstift gegen Ende des Kolbenhubes, und ist dies in der Figur durch die kleine Abrundung des Diagrammes bei G ersichtlich gemacht.

Fig. 17, Taf. 7 stellt ein Indicator-Diagramm einer Maschine mit Condensation und tadelloser Steuerung vor. Es zeigt sich hier von C bis D , während der Volldruckperiode, die Spannung des

Dampfes NP ; bei D beginnt die Expansion, bei E die Ausströmung. Da im Condensator ein luftverdünnter Raum vorhanden ist, so fällt der Dampfdruck unter den der Atmosphäre; die Spannung OP behält der Dampf bei, bis wieder die Compression und die Dampfeinströmung bei G beginnt.

Die punktirte Linie $C_1D_1E_1 GFC_1$ zeigt ein von der anderen Kolbenseite auf demselben Papiere aufgenommenes Diagramm.

Je nachdem sich der Füllungsgrad im Dampfzylinder ändert, wird auch im Diagramme die Linie CD länger oder kürzer sein, und sind beispielsweise in der Fig. 18 die Diagramme einer und derselben Maschine für constante Volldruckspannung und constantes Vacuum, aber für verschiedene Füllungsgrade vorgeführt. Würde der Cylinder ganz mit frischem Kesseldampf gefüllt, die Dampfeinströmung also erst am Ende des Kolbenhubes unterbrochen, so würde das Diagramm ein beinahe vollkommenes Rechteck bilden. Für eine Dampfeinströmung, die durch $\frac{7}{8}$ des Kolbenhubes währt, würde man für die Volldruck- und Expansionsperiode die Linie CL_7D_7 erhalten; für $\frac{6}{8}$ oder $\frac{3}{4}$ Füllung die Linie CL_6D_6 ; für $\frac{5}{8}$ die CL_5D_5 u. s. w., bis z. B. bei $\frac{1}{8}$ Füllung die Linie CL_1D_1 erscheinen würde.

Bei den bisher besprochenen Diagrammen ist immer vorausgesetzt worden, dass die Steuerung vollkommen fehlerfrei sei und tadellos arbeite; in Wirklichkeit ist dies jedoch selten, bei Schiebersteuerungen nie der Fall. Da der Dampfeinströmungskanal nicht plötzlich, sondern nur allmähig geöffnet werden kann, so entsteht eine Drosselung des einströmenden Dampfes, welche das Sinken der Spannung desselben hervorbringt und dadurch im Diagramme bei D eine Abrundung erzeugt; auch die beabsichtigte Dampfabspernung erfolgt nicht immer im richtigen Momente, was verschiedenen unausweichlichen Einflüssen (der endlichen Länge der Trieb- und der Excenterstange) zuzuschreiben ist, weshalb man statt der eigentlichen Expansioncurve DE (in Fig. 19) entweder die Linie m für eine durch obige Einflüsse bewirkte kleinere, oder die Linie n für eine auf dieselbe Weise entstandene grössere Füllung erhalten wird.

Der Condensator wird auch nicht immer das richtige Vacuum herzustellen im Stande sein, welcher Umstand von der Menge und Temperatur des Injections- oder Kühlwassers, von der Dichtheit des Luftpumpenkolbens und der im Condensator angebrachten Ventile abhängig ist, und man wird bei geringerem Vacuum statt der Linie FG etwa die punktirte kl erhalten.

Das Indicator-Diagramm zeigt ausserdem noch andere Fehler der Steuerung an. So wird das in Fig. 20, Taf. 7 gezeichnete normale Diagramm seine Form ändern müssen, wenn die Compression und Einströmung des Dampfes zu früh erfolgt; in diesem Falle wird beiläufig die Linie *ab* seine Begrenzung sein. Dem umgekehrten Falle, wenn nämlich die Compression zu spät eintritt und auch der Dampf-einströmungskanal zu spät eröffnet wird, entspricht die Linie *cd*; die Mängel der Steuerung liegen in beiden Fällen entweder in der unrichtigen Wahl der inneren Überdeckung und des linearen Voreilens oder aber in dem zu grossen oder zu kleinen Voreilungswinkel, unter welchem das Excenter gegen die Kurbel aufgekeilt ist.

Bei einer sehr geringen Cylinderfüllung, also bei sehr hoher Expansion des Dampfes, ist es möglich, dass die Dampfspannung im Cylinder geringer wird, als die im Condensator; in einem solchen Falle wird das Diagramm eine Schleife bilden müssen, wie die vollgezogene Curve in Fig. 21 zeigt. Man sagt dann, dass die Expansion zu weit getrieben wurde.

Das zweite (punktirte) Diagramm derselben Figur entspricht dem Falle, in welchem der Dampfschieber nicht ganz dicht auf dem Schieberspiegel gleitet, vielmehr uneben ist und an einer gewissen Stelle des Hubes nach bereits erfolgter Dampfabspernung neuerdings Dampf in den Cylinder gelangen lässt; diesem Übelstande entspricht die Welle in der Expansionscurve der Fig. 21.

4. Bestimmung der indicirten Leistung einer Dampfmaschine.

Das Indicator-Diagramm dient zur Berechnung der Leistung einer Dampfmaschine, indem man aus demselben den mittleren Druck des Dampfes auf den Kolben zu bestimmen im Stande ist. Man geht dabei in folgender Weise vor:

Man theilt das Diagramm in eine beliebige Anzahl (gewöhnlich zehn) gleicher Theile, zieht durch die Theilungspunkte Senkrechte zur atmosphärischen Linie und misst in den so entstandenen Trapezen oder Rechtecken (je in der Mitte) den Dampfdruck von der atmosphärischen Linie aus. (Effective Spannung des Hinterdampfes.) — Bei einer Maschine ohne Condensation wird man von dem so abgelesenen Dampfdrucke *MN* (Fig. 16, Taf. 7) die Spannung des ausströmenden Dampfes *OM* (effective Spannung des Vorderdampfes) subtrahiren müssen, weil diese letztere der ersteren entgegenwirkt, um den fallweisen, die Bewegung des Kolbens erzeugenden Druck zu

finden. Bei einer Condensationsmaschine (Fig. 17, Taf. 7) misst man in der Mitte der einzelnen Felder je den (effectiven) Druck MN und addirt dazu den Druck OM . Dies ist eigentlich dasselbe, als wenn man die Differenz der absoluten Drucke ($NP - OP$) gebildet hätte.

Der Masstab, mit dem die Spannungen hiebei gemessen werden, ist so wie der in Fig. 18 gezeichnete eingetheilt, und hat bei seinem Gebrauche der Nullpunkt stets in die atmosphärische Linie zu liegen zu kommen, von wo aus dann die Spannungen nach auf- und abwärts abgelesen werden.

Addirt man nun die in den einzelnen (zehn) Feldern abgelesenen Dampfdrucke und dividirt die erhaltene Summe durch ihre Anzahl (zehn), so erhält man offenbar den mittleren Dampfüberdruck, der während eines Kolbenhubes auf den Kolben wirkte. (Differenz der Hinter- und der Vorderdampfspannung.) In gleicher Weise verfährt man mit dem von der anderen Kolbenseite erhaltenen Diagramme, nimmt sodann das Mittel der beiden gefundenen mittleren Dampfdrucke und erhält so den mittleren Druck auf den Kolben während der Dauer einer Umdrehung der Maschinenwelle.

Bezeichnet man die Grösse der Kolbenfläche der Dampfmaschine, deren Leistung L mittelst des Indicators bestimmt werden sollte, mit F und die Kolbengeschwindigkeit derselben in einer Secunde mit V , endlich mit p den aus dem Diagramme gefundenen mittleren Druck (während der Dauer einer Umdrehung), so ist, wenn F in Quadratcentimeter, V in Meter und p in Kilogramm pro $\square \frac{1}{m}$ ausgedrückt wurde, die Leistung L

$$L = F \cdot p \cdot V \text{ (in } \frac{kg^m}{s} \text{)}. \text{ (Siehe Seite 272, 273 des ersten Bandes.)}$$

Die Kolbengeschwindigkeit V ist dabei, wenn s die Länge eines Kolbenshubes in Meter und n die Zahl der Umdrehungen ausdrückt, welche die Welle dieser Maschine in einer Minute zurücklegte,

$$V = \frac{2sn}{60} = \frac{sn}{30}.$$

Hienach ist $L = \frac{F \cdot p \cdot s \cdot n}{30} \frac{kg^m}{m}$ oder

$$\frac{L}{75} = N_i = \frac{F \cdot p \cdot s \cdot n}{30 \cdot 75} = \frac{F \cdot p \cdot s \cdot n}{2250} \text{ die Anzahl der indicirten}$$

Pferdekräfte (à $75 \frac{kg^m}{s}$), welche diese Maschine auf den Kolben abgab.

Wäre F in engl. Quadratzollen, p in engl. Pfunden (pro 1 □“ engl.) und s in engl. Fussen ausgedrückt, so ist die Leistung in engl. Fusspfunden

$$L = \frac{F \cdot p \cdot s \cdot n}{30} \text{ und } \frac{L}{550} = N_i = \frac{F \cdot p \cdot s \cdot n}{16500} \text{ Pferdekrafte.}$$

Von dieser Leistung wird jedoch, wie bekannt ist, nur ein Theil auf die Welle nutzbar übertragen, und nennt man das Verhältniss der effectiven zur indicirten Leistung den Wirkungsgrad der Maschine.

Zu den Verlusten, welche durch die Reibung und durch sonstige Widerstände der Maschinentheile verursacht werden, gesellt sich noch der durch das Vorhandensein des schädlichen Raumes veranlasste. Der schädliche Raum beträgt bis $\frac{1}{20}$ des Cylinderinhaltes (oft sogar darüber), und wird der Dampf in demselben bei Volldruckmaschinen ohne alle Wirkung bleiben und ganz verloren gehen, während er bei Expansionsmaschinen mit dem übrigen Dampfe expandirt und so nur einen Theil der in ihm enthaltenen Arbeitsmenge abgibt. (Nachexpansion.)

Andere Verluste treten auf, wenn der Dampfkolben nicht dicht an die Cylinderwandungen anschliesst, so dass der Hinterdampf durch die entstehenden Zwischenräume auf die andere Kolbenseite, und somit ohne Arbeit abzugeben, in die freie Luft oder den Condensator entweicht

Das Undichtsein des Dampfschiebers wirkt insofern nachtheilig, als dadurch ein Theil des Dampfes direct in den Ausströmungskanal entweicht und ein anderer Theil während des Expandirens in den Cylinder einströmen kann.

Schliesslich entstehen noch Verluste durch das aus dem Dampfkessel in den Cylinder mitgerissene Wasser, sowie durch Abkühlung des Dampfes an den Wandungen des Schieberkastens und Cylinders. — Auch sind die Verluste durch Stösse zu beachten, indem diese einen Verlust an lebendiger Kraft im Gefolge haben und auch oft Ursache von Vibrationen sind, welche sich durch die ganze Maschine bis in das Fundament derselben fortsetzen. Durch die Stösse und Vibrationen wird überdies nicht nur an Kraft verloren, sondern es ergeben sich durch selbe vielmehr noch üblere Folgen; so werden durch sie sämtliche Verbindungen der Maschine gelockert, die Reibungswiderstände und mit diesen auch die Abnützungen der einzelnen Theile vergrössert, somit das Zugrundegehen der Maschine selbst beschleunigt.

Um einen Anhaltspunkt zum Vergleiche mehrerer Dampfmaschinenanlagen zu haben, bezieht man deren effective oder deren indicirte Leistungen gewöhnlich auf den stündlichen Kohlenverbrauch derselben, da jene dieser Anlagen die am meisten ökonomische sein muss, bei welcher man mit dem geringsten stündlichen Kohlenverbrauche eine effective oder eine indicirte Pferdekraft erzielte. Selbstverständlich wird dieser Vergleich nur dann als ein massgebender angesehen werden können, wenn bei allen verglichenen Maschinen dieselbe Kohlengattung gebraucht wurde oder überhaupt der relative Heizwerth der zur Verwendung gekommenen Kohlengattungen bekannt ist.

V. Über den Bewegungszustand der Dampfmaschinen.

Während des Ganges einer Dampfmaschine kann man drei von einander verschiedene Perioden unterscheiden, u. z.:

- 1.) die Anlaufperiode,
- 2.) die Periode des Fortlaufes oder den Beharrungszustand und
- 3.) die Periode des Endlaufes.

Die Anlaufperiode umfasst diejenigen Bewegungszustände, welche vom Beginne der Bewegung bis zum Eintritte einer gleichförmig fortdauernden Bewegung statthaben. Die Bewegung einer Maschine beginnt erst dann, wenn der Dampfdruck auf den Kolben gleich geworden ist dem auf den Kolben reducirten Widerstand, und wird während des Anlaufes der Druck des Dampfes immer grösser sein müssen, als der auf den Kolben reducirte Gesamtwiderstand, bis zu Ende dieser Periode ein Gleichgewichtszustand eintreten wird. Wegen des anfänglich vorhandenen Kraftüberschusses wird die Bewegung in dieser Periode mit allmähig wachsender Geschwindigkeit, und zwar bis zum Schlusse derselben, erfolgen, wo dann eine gleichförmige Bewegung eintritt, die während der ganzen zweiten Periode andauert.

Unter dem Beharrungszustand einer Maschine versteht man jenen Abschnitt ihres Laufes, während welchem dieselbe ihre regelmässige Arbeit verrichtet und den am Ende der ersten Periode erlangten Bewegungszustand unveränderlich beibehält. Man unterscheidet drei Arten des Beharrungszustandes, u. z.: den gleichförmigen, den periodisch veränderlichen und den unregelmässig veränderlichen.

Gleichförmig ist der Beharrungszustand, wenn der Dampf stets mit unveränderlicher Intensität wirkt und auch die der Bewegung entgegenwirkenden Widerstände immer dieselbe Grösse beibehalten.

Periodisch veränderlich ist der Beharrungszustand einer Maschine, wenn dieselbe eine gewisse Reihe von verschiedenen Bewegungszuständen durchläuft und sodann wieder in jenen Bewegungszustand zurückkehrt, in welchem sie sich anfänglich befunden hat, um dann neuerdings eine der vorigen gleiche Reihe von Bewegungszuständen durchzumachen. Diese in gleichen Zeiten wiederkehrenden Veränderungen haben ihren Grund entweder in der periodisch wechselnden Intensität der auf die Maschine wirkenden Kraft oder in der periodischen Veränderlichkeit der Widerstände. Die Ungleichförmigkeiten werden bei einem schnelleren Gange nicht so merkbar

sein, wie bei einem langsamen; es wird also durch den ersteren im Allgemeinen eine grössere Gleichförmigkeit der Bewegung erzielt werden können. Durch die bei einzelnen Bewegungszuständen überschüssige Kraft wird sich in den bewegten Massen der Maschine lebendige Kraft ansammeln, welche dann, wenn die Widerstände überwiegend werden, zur Beschleunigung der Bewegung verwendet wird. Die bewegten Massen reguliren also die Bewegung, u. z. um so mehr, je grösser sie sind; es hängt also bei einer solchen Maschine der Grad der Gleichförmigkeit ihrer Bewegung von der in den bewegten Massen enthaltenen lebendigen Kraft oder, was dasselbe ist, von der Grösse der Schwungmassen ab.

Unregelmässig veränderlich nennt man den Beharrungszustand, wenn die Geschwindigkeit während der Bewegung unregelmässig wächst und abnimmt, was seinen Grund in der regellosen Veränderung der bewegenden Kraft oder des Widerstandes, sowie auch in dem Eintreten von Stössen haben kann. Die Geschwindigkeitsänderungen hängen auch hier vorzugsweise von der Grösse der bewegten Massen ab, und kann durch eine entsprechende Grösse derselben erreicht werden, dass obige Änderungen des Ganges innerhalb gewisser Grenzen bleiben und somit eine etwas gleichförmigere Bewegung erzielt wird. Die in den Massen enthaltene lebendige Kraft kann gewissermassen als ein künstlicher Motor betrachtet werden, der den natürlichen Motor in seiner Thätigkeit, die Widerstände zu überwinden, fallweise unterstützt.

Die Periode des Endlaufes ist diejenige, bei deren Beginn der Dampf auf die Maschine zu wirken aufhört, wobei selbe aus dem Fortlaufe nach und nach in den Zustand der Ruhe übergeht; die Geschwindigkeit nimmt also dabei fortwährend ab und dies so lange, bis die noch in den Massen vorhandene lebendige Kraft durch die Überwindung der Widerstände aufgezehrt ist; von diesem Momente an beginnt der Ruhezustand der Maschine.

Die wichtigste unter diesen drei beschriebenen Perioden ist selbstverständlich die des Beharrungszustandes. Bei unseren Dampfmaschinen tritt stets der unregelmässig veränderliche Beharrungszustand ein, wie dies bei Betrachtung der Bewegung einer Expansionsmaschine sogleich erkannt werden wird. — Beim Beginne der Kolbenbewegung tritt der Dampf mit seiner vollen Spannung ein; er wird also eine gewisse Arbeit auf den Kolben abgeben, die jedenfalls grösser ist, als die während der Expansionsperiode abgegebene. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jedem Kolbenhub, bei jeder Um-

drehung der Maschine, und würde demnach eigentlich ein periodisch veränderlicher Beharrungszustand eintreten, wenn nicht die Dampfspannung im Kessel selbst Veränderungen unterworfen wäre. Aber auch die Widerstände sind veränderlich, was sogleich ersichtlich ist, wenn man sich z. B. eine Maschine denkt, die in einer Werkstätte eine Anzahl Werkzeugmaschinen treibt. Der Widerstand einer jeden dieser Werkzeugmaschinen ist veränderlich und abhängig von der Art und Weise, wie diese ihre Arbeiten vollziehen; so wird z. B. eine Hobelmaschine bei ihrer hin- und hergehenden Bewegung nur während des Ganges in einem Sinne ihre Arbeit verrichten.

Es wird also, um eine möglichst gleichförmige Bewegung der Dampfmaschinen zu erzielen, stets nothwendig sein, die bewegten Massen gross zu wählen, und zwar um so grösser, je veränderlicher die Kraft und je veränderlicher die Widerstände sind. Da es nun nicht gut möglich ist, die sich bewegenden Theile einer Maschine gar zu schwer zu machen, so hat man ein anderes Mittel gefunden, welches einen beliebigen Gleichförmigkeitsgrad hervorzubringen gestattet. Dieses Mittel ist das Schwungrad. Dasselbe besteht aus einem auf der Kurbelwelle befestigten Rade, dessen Hauptgewicht in den Kranz (Schwungring) verlegt ist, welcher einen möglichst grossen, den Maschinenverhältnissen entsprechenden Durchmesser erhält. Der grosse Durchmesser des Schwungrades hat verschiedene Vortheile; so kann für denselben Gleichförmigkeitsgrad das Schwungrad viel leichter werden, weil ja die lebendige Kraft mit dem Quadrate der Geschwindigkeit des Schwungradgewichtes, und diese Geschwindigkeit bei gleicher Umdrehungszahl der Welle mit der Grösse des Durchmessers wächst.

Während des Anlaufes der Maschine wird sich lebendige Kraft im Schwungrade ansammeln, die beim Beginne des Beharrungszustandes ihre normale Grösse erreicht. Wenn sich nun der Dampfkolben den todten Punkten nähert, die Maschinenkraft (der mittlere Druck) also geringer wird, gibt das Schwungrad einen Theil seiner aufgespeicherten Arbeit an die Welle ab; ebenso nimmt es neue Arbeit von der Maschine auf, wenn Kraft im Überschusse vorhanden ist.

Für denselben Gleichförmigkeitsgrad wird bei einer Maschine das Schwungrad um so grösser werden müssen, je bedeutender der Unterschied zwischen den einzelnen Intensitäten der Kraft sowie zwischen jenen des Widerstandes ist; es wird also z. B. bei einer

Maschine mit hoher Expansion das Schwunradgewicht grösser sein müssen, als bei einer Maschine, welche mit grösserer Füllung arbeitet.

Bei Zwillingsdampfmaschinen, bei denen die Kurbelwelle durch zwei Kurbeln so getrieben wird, dass die eine die vortheilhafteste Stellung einnimmt, während sich die andere in der ungünstigsten befindet, kann das Gewicht des Schwungrades bedeutend vermindert, in manchen Fällen das Schwunrad sogar ganz entbehrt werden, wie z. B. bei Schiffsmaschinen, Locomotiven u. s. w.

Das Schwunrad wird, wenn auch seine Grösse noch so bedeutend ist, doch nie im Stande sein, die Unregelmässigkeiten der Bewegung so weit auszugleichen, dass dieselbe vollkommen gleichförmig wird, und muss man das Gewicht eines Schwungrades je nach dem nothwendigen Gleichförmigkeitsgrad bestimmen, der z. B. bei Maschinen, die zum Betriebe von Maschinenfabriken, Mühlen u. s. w. dienen, ein geringerer zu sein braucht, als bei jenen Maschinen, welche Spinnereien betreiben, wo ein hoher Gleichförmigkeitsgrad gefordert wird. Die verhältnissmässig grössten und schwersten Schwunräder jedoch findet man bei jenen Maschinen, die sehr veränderliche Widerstände zu überwinden haben, wie dies z. B. bei den zum Betriebe der Walzwerke nöthigen Dampfmaschinen der Fall ist.

J. U.

Vierter Abschnitt.

Beschreibung von Schiffsmaschinenbestandtheilen.

I. Garnituren der Dampfcylinder.

1. Stopfbüchsen.

Fig. 12, Taf. 9 stellt eine Stopfbüchse für Kolbenstangen vor. Die Abdichtung der hin- und hergehenden Stange erfolgt, früher beschriebenen Constructionen analog, durch einen Dichtungsring, der durch eine Holländermutter gegen die Packung gedrückt wird. Eigenthümlich ist die an der Stopfbüchsenbrille angebrachte Schmiervorrichtung. Die Stopfbüchsenbrille ist nämlich ringförmig ausgedreht und liegt nur an zwei schmalen Ringflächen unmittelbar auf der abzudichtenden Stange an; der durch das Ausdrehen der Brille gebildete Hohlraum nimmt das Schmiermaterial (hier Unschlitt oder Mineralöl) auf, welches aus einem gefässartig geformten Angusse der Brille durch Saugdochte in denselben gelangt. Das Schmiermaterial wird durch die hin- und hergehende Bewegung der Stange auch auf die Packung übertragen, wodurch die Abnützung letzterer, wie auch der Stange selbst, bedeutend verringert wird. Um ein Abfließen des Schmiermaterials nach aussen hintanzuhalten, besitzt die Stopfbüchsenbrille an ihrem Ende eine ringförmige Aussparung, in welche sich der kleine, von einer Holländermutter gegen die in letzterer Aussparung befindliche Packung gedrückte Dichtungsring legt. — Um ein selbstthätiges und ungewünschtes Zurückgehen der beiden Holländermuttern zu verhindern, sind an geeigneten Stellen der zugehörigen Stopfbüchsen Fallen angebracht, die sich in Nuten der

aussen cylindrisch abgedrehten Muttern einlegen. Beim Nachziehen der Muttern werden diese Fallen selbstverständlich ausgelöst, und erfolgt das Nachziehen selbst durch eigene Schlüssel, die dem Umfange der Holländermuttern entsprechend halbkreisförmig abgebogen sind und am Ende einen Zapfen besitzen, der sich in die für die Falle bestimmte Nut der Holländermuttern einlegt. Um beim Nachziehen der Holländermutter eine vollkommen gleichmässige Verschiebung des Dichtungsringes zu erreichen, um dessen Verdrehung oder Spiessung sowie ein Verschütten des in der Schmiervase befindlichen Schmiermaterials zu verhindern, wird der Dichtungsring an einem im Stopfbüchsentopfe eingeschraubten Bolzen gerade geführt.

Die in Fig. 13, Taf. 9 dargestellte Stopfbüchsenconstruction wird bei verticaler Lage der abzudichtenden Stange angewendet. Die Stopfbüchse besitzt auch hier einen Dichtungsring, der gegen die im Stopfbüchsentopfe befindliche Packung vermittelt einer Holländermutter gedrückt wird. — Letztere besitzt einen schalenförmig gestalteten Anguss, der das Schmiermaterial aufnimmt, welches durch (aus der Figur ersichtliche) Öffnungen der Holländermutter und des Dichtungsringes zu der abzudichtenden Stange gelangt. Das Abfliessen des Schmiermaterials wird in einer ähnlichen Weise verhindert wie im vorbesprochenen Falle.

Fig. 14, Taf. 20 stellt eine Stopfbüchsenconstruction vor, die bei grossen Durchmessern der abzudichtenden Stangen angewendet wird, wenn ein vollkommen gleichmässiges Anziehen der Stopfbüchsenbrille erwünscht ist. Die Construction ist principiell dieselbe, wie die in Fig. 9, Taf. 9 dargestellte. Das gleichzeitige Anziehen der beiden auf die Brille drückenden Muttern erfolgt in der Art, dass selbe zu kleinen Schneckenrädchen umgeformt sind und beide Rädchen durch Drehung der an der Brille gelagerten Schnecke gleichzeitig bethätigt werden. — Das Schmiermaterial gelangt aus einer höher gelegenen Schmiervase durch ein Röhrchen zu einem (in der Figur ersichtlichen) Schmierring, der einen doppelt T-förmigen Querschnitt besitzt und in einer ringförmigen Aussparung der Brille liegt. Derselbe ist oben an einer Stelle durchbrochen und lässt das Schmiermaterial zur abzudichtenden Stange treten. Ein Abfliessen des Schmiermaterials wird dadurch verhindert, dass man gegen den Schmierring durch einen kleinen, mit viereckiger Flantsche versehenen Ring eine Dichtung andrückt; dieser Ring ist durch vier Schrauben an der Stopfbüchsenbrille befestigt.

2. Schmiervorrichtungen.

Obwol der Wasserdampf durch seine theilweise Verdichtung zu Wasser die arbeitenden Flächen des Dampfkolbens und Cylinders sowie auch die der Schieber einigermassen schmiert, so erfolgt dies doch in unzureichender Weise, und es werden, um die Abnützungen und Reibungsverluste möglichst gering zu gestalten, die arbeitenden Flächen mit Fetten (Unschlitt oder Mineralöl) geschmiert, oder auch ausserdem dem einströmenden Dampfe solche Schmiermittel zugeführt. Letzteres erfolgt durch eigens geformte Behälter, Lubricatoren genannt, die man am Dampfzuleitungsrohre der Maschine, nahe bei seiner Mündung, in den Schieberkasten, oder in der in Fig. 3, Taf. 12 ersichtlichen Weise an den Schiebergehäusen selbst befestiget.

Fig. 22, Taf. 9 stellt einen solchen Lubricator vor. Derselbe besteht aus einem Gefässe aus Bronze, dessen Deckel im Gehäuse entweder verschraubt ist oder (wie in Fig. 3, Taf. 12) durch einen Bügel gehalten wird. Das Gehäuse besitzt eine Verschraubung, mittelst der es an geeigneter Stelle des Schieberkastens befestiget wird. Durch die in der Verschraubung befindliche Bohrung gelangt der Dampf in das Innere des Gehäuses und bewirkt das Abfliessen des Schmiermaterials. Der Zutritt des Dampfes kann durch entsprechende Stellung des in einem Angusse des Lubricator-Gehäuses befindlichen Drehschiebers abgesperrt werden.

In Fig. 3, Taf. 12 ist die Aufstellungsweise eines solchen Apparates versinnlicht. Derselbe ist auf dem Schiebergehäuse eines Dampfzylinders befestiget und steht mit einem in diesem Gehäuse befindlichen Drosselventile in Verbindung. Das Gehäuse des Drosselventils communicirt hier durch eine seitliche Öffnung mit dem Dampfzuleitungsrohre. Das Einströmen des Dampfes in das Schiebergehäuse kann hier durch die beiden Ventile geregelt werden, welche an einer gemeinsamen Spindel befestiget sind (Doppelsitzventil) und durch eine kleine Transmission von Kegelrädchen (*b*) vom Standplatze des Maschinisten aus von ihren Sitzen abgehoben oder an selbe angedrückt werden können. Im letzteren Falle ist die Dampf einströmung in die Schiebergehäuse abgeschlossen, im ersteren hingegen geöffnet, und es strömt der Dampf durch das in der Seitenansicht der Figur angedeutete Verbindungsrohr auch zum Schiebergehäuse des nebenliegenden zweiten Dampfzylinders. Dabei wird das im Lubricator enthaltene Schmiermaterial durch den überströmenden Dampf mechanisch

mitgerissen. Es ist selbstverständlich, dass der Lubricator beim Füllen gegen den Dampfzutritt geschlossen gehalten werden muss.

Werden unter Dampfdruck arbeitende Flächen geschmiert, so findet meist die in Fig. 21, Taf. 9 dargestellte Schmiervase Anwendung. Dieselbe ist zweitheilig, und bilden die beiden miteinander verschraubten Theile eine Hohlkugel. Der obere Theil der Schmiervase besitzt eine Füllschale und einen Hahn, der untere gleichfalls einen Hahn und eine Verschraubung, mittelst welcher er auf dem Dampfzylinder oder auf dem Schiebergehäuse befestigt wird. Beim Füllen der Vase muss selbstverständlich der untere Hahn geschlossen und der Dampf gehindert sein, in selbe treten zu können; um die Vase nach unten zu entleeren, muss der untere Hahn geöffnet, der obere aber geschlossen werden.

3. Vorrichtungen zum Entfernen des Condensationswassers aus den Dampfzylindern und deren Dampfmänteln.

Um die Dampfzylinder gegen Abkühlung ausreichend zu schützen und die theilweise Condensation während der Expansionsperiode möglichst hintanzuhalten, umgibt man selbe, wie bereits bekannt ist, sehr häufig mit einer von der eigentlichen Cylinderwand in geringem Abstände liegenden zweiten Wand (die mit dem Cylinder gegossen wird) und lässt in den zwischen diesen Wänden verbleibenden Raum frischen Kesseldampf eintreten. Man sagt dann, die Dampfzylinder wurden mit Dampfmänteln oder Dampfjacken versehen.

Um die Dampfzylinder oder deren Dampfmäntel vom Condensationswasser zu befreien, bringt man an einer tiefliegenden Stelle derselben eine Öffnung an, welche mittelst einer kleinen Rohrleitung mit einem noch tiefer situirten Condensationstopfe in Verbindung steht. — Derselbe besteht (Fig. 20, Taf. 9) aus einem gusseisernen Gehäuse, welches durch einen Deckel verschliessbar ist. Der in der Figur rechts gezeichnete, dem Deckel angegossene Stutzen steht durch vorerwähnte Rohrleitung mit dem schädlichen Raume des Dampfzylinders oder mit dem Cylindermantel in Verbindung und lässt den Dampf, sowie das wegen der tiefen Lage des Condensationstopfes demselben zufließende Condensationswasser, in das Innere des Gehäuses treten. Im Gehäuse befindet sich ein Topf aus Eisenblech, dessen Boden ein Gusstück trägt, welches in einen dem Deckel angegossenen Hohlzylinder reicht. Am oberen Ende dieses Gusstückes befindet sich ein kleines Doppelsitzventil, dessen Führung und Sitz-

flächen in dem in der Mitte des Deckels befindlichen Stutzen angebracht sind. — Im normalen Zustande ist der zwischen dem Guss-eisen- und dem Blechtopfe verbleibende ringförmige Zwischenraum so hoch mit Wasser gefüllt, dass der Blechtopf schwimmt, wobei das von demselben getragene Doppelsitzventil auf seinen Sitzflächen aufruhet, somit das Gehäuse oben geschlossen ist. Im Condensations-topfe herrscht dann dieselbe Dampfspannung wie im schädlichen Raume des Cylinders oder wie im Dampfmantel, und das Condensationswasser läuft ab und füllt den Zwischenraum zwischen dem Blechtopfe und dem Gehäuse allmählig ganz aus, bis das Wasser auch in den ersteren überläuft und denselben zu füllen beginnt. Dies währt so lange, bis sich der Blechtopf so weit mit Wasser gefüllt hat, dass er in Folge dessen zu sinken beginnt, wobei das Ventil die Öffnung des in der Mitte des Deckels befindlichen Stutzens öffnet. Der auf die Oberfläche des Wassers im Blechtopfe lastende Dampfdruck findet jetzt nur den Luftdruck als Widerstand und treibt somit das im Blechtopfe befindliche Wasser auf dem in der Figur durch Pfeile angedeutetem Wege durch den Mittelstutzen des Deckels ins Freie oder manchmal in den Condensator. In Folge dessen beginnt der Blechtopf wieder zu schwimmen und schliesst dabei das Gehäuse durch das Ventil ab, bis sich der beschriebene Vorgang durch neu zutretendes Condensationswasser wiederholt.

In den Dampfeylindern verdichtet sich der Dampf theilweise zu Wasser, und wird auch oft Kesselwasser in selbe mitgerissen, das bei der Bewegung des Kolbens Stösse gegen die Cylinderdeckel ausübt, welche ein Herausschlagen der letzteren zur Folge haben müssten, wenn nicht einer rechtzeitigen Entfernung des Condensationswassers Rechnung getragen würde. Man versieht aus diesem Grunde die Dampfeylinder mit Vorrichtungen, die solches gestatten, und sind dies entweder Hähne oder Rundventile, von denen erstere durch entsprechende Stellung von Hand aus, letztere aber selbstthätig wirkend ein Abfliessen des Condensationswassers ermöglichen (Wasserablasshähne und Sicherheitsventile).

Fig. 19, Taf. 9 stellt einen solchen Wasserablasshahn vor. Bei entsprechender Stellung des Hahnkegels gelangt das Condensationswasser zu einem Ventil, das sich durch den Dampfdruck nach aussen öffnet und das Condensationswasser ins Freie treten lässt, sich aber in Folge der Belastung durch die Spiralfeder sofort schliesst, sobald der Dampfdruck im Cylinder (durch Eintritt des Vacuums) fällt.

Ein Herausschlagen der Dampfzylinderböden oder der Deckel durch das Condensationswasser wird gewöhnlich ausserdem durch selbstthätig wirkende Ventile verhindert. Selbe sind Rundventile, welche durch im Cylinderboden oder Cylinderdeckel angebrachte Öffnungen mit dem Inneren des Cylinders communiciren und auf einer Seite von dem im Cylinder herrschenden Dampfdrucke, auf der anderen aber durch Spiralfedern belastet sind. Sammelt sich nun Condensationswasser in hinreichender Menge im schädlichen Raume des Cylinders an, so werden diese Ventile von ihren Sitzen abgehoben und das Condensationswasser gelangt ins Freie.

Fig. 15, Taf. 9 stellt ein Ventil dieser Art vor. Ein Gehäuse aus Gusseisen ist unmittelbar auf dem Cylinderdeckel durch Schrauben befestigt und steht durch eine rechteckige Öffnung desselben mit dem Inneren des Dampfzylinders in Verbindung. Auf dem Gehäuse ist eine starke Platte aus Bronze angeschraubt, die einen kurzen Hohlzylinder angegossen besitzt und in ihrer conischen Öffnung ein Ventil aufnimmt. Dieses Ventil besitzt gleichfalls einen cylindrischen Anguss, welcher über den früher erwähnten Hohlzylinder gebogen ist. Die das Ventil belastende Feder stützt sich mit ihrem oberen Ende an einen Quersteg, der durch zwei am Gehäuse befestigte kleine Säulen geführt und durch die auf selbe aufgeschraubten Muttern gehalten wird. Durch Niederschrauben dieses Steges kann der Feder die gewünschte Spannung verliehen werden. Die Ventilspindel ist im Querstege geführt, und ermöglicht der an ihrem Ende angebrachte Handgriff ein Drehen des Ventils auf seinem Sitze, falls Unreinigkeiten zwischen die Sitzflächen gekommen sein sollten, sowie auch ein leichteres Nachschleifen des Ventils. Die Ventilstange enthält gewöhnlich eine Warze oder einen Ring, durch welche der Hub des Ventiles so begrenzt wird, dass selbes sich nur um den vierten Theil des eigenen Durchmessers heben kann.

Fig. 16, Taf. 9 stellt ein ähnliches Ventil dar. Der Ventilsitz ist hier unmittelbar in der Öffnung eines Cylinderdeckels angebracht. Die Ventilspindel ist mit dem Ventile durch einen Splint verbunden und besitzt einen Ansatz, auf welchem eine Messinghülse ruht. Auf dem Cylinderdeckel ist ein cylindrisches, sich nach oben abrundendes Gehäuse aus Gusseisen durch Schrauben befestigt, in welches eine kurze Metallhülse verschraubt ist, die in ihrer Bohrung gleichfalls Gewinde besitzt und eine längere Hülse aus Metall aufnimmt. Letztere Hülse dient zur Führung der Ventilspindel und hält auch die Spiralfeder, welche auf die untere, die Ventilspindel umfassende Hülse

drückt, und hiedurch auch das Ventil nieder. Die obere Hülse der Ventilspindel besitzt am Ende einen sechseckigen Kopf und kann durch Drehen desselben mittelst eines Schraubenschlüssels im Gehäuse auf und nieder geschraubt werden, wodurch man die Spiralfeder nach Bedarf anzuspannen in der Lage ist.

Fig. 17, Taf. 9 stellt ein Cylinder-Sicherheitsventil vor, welches so beschaffen ist, dass selbes auch von Hand gelüftet werden kann. Die Ventilspindel ist mit dem Ventile auf dieselbe Art verbunden wie im früheren Falle. Der kurze Ansatz des Ventils, der zur Aufnahme der Ventilspindel bestimmt ist, stösst stumpf an ein die Spindel umfassendes Rohr, welches an einem Ende mit Gewinde versehen ist, in der Nähe des dem Ventile zugekehrten Endes aber einen Ansatz besitzt, auf dessen beide Seiten sich Spiralfedern stützen. Die eine derselben liegt auf der Hülse und auf dem Ventilteller auf, die andere, bedeutend stärker als die erstere, stützt sich an benanntem Ansatz und mit ihrem anderen Ende gegen eine zweite Hülse, welche in einer im Gehäuse befestigten messingenen Einlage eingeschraubt ist und am Ende einen sechseckigen Kopf besitzt, mittelst welchem sie gedreht werden kann, wodurch ein Nachspannen der Spiralfeder stets möglich ist. Das die Ventilspindel umfassende Rohr wird an seinem mit Gewinde versehenen Ende von einem Handrädchen ergriffen, dessen Nabe die Mutter für das Rohr bildet, so dass durch Drehung des Rädchens auch das Rohr in das Gehäuse oder aus demselben geschraubt werden kann. Denken wir uns den letzteren Fall, so presst der am Rohre befindliche Ansatz die starke Spiralfeder zusammen und entlastet somit das Ventil, welches, nachdem auch das Rohr an dem Ansätze des Ventils dann nicht mehr aufrucht, vom Dampfdrucke geöffnet wird und das etwa vorhandene Condensationswasser austreten lässt. Um aber beim Zurückgang des Kolbens ein Ansaugen von Luft zu verhindern, ist die kleine Spiralfeder angebracht, welche, sich gegen den Ansatz des Rohres stützend, das Ventil niederdrückt.

Das in Fig. 18, Taf. 9 dargestellte Ventil gestattet gleichfalls ein Lüften des Ventiltellers von Hand aus; es erfolgt dies in diesem Falle durch einen Hebedaumen, mittelst welchem das Ventil entlastet wird. Auch hier ist, um ein Einströmen von Luft in den Cylinder zu verhindern, eine zweite schwächere Feder angeordnet.

II. Condensatoren und ihre Details.

Das Wesen der Condensation und die durch selbe für Dampfmaschinen erzielten Vortheile wurden bereits im dritten Abschnitte besprochen. Auch wurde an derselben Stelle der Unterschied zwischen Einspritz- und Oberflächen-Condensatoren dargelegt, sowie die Bestandtheile der einen wie der anderen Art und ihre Wirkungsweise im Allgemeinen erläutert. Im Folgenden soll nun die Einrichtung von einzelnen Condensatoren, wie solche bei Schiffsmaschinen üblich sind, zur Besprechung gelangen.

1. Einspritz-Condensatoren.

In den Fig. 8, 9, Taf. 10 ist ein Einspritz-Condensator einer Zwillingsdampfmaschine abgebildet. Fig. 8 stellt einen Längenschnitt durch denselben, die linke Seite der Fig. 9 einen Schnitt durch die Mitte der in Fig. 8 rechts liegenden Ventile *a*, *b* dar, während die rechte Seite der Fig. 9 einen Schnitt durch die Mitte der Fig. 8, jedoch durch den nebenliegenden, vollkommen symmetrischen Condensator des zweiten Dampfcyinders darstellt.

Der hier parallelepipedische Condensationskasten ist durch zwei parallele verticale Wände in drei Räume abgetheilt. Die beiden seitlichen derselben sind ausserdem durch zwei horizontale Wandungen, in denen Ventile sitzen, in je drei Räume geschieden, wovon je der unterste mit dem Mittelraume *B* des Condensators in Verbindung steht und durch die Ventile *a* auch mit dem mittleren Raume communiciren kann. Die beiden mittleren Seitenräume sind durch den Luftpumpencylinder *E* untereinander verbunden, in welchem sich der Luftpumpenkolben bewegt. Durch die Ventile *bb* stehen diese Räume auch mit den oberhalb derselben befindlichen in Verbindung, welche letztere durch den Kanal *F* untereinander und mit dem Rohre *C* communiciren. Durch den Kanal *F* hindurch gehen, in den Raum *B* mündend, zwei Rohre *C* und *D*; selbe sind an ihren in den Raum *B* reichenden Enden geschlossen und mit einer grossen Anzahl kleiner Öffnungen versehen. Mit ihren anderen Enden stehen diese Rohre mit einem Kingstonventile in Verbindung, und strömt, wenn letzteres geöffnet wird, da diese Condensatoren unter der Wasserlinie des Schiffes liegen, Seewasser (bez. Flusswasser) ununterbrochen dem Condensator zu, und gelangt durch die brausenförmigen Enden der Rohre *C*, *D* fein vertheilt in den Raum *B* des Condensators. Der in

denselben Raum durch das Rohr *A* gelangende Auspuffdampf der Dampfmaschine trifft hier mit diesem kalten Wasserstrahl zusammen und verdichtet sich zu Wasser, fällt also mit dem Einspritzwasser auf den Boden des Condensators. Durch die hin- und hergehende Bewegung des Luftpumpenkolbens der in vorliegendem Falle doppeltwirkende Luftpumpe wird dieses Gemische von Einspritzwasser und condensirtem Dampf angesaugt, gelangt durch die Ventile *a, a* (Saugventile) abwechselnd auf die rechte und linke Seite des Luftpumpenkolbens, wird von da durch die Ventile *b, b* (Druckventile oder Überlieferungsventile) in den oberhalb befindlichen Raum gedrückt, und tritt endlich durch das Ausgussrohr *G*, ein an dessen Ende befindliches Ventil, das Ausgussventil, passirend, ins Freie.

Die Luftpumpen der Condensatoren können auch einfachwirkende sein. In diesem Falle ist der Pumpenkolben durchbrochen und mit Ventilen versehen (Ventilkolben), wie z. B. der Luftpumpenkolben *L* der oscillirenden Maschine auf Taf. 20. Entfernt sich der Kolben der Luftpumpe dieser Maschine von den nahe am Boden befindlichen Ventilen, so saugt er durch selbe Wasser an; bei der entgegengesetzten Bewegung des Kolbens (also beim Niedergange desselben) schliessen sich diese Ventile, und das zwischen denselben und dem Kolben befindliche Wasser öffnet die Kolbenventile und tritt nach oben. Bei dem nächsten Aufgange des Kolbens schliessen sich die Ventile des Kolbens, und das ober demselben befindliche Wasser wird vom Kolben gehoben und verlässt, die in der Decke des Luftpumpencylinders angebrachten Ventile passirend, die Luftpumpe.

Die Luftpumpen der in den Fig. 1, 2, 8 und 9, Taf. 10 dargestellten Condensatoren sind doppeltwirkende. Der Pumpenkolben wirkt bei diesen sowol beim Hin- als beim Rückgange saugend und drückend. Steht z. B. der Luftpumpenkolben Fig. 8, Taf. 10 in seiner äussersten Lage links, und bewegt sich derselbe nach rechts, so öffnen sich die links liegenden Saugventile *a* und das Wasser strömt aus dem Raume *B* dem Luftpumpenkolben nach; gleichzeitig wird aber das auf der rechten Seite des Kolbens befindliche Wasser durch die rechts liegenden Druckventile *b* entfernt.

Der Antrieb der Luftpumpen erfolgt bei Schiffsmaschinen meist durch eine im Dampfkolben der Maschine befestigte Stange, welche anderseits am Luftpumpenkolben befestigt ist. (Siehe Fig. 3, 4, Taf. 18, und Fig. 2, Taf. 19.) Bei oscillirenden Maschinen erfolgt der Antrieb gewöhnlich von der Kurbelaxe aus mittelst einer Schubstange. (Fig. 2, Taf. 20.)

An den Deckeln der Luftpumpe sind kleine, leicht zugängliche und nach Innen zu öffnende Luftventile, Schnüffelventile genannt, angebracht. Man kann durch sie bei jedem Hube des Luftpumpenkolbens etwas Luft hinter denselben treten lassen und dadurch das oft zu starke Nachströmen des Wassers aus dem Condensationsraume und die hiedurch verursachten Schläge der Luftpumpe verhindern. — In Fig. 26, Taf. 9 ist ein solches Ventil dargestellt. Es ist dies ein kleines Kegelventil, dessen Gehäuse unmittelbar in den Deckel der Luftpumpe verschraubt wird und dessen Hub durch eine kleine Stellschraube variirt werden kann, während eine darauf lastende kleine Feder den sofortigen Verschluss herstellt, wenn der Luftpumpenkolben drückend gegen jene Seite wirkt, auf welcher dieses Ventil angebracht ist.

Ein anderer zum Condensator gehöriger Bestandtheil ist das in Fig. 25, Taf. 9 dargestellte Durchblaseventil. Es ist dies ein Kegelventil, das nur eine Hubbegrenzung besitzt, sonst aber ohne jede Belastung auf seinem Sitze aufruht. Dasselbe ist in der in Fig. 9, Taf. 10 ersichtlichen Weise an den Condensator befestigt und communicirt mit dem Condensationsraume *B*. Befindet sich in letzterem Raume zu viel Wasser, so wird dasselbe durch Dampf, den man durch ein eigens für diesen Zweck bestimmtes Ventil in den Condensator eintreten lässt, durch dieses Durchblaseventil hinausgetrieben. Vor dem Ingangsetzen der Maschine erfolgt gewöhnlich dieses Durchblasen des Condensators, theils um das Wasser aus demselben zu entfernen, theils um durch gleichzeitiges Einspritzen von Injectionswasser Vacuum zu bilden und so ein sanftes Ansetzen der Maschine zu ermöglichen. Wenn einmal Vacuum gebildet ist, so wird das Durchblaseventil durch den äusseren Luftdruck niedergehalten.

Das Injectionswasser sowie das durch die Condensation des Dampfes gebildete Wasser wird durch ein Ausgussrohr ins Freie geleitet; es passirt dabei vorerst das sogenannte Ausgussventil. Dieses ist (Fig. 24, Taf. 9) ein nach aussen zu öffnendes Ventil, dessen Gehäuse mit einem durch die Bordwand hindurch gehenden Rohre verbunden ist.

2. Oberflächen-Condensatoren.

In Fig. 1, 2, Taf. 10 ist ein Oberflächen-Condensator dargestellt. Derselbe besteht aus einem parallelpipedischen Kasten aus Guss-eisen, welcher auf einem gleichfalls parallelpipedischen Untersatze aufruht. Der Condensator wird durch zwei parallele verticale Wände

in drei Räume getheilt; der in Fig. 1 links liegende Seitenraum ist ausserdem durch eine horizontale Wand in zwei Abtheilungen geschieden. Beide Seitenräume sind durch eine grosse Anzahl kleiner Röhren (Kühlröhren) miteinander verbunden, welche durch den Mittelraum des Condensators hindurchgehen. Diese Röhren sind in der in Fig. 7 dargestellten Weise durch Holzringe oder durch einen kleinen, in die Aussparung der Seitenwand sich legenden Dichtungsring, dem eine Tresse untergelegt wird, gedichtet.

Durch das Kingstonventil *K* gelangt das Kühlwasser zu einer Centrifugalpumpe *L*, die durch eine kleine Hilfsdampfmaschine, deren Cylinder am Condensationskasten befestigt ist, in rasche Drehung versetzt wird. Das an der Axe der Centrifugalpumpe eintretende Wasser strömt am Umfange der Pumpe mit grosser Geschwindigkeit aus, in Folge welcher es durch die Öffnung *M* (siehe Fig. 1) in den links liegenden Seitenraum des Condensators gelangt, durch die untere Gruppe der Röhren auf die rechte Seite des Condensators strömt und von da in entgegengesetzter Bewegungsrichtung durch die oberen Kühlröhren zurück wieder auf die linke (obere) Seite des Condensators gelangt, endlich von hier durch das Ausgussrohr *O* und das Ausgussventil ins Freie tritt.

Der kastenförmige Untersatz des Condensators ist durch zwei verticale Wandungen in drei Räume getheilt. Die beiden seitlichen Räume nehmen je eine doppelwirkende Luftpumpe auf, die mit den erforderlichen Saug- und Druckventilen, welche ihre Sitze in parallelen horizontalen Wandungen dieser Seitenräume besitzen, versehen sind. Die Saugventile stehen durch die Öffnungen *bb* (Fig. 3, Taf. 10) des Bodens des Condensators mit dem mittleren Raume desselben in Verbindung, während die Druckventile durch einen gleichfalls in Fig. 1 ersichtlichen Kanal mit dem Mittelraume *H* des Untersatzes, der sogenannten Cisterne, des Condensators in Verbindung stehen.

Umläuft nun das Kühlwasser rasch durch die Röhren des Condensators und strömt der Dampf durch die Ausgussrohre *E, E* in den oberen Mittelraum desselben, so umspült er hier die kalten Wandungen der Rohre und verdichtet sich somit zu Wasser. Letzteres fällt auf den Boden des Condensators hinab, und entsteht dadurch in diesem Raume ein Vacuum. Dieses könnte ohne Zuhilfenahme weiterer Apparate auch erhalten bleiben, wenn das sämmtliche Condensationswasser etwa durch eine Speisepumpe entnommen würde, und wenn ausserdem die Wandungen des Condensators gegen Luft-

eintritt, sowie die Kühlrohre gegen das Eindringen von Kühlwasser aus den Seitenräumen vollkommen abgedichtet wären. Indem aber der Betrieb nie ein so vollkommen regelmässiger sein kann, dass die Entnahme des Condensationswassers in der gewünschten Weise erfolgen könnte, anderseits Luft und Wasser sehr leicht in den luftverdünnten Raum des Condensators, selbst durch die kleinste Fuge, einströmen, so würde das Vacuum bald verschlechtert werden, wenn die Oberflächen-Condensatoren nicht auch mit Luftpumpen versehen würden, welche das Condensationswasser, welches etwa momentan nicht zum Speisen der Kessel Verwendung findet, fortschaffen. Wegen der geringeren Menge des hiebei zu entfernenden Wassers können solche Luftpumpen bedeutend kleiner werden, als die von Einspritz-Condensatoren.

Das Condensationswasser gelangt durch die Öffnungen *bb* zu den Saugventilen der bezüglichen Luftpumpe, welche dasselbe ansaugt und durch die Druckventile in die Cisterne drückt. Aus letzterer entnehmen die Speisepumpen das Condensationswasser behufs Speisung der Kessel. Wenn sich die Cisterne vollständig mit Wasser gefüllt hat, so wird das noch weiter eintretende Wasser durch den Druck der Luftpumpe in das mit der Cisterne verbundene Ausgussrohr und durch das zugehörige Ausgussventil *A* ins Freie geleitet.

Die mit dem Condensationswasser allenthalben in die Cisterne mitgerissenen Dämpfe können durch das von derselben abzweigende Rohr *p* abgeleitet werden. — Die fallweise Höhe des in der Cisterne stehenden Wassers ist meist durch einen Wasserstandsanzeiger erkenntlich gemacht.

Die Centrifugalpumpe steht oft auch mit einem in den Sodarum des Schiffes gehenden Rohre *Q* in Verbindung, welches ein seiherrförmiges Ende besitzt und für gewöhnlich durch ein Ventil abgeschlossen ist. Im Falle das Sodwasser eine gefahrdrohende Höhe erreichen sollte, kann dasselbe durch die Centrifugalpumpe durch dieses Rohr angesaugt werden und wird dann durch die Kühlrohren des Condensators hindurch ins Freie geleitet. Wird das Sodwasser als Kühlwasser verwendet, so muss selbstverständlich das Kingstonventil *K* geschlossen sein.

Fig. 23, Taf. 9 stellt ein bei Eisenschiffen häufig angewendetes Kingstonventil für Condensatoren vor. Das Gehäuse des Ventils ist unmittelbar auf dem Schiffsboden befestigt, das Ventil selbst kann mittelst einer mit Gewinde versehenen Spindel und einem zugehörigen Handrädchen geöffnet oder geschlossen werden. — Um das Ventil in

einer bestimmten Lage fixiren zu können, ist die Ventilspindel mit einer Klemmschraube versehen. Das Ventilgehäuse ist mit dem eines Schiebers in Verbindung, durch welchen man ein Eindringen von Seewasser in den Condensator auch bei einem nicht vollkommen dicht abschliessenden Ventile verhindern kann.

Der in den Fig. 1, 2, Taf. 10 dargestellte Condensator ist so eingerichtet, dass man bei einer etwa eingetretenen Havarie der Centrifugalpumpen durch unmittelbares Einspritzen von Seewasser in den Röhrenraum *F* ein Condensiren des Dampfes erzielen kann. In der Mitte der Decke des Condensators ist zu diesem Zwecke ein Hahn befestigt, der mit einem Rohre *I* in Verbindung steht, durch welches von einem Kingstonventile aus Seewasser zugeleitet werden kann. Der Hahn steht ausserdem mit einem im Innern des Condensators liegenden Rohre in Verbindung, welches beiderseits abgeschlossen ist und eine grosse Anzahl kleiner Öffnungen besitzt, durch welche bei geöffnetem Hahn *I* das Seewasser ins Innere des Condensators tritt, den Dampf condensirt, dann mit dem Condensationswasser vereint zu den Luftpumpen gelangt und endlich durch selbe in die Cisterne und von hier durch das Ausgussrohr *A* ins Freie gedrückt wird. Die Luftpumpen arbeiten in diesem Falle ganz so wie bei einem Einspritzcondensator. Das Rohr *p* der Cisterne wird, sobald der Dampf durch directe Einspritzung condensirt werden soll, geschlossen, um nicht alle in der Cisterne befindliche Luft entweichen zu lassen, und um durch das auf diese Weise gebildete Luftpolster starke Schläge des Luftpumpenkolbens hintanzuhalten.

Man lässt mitunter auch, bei gleichzeitiger Kühlung der Röhren mittelst der Centrifugalpumpe, durch Öffnung des Hahnes *I*, Seewasser in den Condensator eintreten, wenn ein plötzlicher grösserer Bedarf an Speisewasser nicht durch das Condensationswasser gedeckt werden kann, was am Wasserstandsglase der Cisterne ersichtlich ist. (Vor- und Nachtheile der Oberflächen-Condensatoren gegenüber den Einspritz-Condensatoren besprechen.)

III. Speise- und Sodpumpen.

Die zur Kesselspeisung dienenden Speisepumpen sowie die das Sodwasser aus dem Schiffe entfernenden Sodpumpen sind meistens einfachwirkend. Sie werden entweder durch die hin- und hergehende

Bewegung des Kolbens (wie in Fig. 1, Taf. 18, 19), oder durch auf der Kurbelaxe sitzende Excenter, endlich, wie bei oscillirenden Maschinen, durch den schwingenden Zapfen der Cylinder (Fig. 7, Taf. 20) bethätigt.

Bei Maschinen mit Einspritz-Condensatoren entnehmen die Speisepumpen das Speisewasser in der Nähe des Ausgussrohres oder unmittelbar aus dem Condensator; bei Maschinen mit Oberflächen-Condensation erfolgt die Entnahme des Speisewassers, wie bekannt ist, aus der Cisterne.

Die in Fig. 1, Taf. 10 dargestellte Anordnung der Ventile der Speisepumpen ist eine der üblichsten. Das Saugrohr *D* steht mit dem Saugventile in Verbindung, welches sich durch die Einwirkung des Pumpenkolbens *P* hebt. Das von diesem Saugventile links liegende Druckventil lässt das angesaugte Speisewasser in einen Windkessel gelangen, der einen ruhigen Gang der Pumpe bewerkstelligt und mit dem Druckrohre *S* der Pumpe in Verbindung steht. Wenn wegen theilweiser oder gänzlicher Abschliessung des Speiseventils am Kessel nicht alles von der Pumpe angesaugte Wasser in diesen gelangen kann, so wird dem durch die Speisepumpen beschafften überschüssigen Wasser durch das vom Saugventile rechts liegende Überdruckventil Abfluss verschafft, indem das Speisewasser das durch die Feder belastete Ventil hebt und somit in die Saugleitung der Pumpe zurückgelangt.

Die Saugleitung der Sodpumpen mündet seiherförmig in den Sodraum, während die Druckleitung derselben zu einem Ausgussventile führt, durch welches das Sodwasser ins Freie gelangt.

Sowol die Speise- als die Sodpumpe können während des Ganges der Maschine in ununterbrochenem Betriebe gehalten oder aber nach Bedarf auch ausgelöst werden. (Auslösevorrichtung; Lufthahn im Saugstiefel.)

IV. Verschiedene Schiffsdampfmaschinenteile.

Fig. 8, Taf. 9 stellt ein Hauptabsperrventil einer Dampfmaschine nebst danebenliegender Drosselklappe vor. Das Ventil *A* ist den bereits früher beschriebenen Absperrventilen ähnlich und dient dazu, das gemeinschaftliche oder Hauptdampfrohr, welches die einzelnen Dampfrohre der Kessel eines Schiffes verbindet, abzuschliessen und in dieser Weise die Verbindung der Dampfmaschine mit mehreren

sie mit Dampf versorgenden Kesseln auf einmal zu unterbrechen, ohne erst die Absperrventile der einzelnen Dampfkessel schliessen zu müssen. — Die Drosselklappe *B* besteht aus einer runden Scheibe, welche sich mittelst einer in ihr befestigten und quer durch die Dampfleitung gehenden Spindel drehen lässt; durch die Drehung dieser Klappe — welche gewöhnlich in einer Stellung die Dampfleitung vollkommen abschliesst — kann überhaupt die Dampfzufuhr zum Dampfcylinder geregelt oder unterbrochen werden.

Fig. 5, Taf. 12 stellt die Kurbelaxe einer Schiffsmaschine dar. Das oft nicht unbedeutende Gewicht der Kurbelarme bedingt die Anbringung von Gegengewichten, um einen gleichmässigen Gang der Maschine zu erzielen. Die Gegengewichte sind hier durch starke schmiedeiserne Bänder, welche bügelförmig über die Kurbelarme gelegt sind, gehalten. Diese Bügel gehen durch entsprechende, in den Gegengewichten angebrachte Öffnungen; die an ihren Enden aufgesetzten und gut versicherten Muttern bewirken das Festhalten der Gewichte an den Kurbelarmen.

Fig. 14, Taf. 12 stellt die Stuhlung einer Kurbelaxe dar. Den drei Halszapfen der Axe entsprechend, sind drei Lagerstühle angeordnet; sie besitzen einen U-förmigen Querschnitt und gehen (bei *L*) in den eigentlichen Lagerkörper über. Jeder der drei Lagerstühle ist mit den an seinem Ende befindlichen Flantschen an solche des Cylinders durch Schrauben befestigt, ausserdem mit letzterem durch je eine starke Strebe *S* verbunden. Die Befestigung der Stuhlung an den Schiffsboden erfolgt durch Schrauben. Je zwei Lagerstühle sind untereinander durch eine gusseisene Platte verbunden, die sich an die gehobelten Flächen der in der Längensicht ersichtlichen Haulleisten legt und ein Führungslineal (*AB*) trägt. Jedes solche Lineal ist an seiner oberen Fläche genau gehobelt, und bildet letztere Fläche die Gleitbahn des Kreuzkopfes, der überdies durch die an die Gleitbahn mit Schrauben befestigten Lineale *CD* gegen ein Abheben von der Führungsfläche gesichert ist.

Die Kurbelaxe ist bei Schraubendampfern mit dem zur Schraube führenden Wellenstränge gekuppelt. Die auf der Kurbelaxe aufgekeilte Kupplungsscheibe ist hiebei gewöhnlich in ein Schneckenrad verwandelt (Fig. 10, Taf. 12). Durch Drehung der beigegebenen, auf einer verticalen Spindel befestigten Schnecke kann die betreffende Schiffsmaschine durch Handkraft gedreht werden. Die Schnecke ist auf ihrer Spindel durch Feder und Nut verschiebbar und kann daher, nach erfolgter Auslösung des Keiles *m*, auf der Spindel her-

untergeschraubt werden, wodurch sie ausser Eingriff gelangt. Letztere Stellung der Schnecke muss während des Betriebes der Maschine stets eingehalten sein.

Zu erwähnen wäre noch der vorliegender Kupplung beigegebene Schmierapparat. Nachdem die Kupplungsbolzen nie vollständig genau in ihren Öffnungen sitzen, so erfolgt durch erstere meist ein Ausreiben der letzteren, was die Kupplung in Bälde schlottrig macht. Es müssen daher die Kupplungsbolzen geschmiert werden. An der in der Fig. 10 links liegenden Kupplungshälfte ist zu diesem Zwecke ein Blechring befestigt, in welchen aus einer höher gelegenen Schmier-vase Schmiermaterial (Öl) gelangt, das in Folge der durch die Drehung der Welle hervorgerufenen Fliehkraft durch Röhrechen zu den Kupplungsbolzen getrieben wird und deren Schmierung besorgt.

Fig. 2, Taf. 12 stellt ein an Dampfkesseln oft vorkommendes Ventilgehäuse dar, das alle Garnituren des Kessels, die mit dessen Dampfraum allein in Verbindung stehen, aufnimmt. Mit dem Stutzen *A* ist es an dem Kessel befestigt, und communicirt der Dampfraum des letzteren durch eine in der Kesselwandung angebrachte Öffnung ununterbrochen mit dem mittleren Raume des Gehäuses, der einerseits durch zwei Sicherheitsventile *ss*, anderseits durch ein Dampfabsperrentil begrenzt ist. Durch beide ersteren Ventile kann der Dampf, wenn seine Spannung im Kessel das vorgeschriebene Mass überschritten hat, oder wenn die durch Gewichte belasteten Hebel von Hand aus gehoben und dadurch die Ventile *s* gelüftet werden, durch das Rohr *B* ins Freie entweichen. — Durch das Absperrventil *a* wird der Kesseldampf mittelst des Dampfzuleitungsrohres *C* zur Maschine geleitet. — Ausserdem besitzt dieses Ventilgehäuse ein Luftventil *l*.

V. Kesselinstallirung und zugehörige Rohrleitungen.

Die Schiffskessel kommen nicht direct auf den Schiffsboden zu stehen, sondern werden unter selbe beiläufig 40 $\frac{m}{m}$ hohe, mit Bleiblech verkleidete Holzsockel gelegt, so dass unter den Kesseln ein 40 $\frac{m}{m}$ hoher Zwischenraum verbleibt, welcher mit einem Cement (bestehend aus Sand, Lehmerde, Kalkpulver und Leinöl) ausgestampft wird. — Um die Kessel gegen Schwankungen im Schiffe hinlänglich zu sichern, werden sie sowol mittelst Winkeleisen am Schiffskörper befestigt, als auch untereinander verbunden.

Gegen die Abkühlung werden sie meistens durch eine Verschalung geschützt, welche aus einer Filzschichte und einer Holzlage und auf der Kesseldecke überdies auch noch aus einer gut verlötheten Bleieindeckung besteht. Seltener kommt für diesen Zweck eine aus Cement gebildete Schichte in Anwendung, welche hauptsächlich aus Lehm und Kuhhaaren zusammengesetzt ist. (Spence'scher Cement.)

Die Aufstellung der Kessel erfolgt auf sehr grossen Fahrzeugen (wie auf grossen Kriegsschiffen) in der Weise, dass zwischen denselben ein sich nach der Längenrichtung des Schiffes hinziehender Raum (Heizraum) verbleibt, welcher die genügende Breite besitzt, um von ihm aus die auf beiden Seiten angeordneten Kessel gut beschicken zu können. — Auf mittelgrossen Schiffen sind die Dampfkessel zu meist so eingestellt, dass die Heizräume querschiff zu liegen kommen; auf kleineren Schiffen endlich liegt der Heizraum stets querschiff und in der Weise angeordnet, dass er sich in unmittelbarer Nähe des Maschinenraumes befindet, um von dort aus auch leicht überwacht werden zu können.

Die zwischen den Kesseln und den Schiffswänden verbleibenden, meist unregelmässigen Zwischenräume werden als Kohlenmagazine benutzt, und sind bei grösseren Kesselcomplexen auch zwischen den einzelnen Kesseln Eingänge zu den Kohlenmagazinen belassen, um die Zufuhr der Kohlen zu den Kesselfeuern möglichst rasch bewerkstelligen zu können.

Die eigentliche Heizflur ist mit geriffeltem Bleche belegt, und kann durch eigene, in diese eingesetzte, leicht abhebbare Deckel zu den unter der Flur liegenden Kingstonventilen und Hähnen gelangt werden. — An den im Heizraume befindlichen Deckstützen sind Wasserhähne angebracht, um von selben aus das für das Ablöschen der Asche nöthige Wasser entnehmen zu können; diese Wasserhähne sind untereinander durch eine eigene Rohrleitung (Wasserleitung) verbunden, welche meistens von einem Kingstonventile abzweigt.

Taf. 13 stellt einen aus vier Kesseln bestehenden Kesselcomplex sammt zugehörigen Rohrleitungen dar. Die Kessel sind hier mit einem nach der Länge des Schiffes sich hinziehenden Heizraume angeordnet. Der zwischen je zwei Kesseln längsschiff frei bleibende Raum bildet einen Eingang zu den Kohlenmagazinen. Durch die vier Windfänge *f* sinkt die zur Verbrennung des Brennmaterials nöthige Luft in den Kesselraum; durch die Windfänge wird auch die Asche mittelst Flaschenzügen (oder durch eigene Dampfwinden) auf Deck geschafft, um dort durch eigene Thüren in die See geworfen zu werden.

Der Kamin ist hier zum Hissen und Streichen eingerichtet (Teleskopkamin), und wird das Hissen desselben durch das in der Skizze angedeutete Wurmradvorgelege sammt Kettentrommel bewirkt. Links von den Kesseln befindet sich der Maschinenraum; es liegt daher (namentlich wenn eine Schraubenschiffsmaschine vorausgesetzt wird) das links befindliche Kesselpaar im Hinterschiffe (Achter), das rechts liegende dagegen im Vorderschiffe (Vorne). Die im Aufrisse gezeichnete Kesselfront liegt daher in diesem Falle Backbord, die ihr gegenüberliegende Steuerbord.

Die zum Kesselcomplexe gehörigen Rohrleitungen sind sowol im Aufriss als im Grundriss mit Nummern versehen, und wird deren Zusammenhang am besten durch Vorführung aller jener Operationen, die der Betrieb erheischt, erkenntlich werden.

1. Die Dampfentnahme. Jeder Kessel besitzt ein Sicherheitsventil, welches durch die Rohrleitung 2 den abblasenden Dampf ins Freie treten lässt. Ausserdem ist jeder Kessel mit einem Dampfabsperrentile versehen. Alle vier Dampfabsperrentile stehen untereinander durch die Rohrleitung 1 in Verbindung, welche zur Dampfmaschine führt. (Hauptdampfleitung.) — Aus dieser Anordnung ist ersichtlich dass wenn auch nur einer der vier Kessel im Betriebe steht, sich doch die ganze Hauptleitung 1 mit Dampf anfüllt; ebenso, dass durch eines der vier gelüfteten Sicherheitsventile der Dampf des Kesselcomplexes ins Freie könnte. — Sowol das Hauptdampfrohr als die Abblaserohre enthalten die nöthigen Compensations-Vorrichtungen für die Ausdehnung der Rohre, als, an ihren tiefsten Punkten, Entwässerungshähne für das sich in selben ansammelnde Condensationswasser.

2. Kesselfüllen. Jedes Kesselpaar besitzt ein Kingstonventil *m*. Durch Öffnen dieses Ventiles erfolgt, bei gleichzeitig geöffnetem Durchpresshahne *a*, das Füllen des Kessels. — Wäre ein bestimmter Kessel, z. B. der hintere Kessel der Steuerbordseite, zu füllen, so müsste dies in nachstehender Weise erfolgen: Das Kingstonventil der hinteren Kessel *m* steht mit den Hähnen *a, a, b, c* in Verbindung. Es wären daher die Hähne *b, c* und der dem Backbord-Kessel zugekehrte Hahn *a* so zu stellen, dass sie die zugehörigen Leitungen gegen das Kingstonventil *m* abschliessen, der dem Steuerbord-Kessel zugekehrte Hahn *a* wäre aus der gezeichneten Stellung um 90° zu drehen und das Kingstonventil zu öffnen. Das Seewasser tritt dann durch letzteres Ventil sowie durch den Hahn *a* in den Steuerbord-Kessel. — Es könnte sich indessen der Ausführung der gestellten Aufgabe das

Hinderniss entgegenstellen, dass das zu den beiden hinteren Kesseln gehörige Kingstonventil sich nicht öffnen liesse. In diesem Falle müsste das Füllen des hinteren Steuerbord-Kessels mit Zuhilfenahme des vorderen Kingstonventiles erfolgen. Die mit dem vorderen Kingstonventile in Verbindung stehenden Hähne a, a, b wären zu diesem Zwecke gegen das Kingstonventil hin zu schliessen. Dadurch bleibt nur die Verbindung des Rohres 8 mit diesem Ventile frei, wenn der Hahn c entsprechend gestellt wird. Darnach wäre das Rohr 7 durch den zugehörigen Hahn zu schliessen, sowie auch alle Hähne, die mit der Rohrleitung 6 in Verbindung stehen. Wenn nun der Hahn b beim hinteren Kesselpaare und der Hahn a des hinteren Backbord-Kessels gegen das hintere Kingstonventil zu geschlossen werden, so kann durch das Rohr 8, den Hahn c , den Hahn a und das Rohr 12 des hinteren Kesselpaares das durch Öffnen des vorderen Kingstonventiles eindringende Wasser in den hinteren Steuerbord-Kessel gelangen.

(Gleichzeitiges Füllen von zwei gegenüberliegenden Kesseln.)

3. Kesselspeisen. Das Speisen der Kessel erfolgt entweder durch die Speisepumpen der Maschine oder mit Hilfe selbständiger Dampfpumpen. — Das Rohr 5 ist das Druckrohr der Maschinenpumpen; durch Öffnen des an dem zu speisenden Kessel befindlichen Speisekopfes wird das von den Maschinenpumpen beschaffte Speisewasser in den Kessel gedrückt.

Unmittelbar neben den beiden hinteren Kesseln befinden sich zwei Dampfpumpen, welche durch die Rohrleitung 3 mit dem Absperrventile des auf der Backbordseite liegenden hinteren Kessels in Verbindung stehen und aus letzterem Dampf zugeführt erhalten, während der Auspuffdampf dieser Pumpen durch die mit den Sicherheitsventilgehäusen der hinteren Kessel in Verbindung stehenden Rohre 4 ins Freie entweicht. Beide Dampfpumpen besitzen ein gemeinsames Kingstonventil, welches den Saugräumen derselben durch die Rohre 11 und 9 Seewasser zuleitet. Durch die vorhandene Rohrleitung 6 ist man in die Lage gesetzt, mit einer der beiden Dampfpumpen, deren Detail-Construction aus den Fig. 1, 2 der Taf. 14 ersichtlich ist, jeden der vier Kessel speisen zu können. — Wäre z. B. der vordere Kessel auf der Backbordseite durch die auf derselben Seite des Schiffes gelegene Dampfpumpe zu speisen, so müsste dies in folgender Weise erfolgen: der Dreiweghahn d dieser Pumpe (Saughahn) wäre um 90° zu drehen, so zwar, dass das Rohr 9 gegen das Rohr 11 abgeschlossen wäre, aber das Rohr 11 mit der Pumpe

communicirt; der Dreiweghahn *e* derselben Pumpe (Druckhahn) hätte seine gezeichnete Lage zu behalten; dagegen wäre der gleichbenannte Hahn der Steuerbord liegenden Pumpe um 180° zu drehen; die Hähne *c, c* der beiden Kessel-Kingstonventile sowie der Hahn am Rohre 7 hätten ihre in der Zeichnung angedeutete Stellung zu behalten. Wird nun das Kingstonventil der Backbord-Dampfpumpe und dessen Schutzhahn sowie der Speisekopf 6 des zu speisenden Kessels geöffnet und die Pumpe in Betrieb gesetzt, so wird das Seewasser durch den Hahn *d* in den Saugraum der Backbord liegenden Pumpe treten und durch die Rohre 10 und 6 in den betreffenden Kessel gedrückt werden. Analog müsste beim Speisen eines jeden anderen Kessels mit dieser Pumpe vorgegangen werden.

Das Speisen des im vorigen Falle gewählten Kessels könnte eben so gut mit der Steuerbord-Dampfpumpe erfolgen. Der Dreiweghahn *e* der Backbord liegenden Pumpe hätte dabei seine in der Figur angedeutete Stellung zu behalten, der Dreiweghahn *d* derselben Pumpe wäre jedoch um 180° zu drehen, so dass die Communication der Rohre 9 und 11 hergestellt, jene des Rohres 11 mit der Backbord-Dampfpumpe aber abgeschlossen wäre. Der Dreiweghahn *d* der Steuerbord-Dampfpumpe müsste in seiner gezeichneten Stellung verbleiben, der Dreiweghahn *e* dieser Pumpe aber wäre um 90° zu drehen und hätte die Verbindung zwischen dieser Pumpe und dem Rohre 10 abzuschliessen, dagegen jene zwischen derselben und dem Rohre 6 zu öffnen. Die Hähne *c, c* sowie der Hahn am Rohre 7 bleiben in der gezeichneten Stellung; wird nun das Kingstonventil der Dampfpumpen geöffnet, so strömt das Seewasser in den Saugraum der Steuerbord-Pumpe und wird nach Öffnung des Speisekopfes 6 und nach erfolgter Inbetriebsetzung der Dampfpumpe in den zu speisenden Kessel gedrückt.

(Gleichzeitiges Speisen mehrerer Kessel.)

4. Abschäumen. Das Abschäumen der Kessel erfolgt durch die Abschaumhähne 13, die mit den Kessel-Kingstonventilen in Verbindung stehen. Sollte z. B. der hintere Kessel auf der Backbordseite abgeschäumt werden, so wäre der mit dem hinteren Kessel-Kingstonventile in Verbindung stehende Hahn *b* so zu stellen, dass er das zum Steuerbord-Kessel gehende Rohr 13 von jenem des Backbord-Kessels absperrt, dagegen letzteres Rohr mit dem Kingstonventile in Communication setzt (dieser Hahn wäre daher um 90° zu drehen); die Hähne *c, a, a* desselben Kingstonventiles hätten ihre

gezeichnete Lage zu behalten. — Wird nun das Kingstonventil und der Abschaumhahn des hinteren Backbord-Kessels geöffnet, so wird dieser abgeschäumt. — Analog hätte diese Operation bei jedem der anderen Kessel zu erfolgen.

(Gleichzeitiges Abschäumen mehrerer Kessel.)

5. Durchpressen. Um einen bestimmten Kessel, z. B. den Steuerbord liegenden hinteren Kessel, durchzupressen, wäre der mit dem hinteren Kingstonventile *m* in Verbindung stehende Hahn *b* um 180° zu drehen, wodurch die Rohre 13 gegen dieses Kingstonventil hin vollkommen abgeschlossen wären; der Hahn *c* und der zum Backbord-Kessel zugehörige Hahn *a* hätten in ihrer gezeichneten Lage zu verbleiben, dagegen wäre der zum Steuerbord-Kessel gehörige Hahn *a* sowie das Kingstonventil *m* zu öffnen. Es erfolgt sodann die Entleerung des hinteren Steuerbord-Kessels durch das Rohr 12, den Hahn *a* und das Kingstonventil *m*.

6. Sodpumpen. Das im Kesselraume sich ansammelnde Sodwasser wird durch eine der beiden Dampfmaschinen entfernt. Wollte man z. B. mit der Steuerbord liegenden Dampfmaschine Sodwasser pumpen, so müssten die Hähne *c, c* der beiden Kessel-Kingstonventile ihre in der Zeichnung angedeutete Lage erhalten, der Dreiweghahn *d* der Steuerbord-Dampfmaschine (Saughahn) wäre um 180° zu drehen, so dass die Verbindung des Rohres 6 wol mit der Dampfmaschine, aber nicht mit dem Rohre 9 hergestellt würde; der Dreiweghahn *e* derselben Maschine (Druckhahn) wäre so zu stellen, dass das Rohr 10 mit der Dampfmaschine in Communication, jedoch gegen das Rohr 6 abgeschlossen ist. Der Dreiweghahn *d* der gegenüberliegenden Dampfmaschine müsste die Communication des Rohres 11 mit der Dampfmaschine und dem Rohre 9 beheben, der Dreiweghahn *e* derselben Maschine wäre so zu stellen, dass die Rohre 10 und 11 communiciren, beide jedoch gegen die Maschine hin abgeschlossen sind. — Hierauf ist das Kingstonventil der Maschinen und der zugehörige Schutzhahn zu öffnen. Wird nun die Steuerbord befindliche Dampfmaschine in Betrieb gesetzt, sowie der Hahn am Rohre 7 geöffnet, so saugt die Dampfmaschine das Sodwasser durch die Rohre 7, 6 an und drückt dasselbe durch die Rohre 10 und 11 und durch das Kingstonventil in die See.

7. Kesselauspumpen. Mittelst der Dampfmaschinen kann man auch das in einem Kessel befindliche Wasser aus demselben entfernen. Der vordere Kessel der Steuerbordseite sei z. B. zu

hoch mit Wasser gefüllt, und sei durch die auf Backbord liegende Dampfmaschine theilweise zu entleeren. Das Kingstonventil *m* der vorderen Kessel muss hiebei vor allem geschlossen werden. Der Hahn *a* des auf Backbord liegenden vorderen Kessels müsste seine in der Zeichnung angedeutete Lage erhalten, der Dreiweghahn *b* am vorderen Kessel-Kingstonventile wäre um 180° zu drehen und so die Verbindung der Rohre 13 mit jenem Ventile zu unterbrechen. Der Hahn *c* an demselben Kingstonventile wäre zu öffnen, der gleichnamige Hahn am hinteren Kessel-Kingstonventile hätte seine gezeichnete Stellung zu behalten, endlich der Hahn am Rohre 7 geschlossen zu bleiben. Alle Speiseköpfe 6 wären selbstverständlich auch zu schliessen. Der Dreiweghahn *d* der Steuerbord liegenden Dampfmaschine wäre um 90° zu drehen, so dass die Communication der Rohre 6 und 9 hergestellt ist, beide jedoch gegen die Pumpe hin abgeschlossen wären; der Hahn *e* derselben Pumpe müsste dieselbe gegen die Rohre 10 und 6 abschliessen; der Hahn *d* der Steuerbord-Dampfmaschine müsste die Verbindung der Rohre 9 und 11 unterbrechen, dagegen die Dampfmaschine mit dem Rohre 9 in Communication bringen; der Hahn *e* derselben Pumpe wäre um 180° zu drehen, um die Verbindung zwischen der Pumpe und dem Rohre 11 herzustellen, dagegen das Rohr 10 gegen die Dampfmaschine und gegen das Rohr 11 abzuschliessen. Wird nun das Pumpen-Kingstonventil und dessen Schutzhahn geöffnet, die Backbord-Dampfmaschine in Betrieb gesetzt, und ist ferner der Hahn *a* am vorderen Steuerbord-Kessel geöffnet, so wird das Kesselwasser durch die Rohre 12, 8, 6, 9 angehängt und durch das Rohr 11 in die See gedrückt. (Alle vorbeschriebenen Manipulationen sind an einem Schema zu üben, welches der Schüler zeichnet.)

G. L.

VI. Von den Treibapparaten.

Unter dem Treibapparate (Propeller) eines Schiffes versteht man jene Vorrichtung, deren Aufgabe es ist, die auf sie übertragene Arbeit der Schiffsdampfmaschine zur Fortbewegung des Schiffes zu verwerthen. Man unterscheidet im Allgemeinen zwei Arten von Treibapparaten, und zwar 1.) das Schaufelrad und 2.) die Schraube.

1. Schaufelräder.

Die Räder lassen sich in solche mit fixen und in solche mit beweglichen Schaufeln eintheilen. Raddampfschiffe erhalten stets zwei Räder, wovon eines auf der Steuerbord- und eines auf der Backbordseite angeordnet ist.

Ein Rad mit fixen Schaufeln ist in den Fig. 4 und 5, Taf. 11 abgebildet. Die aus dem Inneren des Schiffes austretende Radaxe a ist hiebei in einem an der äusseren Schiffswand A befestigten Lagerstuhle b gelagert, und wird das Ende dieser Axe durch ein zweites Lager c getragen, das auf einem Balken, der zugleich den das Rad umgebenden Radkasten ABC trägt, befestigt ist. Auf der Axe a ist auf jeder Bordseite eine Nabe oder Hülse d aufgekeilt, an deren Enden auf angegossenen Scheiben, den Radrosetten, die Radspeichen e, e , hier Strahleisen genannt, angebracht sind. Diese letzteren werden mit den Rosetten durch Schrauben verbunden und gehen radial gegen den Radumfang, wo sie durch starke Ringe p, q versteift werden. Um dem ganzen Systeme mehr Festigkeit und Widerstandsfähigkeit zu geben, sind ausserdem noch weiter gegen die Mitte zu die Ringe m, n angebracht und die Strahleisen gegen einander durch Streben ff versteift. An den äussersten Enden der Strahleisen sind die rechteckigen, hölzernen Radschaufeln g, g angebracht, und erfolgt die Befestigung derselben an den Strahleisen durch sogenannte Hakenschrauben oder durch geschlossene Bügel (Fig. 3).

Bei der Drehung des Rades durch die Maschine wird durch den Widerstand des Wassers ein Druck gegen die Schaufeln entstehen, der sich mittelst der Strahleisen auf die Axe und deren Lagerung fortsetzt und so die Bewegung des Schiffes hervorbringt.

Dieser Widerstand, den man sich senkrecht auf die Radschaufeln wirkend denken kann, ist in Fig. 1, Taf. 11 durch die Pfeile d, d', d'' dargestellt, und wird sich derselbe bei den fallweise gegen den Wasserspiegel schief liegenden Schaufeln in je zwei Componenten zerlegen, deren eine, und zwar die horizontal wirkende f', f'' , zur Fortbewegung des Schiffes dient, während die Verticalcomponenten das Schiff zu heben (g') oder zu senken (g'') trachten. — Die horizontalen Componenten, welche alle parallel und im selben Sinne wirken, werden die Bewegung der Axe, mithin auch die des Schiffes, in der Richtung AF hervorbringen, während die verticalen Componenten

nutzlos verloren gehen. Bei der Umdrehung dieses Rades wird durch die ins Wasser eintretende Schaufel $a''b''$ ein Schlag auf dasselbe ausgeübt, welcher um so grösser wird, je kleiner der Eintrittswinkel q der Schaufel ist; die austretende Schaufel $a'''b'''$ dagegen wird das über ihr befindliche Wasser, dessen Menge mit der Grösse des Austrittswinkels s wächst, emporschleudern. Dass sowol der Schlag der Schaufeln auf das Wasser, sowie das unnöthige Heben desselben für die Wirkung des Rades und für die Dauer der Schaufeln schädlich ist, wird einleuchtend sein, und man hat deshalb diese beiden Nachtheile dadurch theilweise zu umgehen gesucht, dass man die Schaufeln in zwei oder drei Theile zerlegte, die aber dann nicht auf dieselbe Seite des Strahleisens gesetzt werden, wie bei C in Fig. 2, sondern deren Anbringung in der bei A und B derselben Figur angedeuteten Weise erfolgte. Trotzdem fand noch immerhin bei solchen Rädern ein bedeutender Kraftverlust statt, und hat man, um diesen Verlust und die durch das Auftreffen der Schaufeln entstehenden Erschütterungen zu vermeiden, Räder mit beweglichen Schaufeln construirt, welche letztere während ihrer ganzen Bewegung durch das Wasser nahezu vertical bleiben.

Das Rad mit beweglichen Schaufeln wird auch das Morgan'sche oder Patentrad genannt und ist in den Fig. 7 und 8 Taf. 11 abgebildet. — Die Axe a ragt hier frei in den Radkasten C hinaus und ist in dem auf einem starken Träger ruhenden Lager b getragen. Am Ende der Axe sitzt eine Doppelrosette, auf welcher zwei Systeme von Strahleisen ee befestigt sind, die untereinander durch die Ringe m, n, p, q verbunden werden. In den sichelförmig gebogenen Enden r, r der Strahleisen finden die Zapfen tt , deren je zwei auf jeder Radschaufel g mittelst Trägern befestigt sind, ihre Lagerung. Der je nach aussen gelegene Schaufelträger jeder Schaufel besitzt einen kurzen Arm st , und sind die Enden s, s dieser Arme durch die sogenannten Leitstrahlen l, l mit der Rosette c verbunden, welche auf einem Zapfen drehbar ist, der, excentrisch zur Radaxe, am Radkastenträger befestigt wird. Ein Leitstrahl (in Fig. 7 der zur untersten Schaufel gehörige) ist mit der Rosette c fest, die anderen sind mit ihr durch Charniere verbunden, und vermittelt der erstgenannte bei der Drehung des Rades das Mitnehmen des ganzen Leitstrahlensystems.

Fig. 6, Taf. 11 stellt uns ein solches Rad schematisch dar, und können wir hier deutlich den Zusammenhang und die Wirkungsweise der einzelnen Theile desselben beurtheilen. Ist das Rad in Bewegung,

so werden die Endpunkte hh' der Arme eh , $e'h'$ um den Punkt O vermöge der Leitstrahlen BB' Kreise beschreiben, während die Bewegung der Zapfendrehpunkte ee' in einem Kreise, dessen Mittelpunkt im Radaxenmittel liegt, stattfindet. Hiedurch erfolgt eine stetige Änderung der einzelnen Schaufelstellungen, was, wie leicht zu ersehen ist, von Vortheil für die Wirkung des Rades sein muss, da die fallweise ins Wasser eintretende Schaufel nicht, wie früher, unter dem Winkel q auf das Wasser trifft, sondern unter dem bedeutend grösseren Winkel p , wodurch der entstehende schädliche Schlag vermindert wird; die Schaufeln bewegen sich hiebei fast vollkommen vertical durchs Wasser, daher die verloren gehenden Kraftcomponenten sehr unbedeutende sein werden und das Emporschleudern des Wassers durch die austretenden Schaufeln auch nur in sehr geringem Masse stattfindet.

Aus dem Gesagten ist zu ersehen, dass das Morgan'sche Rad bedeutend vortheilhafter als das früher erwähnte ist, und wird es daher mit Vorliebe, namentlich auf kleineren Fahrzeugen, verwendet; bei grossen Raddimensionen jedoch wird auch das Gewicht solcher Räder sehr gross, und würde bei schwerem Seegang leicht der Mechanismus für die Schaufelbewegung Havarien erleiden oder in Unordnung gerathen können, weshalb man bei grossen Seeschiffen das Rad mit fixen Schaufeln dem Patentrade vorzieht.

Bei grösseren Seeschiffen beträgt die Eintauchung der oberen Kante der tiefsten Schaufeln unter den Wasserspiegel beiläufig $0.4 \text{ m}/$, bei kleineren beiläufig $0.3 \text{ m}/$, während sie bei Flusschiffen gleich Null ist, d. h. dass hier die Oberkante der Schaufel im Wasserspiegel selbst liegt. Der Grund für die grössere Eintauchung der Schaufeln bei Seeschiffen liegt in den Rollbewegungen, welcher Seeschiffe ausgesetzt sind; es soll nämlich durch die grössere Eintauchung der Oberkanten verhindert werden, dass das Schaufelrad beim Rollen des Schiffes ganz aus dem Wasser heraustrete, was einer plötzlichen Verminderung des Widerstandes entsprechen und einen sehr raschen, der Maschine schädlichen Gang hervorrufen würde.

Unter dem räumlichen Slip eines Rades versteht man den Unterschied zwischen dem wirklichen Wege des Schiffes und der während derselben Zeit vom mittleren Schaufelkreis abgewickelten Strecke. Der mittlere Schaufelkreis ist näherungsweise jener, dessen Halbmesser gleich ist dem Abstände des Schaufelmittels (c in Fig. 1 und 6) vom Radaxenmittel mehr einem Sechstel der radial gemessenen Schaufelbreite.

Diese Differenz zwischen dem wirklichen Wege eines Raddampfschiffes und dem Wege der Räder entsteht dadurch, dass sich das Wasser nicht wie ein fester Körper verhält, sondern vielmehr durch die Schaufeln weggedrückt wird, und hat dieses Entschlüpfen des Wassers auch stets einen Kraftverlust zur Folge.

Dividirt man den räumlichen Slip durch den Weg des mittleren Schaufelkreises und multiplicirt den erhaltenen Quotienten mit 100, so erhält man eine Zahl, welche den „Slip des Rades in Procenten“ angibt.

2. Schiffsschrauben.

Denkt man sich auf dem Umfange eines Kreiscylinders (Fig. 9, Taf. 11), dessen Axe in ab liegt, die Schraubenlinie dkc aufgetragen und lässt die auf der Axe ab senkrechte Gerade ac mit dem Punkte c auf der Schraubenlinie, mit dem Punkte a aber auf der Axe aufliegend und stets parallel zu sich selbst gleiten, so wird sie eine windschiefe Fläche beschreiben, die man eine conoïdische oder Schraubenfläche nennt. Die Linie ac ist dann die Erzeugende, die Schraubenlinie dkc die Leitlinie, und heisst die Ganghöhe cd der letzteren die Steigung der Schraubenfläche. Nimmt man aus dieser Fläche einen, z. B. durch die Geraden ac und fg begrenzten Theil heraus, so gibt dieser die Fläche für einen Schraubenflügel, deren eine Schiffsschraube zwei, drei oder mehrere haben kann.

Eine Schraubenfläche, wie die in Fig. 9 gezeichnete, für einen Treibapparat zu verwenden, ist nicht gut möglich, weil die Längenausdehnung derselben zu bedeutend ist, was eine grosse Schwächung des Achtertheiles jenes Schiffes, auf dem eine nach ihr geformte Schraube zu installiren wäre, bedingen würde. Man theilt daher die Schraubenfläche in mehrere Theile, formt nach diesen Flächentheilen die einzelnen Schraubenflügel, stellt sie radial um eine Nabe und bildet hiedurch die eigentliche Schiffsschraube.

Denkt man sich um die Axe ab noch einen Cylinder MH von kleinerem Durchmesser beschrieben, und vergleicht das so entstehende Bild mit jenem der Fig. 13, so erkennt man den Zusammenhang zwischen der Schiffsschraube und der Schraubenfläche, aus welcher sie entstanden gedacht werden kann. — Der die Nabe bildende Cylinder MH (Fig. 13), welcher nach beiden Enden zu etwas schwächer wird, nimmt die Schraubenaxe auf, der Flügel $gGCc$ entspricht dem ebenso bezeichneten in Fig. 9, und ist ihm gegenüber ein zweiter,

ganz gleicher Flügel $g'G'C'c'$ angebracht; die Mittellinie des Flügels ist auch hier, wie in Fig. 9, die Gerade ij .

Die Schiffsschraube wirkt in ähnlicher Weise wie jede andere Schraube, nur dass ihre Mutter kein fester Körper ist, sondern vielmehr durch das Wasser gebildet wird; wenn wir uns vorstellen, dass sich die Schraube (Fig. 9) im Sinne der Pfeile x drehe, so ist klar, dass ihre fortschreitende Bewegung in der Richtung y erfolgen muss.

Die Schraubenflügel müssen selbstverständlich eine gewisse Dicke haben, die aus Festigkeitsrücksichten gegen die Mitte zunehmen muss, wie dies die concentrisch zur Axe geführten Schnitte in Fig. 13 zeigen, wobei jedoch die für den Vorwärtsgang des Schiffes wirkende Fläche, die sogenannte Hinterfläche der Schiffsschraube, unveränderlich ihre Schraubenform beibehält.

Denken wir uns in Fig. 9 durch die Erzeugende fg eine auf die Axe ab senkrechte Ebene gelegt, so wird das entstehende Dreieck ghc nach seiner Abwicklung ein rechtwinkliges $g'h'e'$ (Fig. 10) bilden, in welchem $g'h'$ den betreffenden Theil des Cylinderumfangs und $h'e'$ den für diesen Flächentheil entsprechenden Theil der Steigung darstellt, den man auch die Länge des Schraubenflügels nennt; $g'e'$ ist die Leitlinie.

Wenn man die als Leitlinie dienende Schraubenlinie dkc abwickelt, so wird dieselbe die Hypothenuse eines rechtwinkligen Dreiecks bilden (Fig. 11), dessen eine Kathete der Cylinderumfang πD (D der Cylinder- oder Schrauben-Durchmesser) und dessen zweite Kathete s die Steigung ist. Dieser Fall, in welchem die Leitlinie eine Gerade bildet, kommt bei den Schrauben mit constanter Steigung vor. Es ist klar, dass bei der Drehung der Schraube vom Flügel ein Stoss auf das Wasser ausgeübt wird, der mit der Grösse der Steigung s wächst; in manchen Fällen wird deshalb zur Verminderung dieses Stosses der Leitlinie eine ungleichförmige, aber successiv zunehmende Steigung gegeben, die an jener Kante, welche zuerst ins Wasser einschneidet, geringer ist als an der, welche zuletzt zur Wirksamkeit kommt. Die Steigung an der ersteren nennt man Eintrittssteigung, die an der letzteren Austrittssteigung. Die abgewickelte Leitlinie wird in diesem Falle die in Fig. 12 gezeichnete Gestalt haben und kommt so bei den Schrauben mit variabler Steigung vor. Das Einschneiden des Flügels in das Wasser wird bei Schrauben mit geringerer Eintrittssteigung sanfter und mit viel geringerem Stoss vor sich gehen, und der durch die anfänglich

kleinere Steigung hervorgebrachte Verlust an fortschreitender Bewegung durch die grössere Austrittssteigung wieder ausgeglichen.

Würde sich die Schiffsschraube in einem festen Mittel drehen, so müsste sie während einer Umdrehung um ihre ganze Steigung vorrücken; da aber das Wasser nachgibt und dem Flügel ent schlüpft, so wird die Vorrückung der Schraube während einer Umdrehung kleiner sein als die Steigung. Dieser Unterschied zwischen der Vorrückung bei einer Umdrehung und der Steigung heisst der räumliche Slip der Schraube für eine Umdrehung. Dividirt man diese Differenz durch die Steigung der Schraube, so erhält man einen Quotienten, der kurzweg Slip genannt wird und angibt, welcher Theil des Schraubenweges bei der Fortbewegung des Schiffes verloren geht. Multiplicirt man den so erhaltenen Bruch mit 100, so erhält man eine Zahl, die den „Slip der Schraube in Procenten“ angibt.

Zur Erzielung eines möglichst grossen Nutzeffectes hat man den Schiffsschraubenflügeln die mannigfaltigsten Formen zu geben versucht, deren gebräuchlichste auf Taf. 11 dargestellt erscheinen.

Fig. 14 zeigt eine Schraube, deren Fläche nach rückwärts gezogen ist, was dadurch geschieht, dass die Erzeugende sich nicht vertical auf der Schraubenaxe bewegt. — Bei dem Propeller von Hirsch (Fig. 15) ist nicht nur die Begrenzungslinie der Flügel eigenthümlich (nämlich eine Spirale), sondern es sind auch die Flügel selbst nach vorne gebogen, indem die Erzeugende von einer eigenthümlich gebogenen krummen Linie gebildet wird. — Fig. 16 stellt einen Mangin'schen Propeller vor, der eigentlich aus zwei hintereinander befindlichen gewöhnlichen Schrauben besteht. — Die Schraube von Ericson (Fig. 17) ist durch sechs Flügel gebildet, von denen drei sich bis zur Nabe fortsetzen, die übrigen drei aber an einem Ringe endigen, der mit den Flügeln und der Nabe aus einem Gusstücke besteht; diese Anordnung bezweckt die Entwicklung einer möglichst grossen Schraubenfläche. — Eigenthümlich gestaltet ist auch der Thornycroft'sche Propeller (Fig. 18), dessen Erzeugende durch eine nach rückwärts gebogene krumme Linie gebildet wird. — Fig. 19 zeigt einen gewöhnlichen Propeller mit vier Flügeln, die jedoch mit der Nabe nicht aus einem Stücke bestehen, sondern vielmehr mittelst angegossenen Flantschen durch Schrauben auf der Nabe befestigt werden. Dieser Propeller (Maudslay'sche Flügelbefestigung) bietet nicht nur den Vortheil einer leichteren Herstellungsweise, sondern gestattet auch den Wechsel eines durch Zufall gebrochenen Flügels, was bei den bisher betrachteten Schrauben nicht möglich

ist, da bei diesen vielmehr der Bruch eines Flügels die Neuerzeugung des ganzen Propellers nothwendig macht. Selbstverständlich wird man diese Befestigungsweise der Flügel bloß bei grösseren Propellern anwenden, bei welchen auch die Nabe entsprechend gross gemacht werden kann.

Der gegenwärtig wol am häufigsten angewendete Propeller ist der von Griffith construirte (Fig. 20). Derselbe besteht aus einer grossen hohlen Kugelnabe (die auf das conische Ende der Propelleraxe a geschoben und durch die beiden Keile k und durch die Schraubenmutter m in ihrer Lage erhalten wird) und aus den in ihr befestigten Flügeln. — Die mit einer Flantsche versehene Mutter m , welche in das auf dem Axenende geschnittene Gewinde greift, ist gegen das Loswerden durch eine kleine Versicherungsschraube geschützt. Die Erzeugende dieses Propellers besteht aus einer Linie, deren innere zwei Drittel durch eine auf der Axe senkrechte Gerade gebildet werden, an welche sich als äusseres Drittel ein Stück einer Parabel anschliesst. Die Flügel F haben je eine Flantsche und den Zapfen b angegossen, welche Theile derselben in entsprechende Öffnungen der Kugelnabe eingepasst sind und mit den Schrauben f sowie mit den Keilen c an diese befestigt werden. Um den Flügeln die richtige Stellung geben oder die Steigung derselben innerhalb gewisser Grenzen ändern zu können, befinden sich die Köpfe der Schrauben f in der ausgedrehten cylindrischen Nut d , und sind in der Nabe für die Keile c der Zapfen b entsprechend weite Öffnungen. Die zwischen dem Keile c und den Wandungen der Öffnungen der Nabe fallweise verbleibenden Zwischenräume werden durch Pockholzkeile ausgefüllt und so eine Drehung des Flügels um seinen Zapfen verhindert. Der Keil c wird durch die Öffnungen $p q$ ins Innere gebracht und durch die an seinen beiden Enden befindlichen Schrauben festgestellt, worauf die Öffnungen $p q$ durch Deckel dicht abgeschlossen werden. (Umstellen der Steigung beschreiben.)

(Vor- und Nachtheile der Schaufelräder im Vergleiche zu Schiffschrauben zu erörtern.)

Nach der Art ihrer Verbindung mit der Propelleraxe unterscheidet man: 1.) fixe Schrauben, d. s. solche, welche mit der Axe durch Keile oder Schrauben fest und unverrückbar verbunden sind; 2.) auskuppelbare, d. s. jene, bei welchen die Propelleraxe mit der Maschine lösbar verbunden ist; und 3.) hissbare Schrauben.

Die hissbare Schraube kann durch eine entsprechende Vorrichtung vertical nach aufwärts aus dem Wasser gezogen werden,

wobei zugleich ihre Verbindung mit der Propelleraxe gelöst wird. Der im Achterschiffe befindliche Raum, in welchen die Schraube durch das Hissen gebracht wird, heisst der Propellerbrunnen. Diese Anordnung bietet nicht nur den Vortheil, dass sie eine Untersuchung und Reparatur des Propellers in See gestattet, sondern auch jenen, dass die Schraube im gehissten Zustande weder für das Steuern noch für die Geschwindigkeit beim Segeln ein Hinderniss darbietet. Bei Schiffen, die nicht nur mit Dampf, sondern auch mit Segel zu fahren berufen sind, wendet man nur zweiflüglige hissbare Propeller an, deren Flügel beim Hissen vertical gestellt werden.

Ein solcher Hissapparat ist in Fig. 1, Taf. 12 dargestellt. Die Propellerkugel ist hier nicht auf einer Axe aufgekeilt, sondern hat vielmehr nach beiden Seiten hin einen sehr starken, rohrförmigen Anguss, der die Fortsetzung der Propelleraxe L bildet und mit ihr durch eine sogenannte Keilkupplung verbunden ist, indem dieser Anguss in einer mit Keil versehenem Scheibe F_1 endigt, während der am Axenende sitzende Ring F die Keilnut enthält. Denken wir uns diese letztere vertical gestellt, so ist ersichtlich, dass man durch einfaches Heben des Propellers die Verbindung desselben mit der Axe lösen kann. — Zu diesem Zwecke ruht die Axe der Propellerkugel in zwei mit Pockholz ausgefütterten Lagern a, a , welche durch den Rahmen A , der den Propeller umgibt, miteinander verbunden sind und auf zwei starken Trägern aufruhend, die man Sattel nennt, und von welchen einer mit dem Achterstegen und einer mit dem Steuerstegen verbunden ist. Nach oben zu verlängern sich diese Sattel und bilden die Führungen C für den Rahmen A ; am oberen Theile sind diese Führungen mit einer Verzahnung versehen, in welche die Stopper BB eingreifen, um beim Hissen ein Zurückfallen der Schraube sammt Rahmen zu verhüten. Am oberen Theile des Rahmens A ist ein starkes Auge angegossen; dasselbe bildet den Angriffspunkt für ein Tau, das über eine in zwei Bogenträgern gelagerte Rolle G geleitet wird und zu einem Gangspill führt, womit der ganze Apparat gehoben werden kann.

Um beim Hissen oder Streichen der Schraube eine Drehung derselben zu verhindern, und um sicher zu sein, dass der Keil der Kupplung F_1 auch vertical stehe, ist am Rahmen A eine Art Riegel de vorhanden, der in einen an der Aussenkante des Flügels befindlichen Schlitz durch eine eigene Schraube eingeschoben wird, deren Drehung man von oben durch einen langen Steckschlüssel bewirkt. Im Inneren des Schiffes muss überdies eine Marke an der Propelleraxe angebracht

sein, welche die verticale Stellung des Keiles F_1 und somit die für das Hissen oder Streichen richtige Lage der Keilnut angibt. Der Rahmen A und mit ihm auch der Propeller selbst werden in ihrer tiefsten Lage durch zwei starke Stützen EE gehalten, deren untere Enden in Pfannen sitzen, welche zu diesem Zwecke am Rahmen angebracht sind; am oberen Ende enthalten sie Pressschrauben, mit denen sie sich gegen entsprechende Ansätze stemmen. Beim Hissen werden selbstverständlich diese Pressschrauben gelüftet und die Stützen EE ausgehoben. Die Stopper sind mit den Hebeln Bb versehen, an deren Enden schwache Ketten oder Leinen befestigt werden, um beim Streichen des Propellers die Stopper auslösen zu können.

Unter der Propelleraxe versteht man jenen Wellenstrang, der vom Schneckenrade der Maschine durch das Stevenrohr in die See reicht und an deren äussersten Enden bei nicht hissbaren Schrauben der Propeller sitzt. — Das letzte Axenstück L (Fig. 1, Taf. 12) ist mit einem Überzuge von Bronze oder Kupfer versehen, um gegen die Einwirkung des Wassers geschützt zu sein, und findet seine Lagerung in dem zu diesem Behufe an seinen Enden mit Pockholzleisten ausgefüllerten, aus Metall hergestellten Stevenrohre, welches behufs Aufnahme dieser Holzleisten mit eingehobelten Kanälen versehen ist.

Das Stevenrohr wird vom Inneren des Schiffes aus eingezogen, wo es mittelst einer angegossenen Flantsche durch Schrauben am Todtholze des Stevenstückes befestigt wird. Hier befindet sich auch die Stopfbüchse K (Fig. 6), welche das Eindringen des Wassers in das Schiff verhindert, und unmittelbar hinter dieser Stopfbüchse geht vom Stevenrohre aus das mit einem Hahne versehene Rohr M in das Innere des Schiffes, welches den Zweck hat, das im Stevenrohre circulirende Wasser auch auf die Maschinenlager leiten zu können, wenn letztere warm laufen sollten.

Die einzelnen Stücke der Propelleraxe sind miteinander durch Scheibenkupplungen verbunden (Fig. 7), die jedoch wegen der Formveränderungen des Schiffes bei schwerem Seegange eine gewisse Beweglichkeit haben müssen; diese Beweglichkeit wird durch die etwas gewölbten, aneinanderstossenden Flächen der Kupplungscheiben, durch elastische (Kautschuk-) Unterlagen der Kupplungsbolzenmuttern und endlich durch die Form der Kupplungsbolzen selbst erzielt.

Die Lager für diese Axenstücke (Fig. 8) sind gewöhnlich ganz von Gusseisen hergestellt und nur mit Weissmetall ausgegossen.

Die Übertragung des vom Propeller ausgeübten Druckes, beziehungsweise des durch die Bewegung des Propellers im Kielwasser wachgerufenen Gegendruckes, auf den Schiffskörper wird durch das sogenannte Thrustlager (Stosslager) bewirkt. Zu diesem Behufe ist ein Stück der Propelleraxe mit ringförmigen Ansätzen *BB* (Fig. 9) versehen, und findet dasselbe seine Lagerung vorerst in den beiden Lagern *AA*, die ganz ähnlich den anderen Axenlagern sind; diese beiden Lager sind untereinander durch angegossene starke, mit Ansätzen versehene Schienen verbunden und werden auf einer gemeinschaftlichen Fundamentplatte befestigt, die ihrerseits wiederum auf einer mit dem Schiffskörper fest verbundenen Unterlage, dem Thrustlagerbock, aufsitzt. Der Druck, welchen das Wasser auf die sich bewegende Hinterfläche der Schraube nach vorwärts übt, wird von den Kämmen *B* auf die Thrustlagerringe *C* übertragen, welche aus gusseisenen, nach unten offenen Cylindern bestehen, deren arbeitende Flächen mit Weissmetall ausgegossen sind. Die Stellung dieser Ringe kann durch die gegen die Ansätze des Lagerkörpers sich stemmenden Stellschrauben *b* regulirt werden, und wird ein Verschieben dieser Ringe in der Querrichtung, sowie ein allenfallsiges Abheben derselben durch die in eine Nut eingreifenden Schrauben *aa* verhindert. Der ganze Untertheil des Thrustlagers, auch Support genannt, ist, sowie auch manchmal die Fundamentplatte selbst, durch Schrauben *DD* verstellbar, was bei abgenützten Lagerflächen ein gleichmässiges Anziehen des ganzen Thrustlagers ermöglicht und auch die erste Montirung desselben sehr erleichtert. — Die Lager *AA* übertragen beim Rückwärtsgang der Maschine den Druck des Propellers auf den Thrustlagerbock und sind deshalb auf ihrer arbeitenden Stirnseite gleichfalls mit Weissmetall ausgegossen. Die Thrustlagerringe sind mit ausgiebigen Schmiervorrichtungen versehen, um die Abnützung derselben möglichst hintanzuhalten.

J. U.

Fünfter Abschnitt.

Schiffspumpen, Destillatoren und Ejectoren.

I. Schiffspumpen.

Von besonderer Wichtigkeit für ein jedes Schiff sind die in selbem installirten Pumpen, und es sollen daher die am häufigsten vorkommenden Arten derselben hier kurz besprochen werden. — Man kann sie in zwei Gruppen theilen, u. z.: 1.) in Dampfmaschinen, deren Bewegung durch Dampfkraft hervorgebracht wird, und 2.) in Handpumpen, welche durch Menschenkräfte betrieben werden.

1. Dampfmaschinen.

Die auf den Schiffen S. M. Kriegsmarine vorkommenden Arten der Dampfmaschinen sind auf Taf. 14 in den Fig. 1 bis 7 dargestellt, und dienen selbe hauptsächlich zur Kesselspeisung. Auf Schiffen, auf denen keine eigenen Dampfheizerspritzen vorhanden sind, werden die Dampfmaschinen dergestalt eingerichtet, dass sie bei Feuersgefahr als Heizerspritzen dienen können; auch ist es zumeist ermöglicht, das in den Sodraum eingedrungene Wasser mittelst dieser Dampfmaschinen in See zu schaffen.

In Fig. 1 und 2 ist eine verticale, directwirkende Dampfmaschine dargestellt. Ein kleiner verticaler Dampfzylinder *A* ist durch zwei starke Ständer mit einem unter ihm befindlichen kastenförmigen Gehäuse verbunden, das den mit Metall gefütterten Pumpenzylinder *B* und die entsprechenden Saug- und Druckventile enthält. Die Dampfkolbenstange *a* überträgt ihre Bewegung mittelst eines Rahmens *cc*, der seine Führung an den beiden Ständern des Dampfzylinders findet, direct auf die Kolbenstange *b* der Pumpe. Im Schlitz des Rahmens befindet sich ein Gleitstück, das den Kurbelzapfen einer Welle *d* um-

fasst, auf der einerseits das für die Steuerung des Dampfzylinders nöthige Excenter, andererseits ein kleines Schwungrad sitzt, welches eine gewisse Gleichförmigkeit im Gange der Pumpe herzustellen hat. Auch ist am Ende der Welle d ein viereckiger Ansatz bemerkbar, auf den eine Kurbel aufgesteckt werden kann, um allenfalls die Pumpe auch von Hand bewegen zu können. Die vier Ventile dieser Pumpe sind durch Kautschukscheiben gebildet, welche zur Hubbegrenzung mit Fangtrichtern versehen sind. Bei der Bewegung des Pumpenkolbens nach aufwärts wird durch das Saugrohr und das links unten befindliche Ventil das Wasser angesaugt und zu gleicher Zeit das ober dem Kolben befindliche Wasser durch das rechts oben liegende Ventil in das Druckrohr befördert, während beim Niedergange des Pumpenkolbens durch das links oben befindliche Ventil der Eintritt des Wassers stattfindet und das unter dem Kolben befindliche durch das rechts unten liegende Ventil entströmt. Man nennt deshalb auch die beiden auf der linken Seite befindlichen Ventile die Saugventile, im Gegensatz zu den beiden anderen, den Druckventilen. Diese Pumpe ist also, da sie bei jedem Hube des Pumpenkolbens gleichzeitig saugt und drückt, eine doppelwirkende.

Eine andere, sehr gebräuchliche Dampfumpenart ist in den Fig. 3 bis 5 dargestellt. Auch diese Pumpe ist vertical aufgestellt, und sitzt der Dampfzylinder A auf einem hohlen, cylindrischen Gehäuse C , das zugleich als Windkessel dient. Die Dampfkolbenstange a , welche von einer gegabelten Triebstange erfasst wird, überträgt durch diese ihre Bewegung auf die Kurbelwelle, auf der einerseits ein Schwungrad, andererseits ein kleines Zahnrad aufgekeilt ist und von der auch der Dampfschieber bethätigt wird. Die Kurbelwelle liegt in zwei auf einem starken Rahmen befindlichen Lagern, und hat dieser Rahmen — welcher durch vier Säulen mit dem Cylinder verbunden ist und mittelst Lappen auch noch an eine Wand befestigt werden kann — ausserdem noch zwei Lager, in denen eine zweite Kurbelwelle liegt. Auf letzterer ist ein grösseres Zahnrad aufgekeilt, welches in das früher erwähnte kleine Zahnrad eingreift, und erhält diese Welle somit durch die Zahnradübersetzung ihre Bewegung von der Schwungradwelle. Von der Kurbel dieser zweiten Welle wird durch die Triebstange e ein doppelarmiger Hebel f , der um einen im Gehäuse C angebrachten Zapfen g schwingt, in Bewegung gesetzt, welcher mittelst der an seinen Enden angreifenden Stangen bb die in den Pumpenzylindern BB befindlichen Kolben bewegt. Diese Pumpenzylinder (Pumpenstiefel) sind nach oben durch je einen kleinen Deckel

geschlossen, der das Hineinfallen von Unreinigkeiten zu verhüten hat. Der Windkessel steht auf einem gusseisenen Kasten, welcher die Kanäle, Ventile und Hähne für die einzelnen Functionen dieser Pumpen enthält.

Zu jedem der beiden Pumpencylinder BB gehören zwei Ventile, nämlich ein Saug- und ein Druckventil, von denen das erstere beim Heben des Pumpenkolbens durch den im Horizontalschnitte (Fig. 5) mit S bezeichneten Kanal das Wasser in den Cylinder B gelangen lässt; beim Niedergange des Kolbens wird das im Cylinder B enthaltene Wasser durch das zweite Ventil in den Raum D , welcher mit dem Windkessel C in Verbindung steht, gebracht, von wo es dann weiter befördert wird. Den Ein- und Austritt des Wassers bewerkstelligen die beiden Hähne 1 und 2, von denen die betreffenden Rohrleitungen abzweigen; von diesen beiden Leitungen kann eine jede sowol als Saug- als auch als Druckleitung dienen, was einfach durch das Verstellen der beiden Hähne geschieht, deren Schlüssel zu diesem Zwecke eigens verbunden sind, wie dies Fig. 12 zeigt. — Um zu verhindern, dass durch Unvorsichtigkeit (z. B. beim Inbetriebsetzen der Pumpe bei geschlossenen Hähnen der Rohrleitung) das Bersten eines Rohres oder eines Bestandtheiles der Pumpe wegen zu grosser erzeugter Spannung veranlasst werde, ist der Druckraum D mit einem entsprechend belasteten Sicherheitsventile V versehen. — Da die bei dieser Pumpe in Anwendung kommenden Kolben nur beim Aufgange saugen und beim Niedergange drücken, so ist selbe einfachwirkend.

Die Anordnung einer horizontalen Dampfpumpe zeigen Fig. 6 und 7. Auf einer gusseisenen Fundamentplatte ist einerseits der Dampfeylinder A , anderseits der Pumpencylinder B befestigt, und überträgt die Dampfkolbenstange a ihre Bewegung direct auf den Kolben der Pumpe, an welcher seitlich der mit einem Windkessel ausgestattete Ventilkasten angebracht ist. Der Pumpencylinder steht mit diesem durch eine zwischen dem Saug- und Druckventile einmündende Öffnung in Verbindung, und wird das Wasser bei der Kolbenbewegung nach rechts durch das untere Ventil angesaugt, während es bei der entgegengesetzten Bewegung durch das obere Ventil, das Druckventil, weiter befördert wird. — Die Verbindung der Kolbenstange a mit dem Pumpenkolben geschieht durch einen in der Fundamentplatte geführten Rahmen c , in dessen Schlitze sich (ähnlich wie in Fig. 1 und 2) der Kurbelzapfen einer gekröpften Welle d bewegt, welche in zwei angegossenen Stühlen der Fundament-

platte gelagert ist, und auf einer Seite durch ein aufgekeiltes Excenter die Bewegung des Dampfschiebers vermittelt und auf der anderen ein kleines Schwungrad trägt. Auf einem Ende der Schwungradwelle ist ein Viereck, um nöthigenfalls die Pumpe mittelst einer aufgesteckten Kurbel auch von Hand bewegen zu können.

2. Handpumpen.

Von den verschiedenen Arten der Handpumpen wollen wir die auf Schiffen meist verbreitete Downton-Pumpe (Fig. 8 bis 11) einer näheren Betrachtung unterziehen.

Auf einer Fundamentplatte *B* sitzt der verticale Pumpencylinder *A*, in welchem sich drei mit Kautschukventilen versehene Kolben bewegen. Auf diesem Cylinder ist ein Gehäuse befestigt, das mit einem Deckel verschliessbar ist und die Lager für eine dreifach gekröpfte Kurbelwelle *d* enthält, auf deren beiden Enden Handhaben tragende Schwungräder aufgesteckt sind. Jeder der drei Kurbelzapfen bewegt einen an den Wänden des Gehäuses geführten Rahmen (Fig. 9 u. 11), indem er in einen eigenthümlich geformten Schlitz eingreift, wodurch auch die durch Stangen mit den Rahmen verbundenen Kolben in Bewegung gesetzt werden. Der unterste Kolben 3 ist mit dem mittleren Rahmen durch eine gerade Stange verbunden, während die Kolbenstange des Kolbens 2 durch ein die erste Stange umgebendes Rohr gebildet wird, das am oberen Ende einen Ansatz trägt, an welchem seitlich die Stange des rechts befindlichen Rahmens befestigt ist. Auf diesem Ende ist endlich der Kolben 1 verschiebbar, und wird seine Bewegung durch die Stange des dritten Rahmens hervor gebracht. (Centrale Kolbenführung.)

In den unteren Theil des Pumpencylinders mündet das Saugrohr *C* ein, während über dem höchststehenden Kolben das Druckrohr mittelst des Dreiweghahnes *D* am Pumpencylinder angebracht ist. Das Saugrohr *C* ist U-förmig gebogen und in der Fussplatte *B* befestigt, wo es bei *b* (Fig. 10 und 11) in einer Verschraubung endigt. Zu beiden Seiten des Saugrohres sind in der Fussplatte noch andere Verschraubungen *a* und *c*; die erstere ist durch das Rohr *d* mit dem Sodraume des Schiffes, die letztere durch das Rohr *f* mit der See in Verbindung, und kann durch das mit einem Ventile versehene Knierohr (Fig. 10) entweder das Sodrohr oder das Seerohr mit dem Saugrohre der Pumpe verbunden werden, sowie auch das S-förmige Stück des Druckrohres *D* von *c* nach *a* gedreht und dort verschraubt werden

kann. — In der gezeichneten Stellung (Fig. 9 bis 11) wird demnach das Wasser aus dem Sodraume durch *a* angesaugt und durch den entsprechend gestellten Hahn *D* und durch das Rohr *c* in die See gedrückt. Bei jener Stellung, in welcher *b* mit *c* und *D* mit *a* verbunden ist, wird aus der See gesaugt und auf Deck oder auch, wenn der Hahn *D* umgestellt ist, in den Sodraum gedrückt.

Aus dem Gesagten ist ersichtlich, dass diese Pumpe als Sodpumpe zum Beschaffen des Wassers in die verschiedenen Schiffsräume und nöthigenfalls auch als Feuerspritze verwendet werden kann.

Um bei Feuersgefahr an jeden beliebigen Ort des Schiffes den Wasserstrahl der Pumpe hinleiten zu können, werden an das Druckrohr derselben, an eigens hiezu bestimmten Ansätzen, Hanf- oder Leder-schläuche angeschraubt. Dieselben sind zu diesem Zwecke an ihren Enden mit metallenen Rohreinsätzen versehen, und ist an einem Schlauchende der Einsatz *b* (Fig. 13) mit einer Mutter versehen, während am anderen auf dem Einsatze *a* ein Schraubengewinde geschnitten ist, wodurch auch die einzelnen Schlauchstücke miteinander zur erforderlichen Länge verbunden werden können. Am äussersten Schlauchende wird dann schliesslich noch ein conisches Kupferrohr angeschraubt, das an seinem engen Ende ein metallenes Mundstück besitzt. Diese Verengung des Rohrquerschnittes bezweckt die Vergrösserung der Geschwindigkeit des durchströmenden Wassers, indem durch den kleineren Querschnitt ebensoviel Wasser durchströmen muss als durch den grösseren, was zur Folge hat, dass beim Feuerlöschten auch die Tragweite des Wasserstrahls eine grössere wird. Die einzelnen Rohrverschraubungen sind mit je zwei Zapfen versehen, welche die Angriffspunkte für den eigens hiefür geformten Schraubenschlüssel (Fig. 15) bilden.

II. Destillatoren.

Ein Schiff, das eine grosse Reise zurückzulegen hat, ohne einen Hafen berühren zu dürfen, kann nicht das für seine Bemannung und die Reisenden für die ganze Dauer der Reise nothwendige Wasser mit sich führen, sondern ist mit einem Apparate versehen, der es ermöglicht, aus dem Seewasser Süsswasser zu gewinnen. Dieser Apparat heisst der Destillator.

1. Der Destillator mit zugepumptem Kühlwasser.

Dieser Destillator ist in der Fig. 1, Taf. 15 dargestellt. Er besteht aus einer meist cylindrischen Hülle, die zwei Böden *aa* trägt, in welche die Kühlröhren *B* eingezogen sind. In den unteren Deckel der Hülle mündet das durch einen Hahn oder ein Kingstonventil mit der See verbundene Rohr *D*, durch welches das Seewasser in die Kühlröhren gelangt, um durch das im oberen Deckel angebrachte Rohr *E* wieder in die See zu entweichen. In den von den beiden Rohrböden *aa* begrenzten Raum tritt durch den oben angebrachten Hahn *A* der Dampf ein, der natürlich alle Salztheile im Kessel zurückgelassen hat und nun an der Oberfläche der Kühlröhren zu Wasser condensirt wird, das sich am unteren Rohrboden ansammelt, von wo man es mittelst des Hahnes *C* entnimmt und in die Wasser- kisten leitet.

Im oberen Deckel des Apparates ist ein kleiner Hahn *d* angebracht, der dazu dient, die Luft aus dem Inneren des Destillators beim Eintritte des Kühlwassers entweichen zu lassen; ein zweiter am Rohre *D* befindlicher Hahn *b* hat beim Abstellen des Apparates das Entleeren desselben vom Kühlwasser (bei geschlossenen Seehähnen) zu vermitteln. Um eine raschere Circulation des Kühlwasseres, besonders bei höherer Temperatur desselben, bewerkstelligen zu können, ist das Rohr *D* mit dem Druckrohre der Dampfmaschine verbunden, welche dann das aus der See angesaugte Wasser durch den Apparat jagt und so eine raschere Condensation des Dampfes erzielt.

Das aus diesem Destillator gewonnene Süßwasser ist jedoch nicht vollkommen zweckentsprechend, da es oft noch verschiedene Verunreinigungen enthält; es muss daher, bevor es in die Wasser- kisten geleitet wird, einen Filtrirapparat passiren, in welchem dann die Verunreinigungen zurückbleiben.

2. Der selbstthätige Destillator von Perroy.

Derselbe ist in Fig. 2 und 3 der Taf. 15 dargestellt. Er besteht aus einem nahezu parallelepipedischen Kasten, in welchem Röhren eingeschoben sind; auf jene Wände, welche die Rohrenden aufnehmen, sind eigenthümlich geformte Deckel *C*, *D* aufgesetzt, welche den durch die Röhren ziehenden Dampf im Zickzack durch den Apparat leiten. Die Dichtung der Rohrenden erfolgt durch Kaut-

schukplatten, welche zwischen den in der Figur ersichtlichen Doppelwänden liegen; auch die Deckel *C* und *D* werden mit Kautschukplatten auf die Aussenseiten der Abschlusswände gedichtet.

Die Abkühlung des diese Rohre *b, b, d, d* durchstreichenden Dampfes wird durch Seewasser bewirkt, welches durch das Kingstonventil und Rohr *F* unten eintritt, durch Erwärmung specifisch leichter wird und somit nach aufwärts steigt, endlich durch das Rohr und Ventil *g* wieder in die See ausströmt. Der Dampf gelangt von *A* aus durch zwei ineinander gesteckte conische Röhren beim Stutzen *B* in die Kühlröhren *bb*. Das äussere dieser conischen Rohre enthält zwei Lufthähnchen *aa*. Wenn der Dampf aus dem Conus des einen Rohres in das andere überströmt, bewirkt er ein lebhaftes Ansaugen und Mitreissen der Luft in den Apparat, welche dann beim Condensiren des Dampfes im Wasser enthalten bleibt, wenn dessen Temperatur nicht 35° C. übersteigt. Es ist daher beim Gebrauche des Apparates darauf zu sehen, dass diese Temperatur nicht überschritten werde, indem sonst die Luft unbenützt wieder entweichen und das luftfreie destillirte Wasser einen faden Geschmack besitzen würde. Am Apparate sind rechts unten zwei Hähne *ff*, von denen der obere die überschüssige Luft entweichen lässt und auch zur Regulirung des im Inneren des Apparates herrschenden Druckes dient, während durch den unteren Hahn das beim Abstellen noch im Apparate enthaltene destillirte Wasser abgelassen werden kann. Der am Rohre *F* angebrachte Hahn *g* hat das Abfließen des Kühlwassers nach dem Gebrauche des Apparates zu besorgen. — Das destillirte Wasser gelangt durch die unterste Rohrreihe in das mit einem Hahne versehene Rohr *E*; in diesem wird es durch den im Destillator herrschenden Druck gehoben und fliesst durch einen Trichter in den Filtrirapparat (Fig. 3).

Das Filter besteht aus einem mit Knochenkohle und Kalk gefüllten Kasten, welcher die Zwischenwände *klk* enthält, durch welchen das destillirte Wasser strömt, wobei es von allen mitgebrachten Unreinigkeiten gesäubert wird und gereinigt durch das Rohr *m* abfliesst. Der im Deckel des Filters befindliche Hahn dient zum Entweichen der Luft und der allenfalls sich bildenden Gase (Kohlensäure).

Bei der Ingangsetzung dieses Destillators öffnet man zuerst das Kingstonventil *F*, hierauf den Hahn im Rohre *E*, sodann die Kühlwasserausströmung *G*, die beiden Lufthähne *aa* und endlich die Dampfeinströmung *A*. — Zu Anfang wird bei dem oberen Hahne *f*

blos Luft ausströmen, aber bald erscheint das destillirte Wasser, worauf man den Hahn langsam so weit schliesst, bis wieder blos Luft ausströmt. Hat die Condensation begonnen, so regelt man die Dampfeinströmung, bis das destillirte Wasser eine Temperatur von $30^{\circ} C.$ zeigt, welche Temperatur nicht überschritten werden soll, und wird die Thätigkeit des Destillators durch den Dampfahn im Rohre *A*, durch die beiden Lufthähnen *aa* und durch den Hahn im Rohre *E* geregelt.

Beim Abstellen desselben schliesst man alle Hähne mit Ausnahme von *aa* und *ff*, welch' letztere zur Entleerung der Kühlrohre dienen, und öffnet man schliesslich noch den Hahn *g*, um das Kühlwasser abzulassen und den ganzen Apparat trocken zu legen.

III. Sodwasser-Ejectoren.

Es kann vorkommen, dass durch ein entstandenes Leck so viel Wasser in den Schiffsraum tritt, dass es durch die gewöhnlichen Pumpen nicht bewältigt werden könnte; man hat deshalb auf vielen Schiffen im Sodraume einen Sodwasser-Ejector aufgestellt, und ist die Abbildung eines solchen (nach dem Systeme Friedmann construirten) auf Taf. 15, Fig. 4 ersichtlich.

In einem cylindrischen Gehäuse, das mit einem darunter liegenden Saugkorbe in Verbindung steht, befinden sich trichterförmige, ineinander geschobene Düsen *cc*, deren centrale Öffnungen gegen das conische Stück *d* zu immer grösser werden. Durch das mit einem Conus *a* versehene Rohr *A* tritt der Dampf in den Apparat, reisst die darin befindliche Luft bei seinem Übertritt nach *b* und nach den folgenden Düsen durch die vorhandenen ringförmigen Zwischenräume mit sich fort, es entsteht ein Vacuum, durch welches das Sodwasser gezwungen wird, von *B* aus nachzuströmen. Der Dampfstrahl wird von dem angesaugten Wasser ringförmig umgeben und condensirt; zugleich wird er jedoch dem nachströmenden Wasser so viel Geschwindigkeit und Bewegung ertheilen, dass es durch das Ausgussrohr *C* aufsteigt, von wo es dann in die See gelangt. Dieses Rohr enthält auch die mit einem Hebel versehene Klappe *D*, durch deren Abschluss der Dampf gezwungen wird, seinen Weg durch den Saugkorb zu nehmen, wobei derselbe durch das Sieb ausströmen muss

und alle die Öffnungen desselben verstopfenden Gegenstände mit sich fortreisst, demnach also das Sieb reinigt. Öffnet man die Klappe *D* wieder, so setzt der Apparat seine frühere Thätigkeit augenblicklich wieder fort.

Nur wenn das Sodwasser sich beträchtlich erwärmt haben sollte, also die Condensation des in die Düsen gelangenden Dampfstrahles nicht platzgreifen kann, wird dieser Apparat versagen.

J. U.

Sechster Abschnitt.

Beschreibung der wichtigsten und verbreitetsten Arten von Schiffsdampfmaschinen.

(Mit besonderer Rücksicht auf die in S. M. Kriegsmarine gebräuchlichsten Gattungen.)

Die Schiffsmaschinen haben, wie wir bereits gesehen, die mannigfachsten Formen erhalten, deren wichtigste auch im Nachfolgenden beschrieben werden sollen; doch vorher müssen wir uns darüber klar werden, weshalb man so verschiedene Formen oder Typen gebraucht und unter welchen Umständen man das eine oder das andere Maschinensystem verwenden wird.

Bei der Wahl eines Systemes wird man zuerst den Zweck des Schiffes selbst ins Auge fassen; es ist sofort einleuchtend, dass für ein Transportschiff ein anderes System zu wählen sein wird, als für ein Kriegsschiff. Bei dem ersteren wird man vor allem darauf sehen, die Maschine in einem möglichst geringen Raume unterzubringen, um auch für den Transport den nöthigen Platz zu gewinnen, während man bei den letzteren bestrebt sein wird, die Maschine möglichst gesichert unterzubringen, damit dieselbe den feindlichen Geschossen nicht unnöthiger Weise ausgesetzt sei, was man dadurch zu erreichen sucht, dass man die Maschine sammt ihrem Dampfzeuger im untersten Schiffsraume installirt, so dass sie ganz unter den Wasserspiegel zu liegen kommt. Hiedurch ist man bei Kriegsschiffen schon genöthigt, die unter Wasser arbeitende Schraube als Treibapparat zu wählen, die dann ebenfalls geschützt erscheint.

Bei Transport-Fahrzeugen wählt man zumeist die verticale Aufstellung, als die am wenigsten Raum einnehmende, wobei nicht vermieden werden kann, dass ein grosser Theil der Maschine über dem

Wasserspiegel zu liegen kommt, was aber hier von nebensächlicher Bedeutung ist; man kann bei solchen Fahrzeugen entweder das Schaufelrad oder die Schraube als Treibapparat anwenden. — Das Schaufelrad wird in jenen Fällen angewendet, wo es sich darum handelt, einen ruhigen Gang zu erzielen, wo der Raum, den die Propelleraxe einnehmen würde (Tunnel), nicht entbehrlich ist, endlich wo der Tiefgang des Schiffes es nicht gestattet, eine genügend grosse Schraube anzubringen. — Bei Raddampfern wird die Welle in der Breitenrichtung des Schiffes liegen und an jedem Ende ein Schaufelrad tragen, daher ihre Entfernung vom Wasserspiegel etwas kleiner sein muss als der Halbmesser des Rades; bei Schraubenschiffen liegt die Welle in der Längsrichtung des Schiffes oder parallel zu derselben und wenigstens um den Halbmesser der Schraube unter der Wasserlinie.

Der Fall, dass die Welle einer Schraube nicht in der Mittellinie des Schiffes liegt, tritt ein, wenn man zwei Schrauben nebeneinander als Treibapparat benützt, deren Axen dann zu einander parallel sind und zu beiden Seiten der Längsmittellinie liegen. Für den Betrieb jeder Schraube ist dann eine eigene Maschine vorhanden; das System der Zwillingschrauben wird namentlich bei Schiffen von sehr geringem Tiefgange angewendet.

Schiffsmaschinen sind fast immer Condensationsmaschinen, da das Injections- oder Kühlwasser sehr leicht zu beschaffen ist und das Brennmaterialersparniss bei diesen Maschinen von grosser Wichtigkeit erscheint; alle neueren Maschinen sind auch mit Expansionsvorrichtungen ausgestattet. Die Maschinen für Räderschiffe sind sehr verschieden von jenen für Schraubenschiffe, und zwar sowol in Rücksicht auf ihre Formen als auch in Bezug auf die Kolbengeschwindigkeit, denn es wird, um die gleiche Schiffsgeschwindigkeit zu erzielen, die verhältnissmässig kleine Schraube stets viel mehr Umdrehungen in der Zeiteinheit machen müssen, als ein zum gleichen Zwecke gewendetes Schaufelrad.

Eine besondere Eigenthümlichkeit der Schraubenschiffsmaschinen, welche hauptsächlich durch die grosse Umdrehungszahl bedingt wird, ist der grosse Durchmesser der Dampfcylinder im Verhältnisse zum Kolbenhube, denn die Kolbengeschwindigkeit darf gewisse Grenzen (3 *m*/ pr. Sec.) nicht überschreiten, da sich sonst Kolben und Cylinder zu sehr abnützen; es ist klar, dass diese Geschwindigkeit bei gleichbleibender Umdrehungszahl um so geringer ausfällt, je kleiner der Kolbenhub gemacht wird.

Die Schiffsmaschinen sind beinahe immer Zwillingmaschinen, da ein Schwungrad anzubringen in den seltensten Fällen möglich wäre und weil sie mit Leichtigkeit umzusteuern und vom Zustand der Ruhe zuversichtlich in jeder Kurbelstellung in Bewegung zu versetzen sein müssen, was bei Maschinen mit nur einem Dampfzylinder immer mit grösseren oder geringeren Schwierigkeiten verbunden wäre.

I. Verticale Schiffsmaschinen mit directwirkenden Triebstangen (Dampfhammersystem).

1. Maschine für ein Dampfboot.

Bei Fahrzeugen für untergeordnete Zwecke, wie z. B. für Dampfbarakassen, wendet man sehr häufig eincylindrige Hochdruckmaschinen ohne Condensation an, da bei selben eine bedeutende Manövrirfähigkeit nicht nothwendig, der Kohlenverbrauch nicht von hoher Bedeutung ist, und man möglichst geringe Gewichte und Einfachheit der Construction bei den Maschinen solcher Boote in erster Linie zu erreichen bestrebt ist.

Auf Taf. 16 ist eine solche Maschine für Dampfbarakassen sammt zugehörigem Kessel vorgeführt. Wegen des hier zur Anwendung kommenden hohen Dampfdruckes (5 bis 6 Atmosphären) wird bei selben für den Dampfkessel die cylindrische Form gewählt und sind nur die Kesselböden aus starken, ebenen Platten gebildet, die verankert sein müssen, um durch den Dampfdruck nicht ausgebaucht zu werden. — Fig. 1 und 2 zeigen einen Röhrenkessel, wie er für genannten Zweck häufig zur Verwendung gelangt. In der cylindrischen Hülle ist ein Feuerrohr eingeschoben, in welchem sich der Rost *A* befindet; die einzelnen Roststäbe liegen mit ihren Enden auf den Rostträgern *a* und *b*, von denen der letztere eine aus feuerfesten Ziegeln gebildete Feuerbrücke trägt. Die abziehenden Verbrennungsproducte gelangen zuerst in die Feuerbüchse *B*, deren rückwärtige Wand durch die Stehbolzen *ee* mit dem Kesselboden verbunden und so genügend gegen den Dampfdruck versteift ist. Der hintere Kesselboden ist ausserdem noch durch zwei im Dampftraume befindliche Anker mit dem vorderen Boden verbunden. Von der Feuerbüchse gehen die Siederohre *C* nach dem vorderen Kesselboden, wo sie in die an demselben befestigte Rauchkammer einmünden,

welche behufs Reinigung der Rohre mit Thüren versehen ist. In gewissen Abständen sind statt der Siederohre Stützenrohre *g* eingeschaltet, die zur Versteifung der ebenen Rohrplatten dienen und besondere Anker unnöthig machen. Von der Rauchkammer aus gelangen die Verbrennungsgase durch ein knieförmiges Rohr *D* in den mittelst der Charniere *cc* umlegbaren Kamin und geben auf dem Wege durch den Wasser- und durch den Dampfraum des Kessels noch einen Theil der in ihnen enthaltenen Wärme nutzbar ab. Zur Vergrößerung des Dampfraumes eines solchen Kessels ist auf demselben noch ein Dampfdom *E* aufgesetzt, der einen cylindrischen Querschnitt und ein Kugelsegment zur Decke hat, durch welche das Rauchrohr *D* ausmündet. Um dieses letztere herum ist auf der Kesselhülle selbst ein cylindrischer Stutzen aufgesetzt, und wird der in diesem Kessel entwickelte Dampf dadurch genöthigt sein, den so entstehenden ringförmigen Raum zu durchströmen, um in den Dampfdom gelangen zu können, auf welchem Wege er durch die abgegebene Wärme des Rauchrohres *D* getrocknet wird, und wobei das allenfalls doch noch mitgerissene Wasser herabfällt und durch die an dieser Stelle durchlöchernte Kesselhülle wieder in das Innere des Kessels gelangen kann.

Auf dem Dampfdom sitzen ausser dem Manometer noch die beiden Sicherheitsventile *kk* (Fig. 3), die durch Federn, welche sich in den Gehäusen *x* befinden und deren Spannung durch die Muttern *mm* regulirt werden kann, indirect belastet sind. — Der Kessel ruht auf angevieteten, gusseisernen Prätzen, ist mit Filz und darüber liegendem Holz verkleidet, um die durch Wärmestrahlung entstehenden Verluste herabzumindern, und wird nur an der Ausmündung des Rauchrohres *D* mit feuersicherem Material belegt, worüber eine Blechhaube angebracht wird, die dasselbe vor dem Regen und der Feuchtigkeit überhaupt zu schützen hat.

Bei einem so kleinen Kessel ist ein Hauptaugenmerk darauf zu richten, dass die Reinigung desselben von Schlamm, Kesselstein und Salz leicht vorgenommen werden kann. Zu diesem Behufe ist oben an der Kesselhülle ein Mannloch *h* angebracht, sowie sich im unteren Theile des vorderen Kesselbodens ein Schlammloch befindet, um den im unteren Kesseltheile sich ansammelnden Schlamm entfernen zu können; in vielen Fällen muss an solchen Kesseln wegen des zu geringen Raumes für das Schlammloch eine kleine Ausbauchung der Kesselhülle, ein Schlamm sack, hergestellt werden. Die Reinigung durch die genannten zwei Öffnungen ist jedoch keineswegs genügend,

da der Kessel an vielen Stellen unzugänglich ist, und es werden daher diese Kessel oft auch so construirt, dass man sie ohne viele Mühe zerlegen und wieder leicht zusammensetzen kann. Zu diesem Behufe ist dann der vordere Kesselboden bloß mit dem Feuerrohre vernietet, mit der Kesselhülle aber durch ein auf dieser festgenietetes Winkeleisen verbunden, an dem er nur festgeschraubt wird. Löst man die Schrauben *d*, sowie die des ähnlich befestigten Rauchrohres, und nimmt hierauf noch die äusseren Muttern der Stehbolzen *e* und der beiden Anker im Dampfraume ab, so ist es klar, dass man dann den vorderen Kesselboden sammt dem Feuerrohre, der Feuerbüchse und den Siederohren aus dem Kessel entfernen und nun den Kessel in allen Theilen ganz bequem wird reinigen können. Um dies Herausziehen, sowie das richtige Einbringen dieses Theiles zu erleichtern, sind am Feuerrohre selbst Füße angebracht, die als Führung zu dienen haben (Fig. 2).

Die Maschine (Fig. 1 und 3) ist am hinteren Kesselboden befestigt. Der Dampfzylinder *F* hat an seinem Umfange zwei Kanäle angegossen, von denen der eine, mit dem Ventile *p* (Fig. 4) sperrbare, der Dampfströmungskanal ist und durch das Knierohr *f* mit dem obersten Raume des Dampfdomes in Verbindung steht; der andere ist der Ausströmungskanal, und gelangt der ausströmende Dampf durch das zweite Knierohr *l* in den Kamin, wo er durch seine Ausströmungsgeschwindigkeit den Zug vermehrt, also die Verbrennung auf dem Roste *A* befördert. Der Cylinder steht durch die Kreuzkopfführung mit einer Platte in Verbindung, auf welcher sich die Lager der Kurbelwelle befinden; Kolben, Kolbenstange, Kreuzkopf und Triebstange sind wie gewöhnlich angeordnet. — Der Dampf tritt durch das geöffnete Ventil *p* in den Schieberkasten ein, in welchem sich ein gewöhnlicher Muschelschieber befindet, der durch eine Stephenson'sche Coulissee *H* bethätigt wird, deren Aufhängstange am Umsteuerungshebel befestigt ist, wodurch es möglich wird, das eine oder andere Excenter zur Wirksamkeit zu bringen; um den Umsteuerungshebel in seiner Lage festzuhalten, ist derselbe mit einem Auge versehen, durch welches eine am Cylinder befestigte Stange geht, an die der Hebel mittelst einer Schraube festgeklemmt werden kann. — Am Ende der Kurbelwelle sitzt ein kleines Schwungrad, das zugleich die Kupplung zwischen dieser und der Propelleraxe zu bewerkstelligen hat, was in der Weise geschieht, dass vier in einer verschiebbaren Muffe befestigte Mitnehmerbolzen *i* in ebensoviele Löcher des Schwungrades eingreifen; rückt man diese Kupplungs-

muffe auf dem Keile nach rückwärts, so dass die Bolzen ausser Eingriff kommen, so wird sich die Maschine leer drehen, während im Gegenfalle die Propelleraxe von ihr mitgenommen werden wird. Dieses Ein- und Ausrücken besorgt der in ähnlicher Weise wie der Umsteuerungshebel festzustellende Ausrückhebel *G*, und dient die lösbare Kupplung dazu, die leichtere und bequemere Montirung der Maschine und des Kessels zu ermöglichen, und allenfalls beim Stehen der Barkasse die Kesselspeisung mittelst der Maschinenpumpen vornehmen zu können, wenn alle anderen Speiseapparate (Injector und Handpumpe) undienstbar geworden sein sollten.

Den Druck des Propellers, beziehungsweise den Gegendruck des Kielwassers, überträgt das Thrustlager *q* durch eine entsprechend starke Unterlage, den Thrustlagerbock, auf den Schiffskörper. Auf der Kurbelwelle sitzt auch noch ein drittes Excenter, das durch ein Gleitstück, von dem es umgeben ist, auf einen zweitheiligen vier-eckigen Rahmen wirkt, welcher auf zwei gegenüberliegenden Seiten die Kolben für die Speisepumpen *o* trägt. — Fig. 5 zeigt die Kesselspeisepumpen im Durchschnitte. Das Speisewasser wird entweder aus der See oder, wenn der Kessel mit Süßwasser gespeist werden soll, aus den an Bord befindlichen Wasserkisten gesaugt und durch das Druckventil und den Windkessel *u* in den Dampfkessel gepresst. — Ausser diesen Pumpen sind noch andere Vorrichtungen zur Kesselspeisung vorhanden; so befindet sich gewöhnlich auf jeder Barkasse ein Injector, um beim Versagen der Pumpen oder beim Stillstande der Maschine die Kesselspeisung zu ermöglichen, und endlich wird noch manchmal eine kleine Handpumpe (Fig. 8), die ganz ähnlich der Maschinenspeisepumpe construiert ist, beigegeben, um den Kessel vor der Inbetriebsetzung leicht füllen zu können. An den beiden Maschinenspeisepumpen sind (Fig. 3) Lufthähnchen angebracht, die geöffnet werden, wenn genügend viel Wasser im Kessel vorhanden ist; es wird dann von diesen kein Wasser mehr angesaugt werden können, weil die Luft in den Pumpentiefel gelangen und bei der Kolbenbewegung durch das betreffende Hähnchen ein- und ausströmen kann. — Auf dem hinteren Kesselboden, an welchem die Maschine befestigt ist, befinden sich auch der Wasserstandszeiger und zwei Probirhähne; das Glas ist mit einem Schutzblech umgeben, damit bei See oder starkem Regen das hereinspritzende kalte Wasser das heisse Glas nicht zum Zerspringen bringe. Ausserdem ist ein Abschaum- und ein Durchpresshahn am Kessel angebracht und im Bote ein zugehöriger Seehahn installiert.

Die mit der Kurbelwelle gekuppelte Propelleraxe ist an dem Theile, der sich im Stevenrohre befindet, mit einem Metallüberzug versehen, um durch das Wasser nicht angegriffen zu werden. Das metallene Stevenrohr wird von innen in das Boot eingebracht, wo seine kreisrunde Flantsche mit Schrauben r am Stevenstück befestigt wird, und trägt dasselbe noch eine Stopfbüchse, die das Eindringen des Wassers durch das Stevenrohr zu verhindern hat. Das äussere Ende des Stevenrohres erhält eine von t bis zum Ansatz s reichende Pockholzfütterung, auf welcher die Axe läuft, an deren äusserstem conischen Ende der Propeller K aufgekeilt und mit der Metallmutter v festgehalten wird. Der aus Metall erzeugte Propeller ist hier eine gewöhnliche conoidische Schraube mit vier Flügeln.

2. Maschine für einen Transportdampfer.

Die Art und Weise, auf welche eine Dampfmaschine in einem Transportdampfer oder in einem Handelsfahrzeuge sehr häufig untergebracht wird, ersehen wir aus Taf. 17. Auf starken Balken ruhen die zwei Dampfkessel AA , deren Roste B durch die Feuerthüren a von dem dahinter befindlichen Heizraume bedient werden. Die Verbrennungsgase streichen durch die Siederohre D , von wo sie in die Rauchkammern b gelangen und durch die Überhitzer E in den gemeinschaftlichen Kamin F entweichen, der zur Verhütung der Wärmestrahlung mit zwei cylindrischen Röhren umgeben ist, welche man Kaminmäntel nennt. Um das Eindringen des Regens zwischen den Kamin und seinem Mantel zu verhüten, was für die Kessel selbst sehr schädlich wäre, ist am Kamin ein über den äusseren Mantel reichendes Schutzdach befestigt. — Zur Vermittlung der Ventilation sind die zwei Ventilationsrohre dd angebracht, deren oberer Theil (Helm) drehbar ist, um gegen die Windrichtung gestellt werden zu können, und hiedurch einen lebhafteren Luftwechsel hervorzubringen; ausserdem dienen diese Rohre zum Hissen der Asche aus dem Heizraume auf Deck.

Auf jedem der Kessel sitzen je zwei in einem Gehäuse h vereinigte Sicherheitsventile, deren Ausblasrohre in ein gemeinschaftliches Rohr münden, welches dann senkrecht nach aufwärts über Deck geht und das Dampfabblassrohr genannt wird. — Vermittelst einer Stiege gelangt man aus dem Heizraume zuerst auf die sich gegen das Achterschiff ausbreitende Maschinenplattform, von welcher wieder eine Stiege auf Deck, eine andere zu einer zweiten Plattform führt, die in unmittelbarer Nähe der Kesselfronten sich befindet, und von

welcher aus die Dampfabsperrentile *cc* der Kessel geöffnet oder geschlossen werden können. Die Dampfrohre dieser Ventile vereinigen sich zu einem gemeinschaftlichen, dem Hauptdampfrohre, das in einen, die beiden Dampfzylinder *HH* umgebenden Dampfmantel mündet, von wo der Dampf erst in die Schieberkasten gelangt.

Die Maschine selbst ist vertical angeordnet und kann in gleicher Art als Hoch- und Niederdruckmaschine aufgestellt werden, in welchem Falle anstatt der Kofferkessel cylindrische Hochdruckkessel zur Anwendung kommen. Mit der Fundamentplatte, auf welcher sich die Kurbelwellenlager befinden, sind die Dampfzylinder einerseits durch die Condensatoren *L*, anderseits durch starke schmiedeiserne Säulen verbunden, und ist mittels dieser Fundamentplatte die ganze Maschine auf dem aus starken Balken gebildeten Maschinenfundamente befestigt. In der Zeichnung sind die in die Condensatoren mündenden Dampfausströmungsrohre und hinter den Condensatoren die Centrifugalpumpe *k* (Fig. 3) ersichtlich, welche die Circulation des Kühlwassers besorgt; mittelst des Speichenrades (Steuerrad) *e* wird die Maschine umgesteuert; durch die auf der Plattform stehende Dampf-pumpe *l* können die Kessel gespeist werden.

Hinter dem Schneckenrade sehen wir eine starke Aufklotzung, den Thrustlagerbock, welcher mit dem Schiffskörper fest verbunden ist und den auf das Thrustlager *f* ausgeübten Druck dem Schiffe selbst mittheilt. Dieser Thrustlagerbock befindet sich am Anfange eines Ganges, der Tunnel genannt wird, durch welchen man zu einem Axenlager, einer Axenkupplung und zur Stopfbüchse des Stevenrohres *g* gelangen kann, das von aussen mit einem Sattel auf dem Achtersteven befestigt ist. Der am Ende der Axe sitzende Propeller *K* befindet sich zwischen dem Achter- und dem Rudersteven; hinter letzterem ist erst das Steuerruder angebracht.

Der auf beiden Seiten der Maschine und Kessel übrig bleibende Raum wird zu Kohlenmagazinen verwendet.

II. Horizontalliegende Schiffsmaschinen.

Auf Kriegsschiffen werden fast ausschliesslich horizontale Maschinen im untersten Raume aufgestellt, und sind dieselben hauptsächlich Maschinen mit zurückgelegten Triebstangen oder aber Trunkmaschinen. Diese beiden als die wichtigsten Systeme sollen hier näher beschrieben werden.

1. Maschine mit zurückgelegten Triebstangen.

Auf Taf. 18 ist eine Maschine mit zurückgelegten Triebstangen dargestellt. Selbe ist eine Zwillingmaschine, d. h. es sind zwei ganz gleiche, vollständige Maschinen vorhanden, die auf eine gemeinschaftliche Kurbelwelle wirken, wovon in der Zeichnung jedoch nur eine Maschine abgebildet wurde.

Der im Cylinder A sich bewegende Dampfkolben K besteht aus einem durch Rippen versteiften hohlen Kolbenkörper aus Gusseisen, auf dessen Umfang ein Ring geschoben ist, der, an einer Stelle gespalten, durch kleine Stahlfedern (Fig. 4) gegen die Cylinderwandungen gedrückt wird und so den dampfdichten Abschluss zwischen dem Raume vor und hinter dem Kolben herstellt. Die beiden Kolbenstangen S_1 und S_2 gehen durch Stopfbüchsen aus dem Cylinder, dessen Deckel an entsprechenden Stellen kleine verschliessbare Öffnungen zum Anziehen der Kolbenstangenmuttern enthält; diese Öffnungen, sowie das im Cylinderboden befindliche Mannloch, dienen auch zum Untersuchen und Reinigen des Cylinders und Kolbens. Boden und Deckel des Cylinders sind doppelwandig, um Verluste durch Wärmestrahlung zu vermeiden, während der Cylinder selbst von einem Dampfmantel umgeben ist. An den tiefsten Punkten des Cylinders sind die Sicherheitsventile FF angebracht, sowie auch die durch Rohre mit dem Cylinder in Verbindung stehenden Durchblashähne.

Die Dampfkanäle endigen seitlich in einem hier vertical liegenden Schieberspiegel, auf dem der Schieberkasten befestigt ist; in diesem bemerken wir den mit einer Entlastung versehenen Penn'schen Gitterschieber a , der sich auf dem Schieberspiegel hin- und herbewegt, und ausserdem noch einen Meyer'schen Expansionsschieber.

Der Vertheilungsschieber erhält seine Bewegung von den beiden Excentern $d_1 d_2$ durch eine Stephenson'sche Coulisse, und wird das Heben und Senken derselben durch eine eigene kleine Umsteuerungsdampfmaschine N besorgt. Der Expansionsschieber, dessen beide Lappen sich in einem Kanale des Vertheilungsschiebers bewegen, wird vom Excenter e durch die Excenterstange c in Bewegung gesetzt; seine Schieberstange, welche durch beide Wände des Schieberkastens geht, hat bei g_2 ein auf einem Keile verschiebbares Kegelrädchen sitzen, das in einem Bügel (Fig. 1) festgehalten wird. Von der Welle g , die an ihrem Ende ein Handrad sitzen hat, kann durch das am anderen Ende derselben und durch die auf der Zwischenwelle g_1 befind-

lichen Kegehrädchen die Expansionsschieberstange gedreht und so der Füllungsgrad während des Ganges der Maschine geändert werden. Die Welle g ist in einer mit einem Schlitz versehenen Hülse gelagert, in dem sich beim Drehen der Welle ein Zeiger verschiebt, welcher an der auf der Hülse befindlichen Theilung den fallweisen Füllungsgrad anzeigt.

Der Dampf gelangt vom Dampfkessel durch das Rohr R in den Schieberkasten und wird, nachdem er im Cylinder seine Arbeit abgegeben, durch das Ausströmungrohr B in den Condensator C geleitet. Derselbe ist ein Oberflächen-Condensator mit horizontalen Röhren; durch den in Fig. 3 ersichtlichen verticalen Kanal gelangt das condensirte Wasser zu den Ventilen der Luftpumpe L ; der Kolben derselben erhält seine Bewegung durch eine direct im Dampfkolben befestigte Kolbenstange (Fig. 4) und schafft einen Theil des Condensationswassers in die Cisterne X , von wo es durch die Speisepumpe P_1 angesaugt und durch das Rohr s in die Dampfkessel gedrückt wird. Der Kolben der Speisepumpe wirkt mit seiner Verlängerung auch noch in dem Stiefel der Leckpumpe P_2 , welche das Sodwasser durch das mit einem Seiher versehene Rohr y anzusaugen, durch das Rohr y_1 aber in die See zu drücken hat, und erhält der gemeinschaftliche Kolben dieser beiden Pumpen seine Bewegung von der Kolbenstange S_2 durch einen mit ihr in Verbindung stehenden, in der Fig. 2 ersichtlichen Kopf.

Das von der See durch das Rohr m eingetretene Kühlwasser wird von der Centrifugalpumpe T , zu deren Betrieb eine eigene kleine Dampfmaschine H aufgestellt ist, durch den Kanal u in die Röhren des Condensators getrieben, dessen Deckel so angeordnet sind, dass sich das Wasser im Zickzack durch die Röhren bewegen muss, bevor es aus dem Condensator durch das Ausflussrohr p wieder in die See gelangt. — Um nöthigenfalls auch mit Einspritz-Condensation arbeiten zu können, ist am Kasten der Centrifugalpumpe ein Schieber und das Rohr J vorhanden, das in einer Brause endigt, durch welche das Injectionswasser in den Condensator gelangt, wo es mit dem ausströmenden Dampfe in Berührung tritt.

Um aber, im Falle die Centrifugalpumpe brechen sollte, dennoch die Oberflächen-Condensation gebrauchen zu können, ist die Einrichtung getroffen, dass aus dem Rohre m das Wasser auch direct in den Condensator gelangen kann; zu diesem Zwecke sind eigene Ventile an diesem Condensator angeordnet, durch welche man in die Lage gesetzt ist, die halbe Luftpumpe als Circulationspumpe benützen zu können.

Die Kolbenstangen S_1 und S_2 , von denen die erstere über, die letztere unter der Kurbelwelle hinweggeht, übertragen ihre Bewegung auf den in den Schlittenführungen GG hin- und hergleitenden Kreuzkopf; die Triebstange umfasst mit ihren lagerartigen Köpfen einerseits den Kreuzkopfpapfen Z_2 , anderseits den Kurbelpapfen Z_1 , und bringt so die rotirende Bewegung der Kurbelwelle hervor. Auf dem Ende der Kurbelwelle sitzt ein Schneckenrad U , welches durch die Mitnehmerbolzen W mit einer auf der Propelleraxe aufgekeilten Kuppelungsscheibe verbunden ist und mittelst der eingreifenden Schnecke V ein Drehen der ganzen Maschine von Hand ermöglicht.

Die Kurbelwelle findet ihre Lagerung in drei starken Lagerstühlen, welche nicht nur mit dem Fundamente, sondern durch starke Flanschen auch mit den Cylindern und den Condensatoren fest verbunden sind; die Gewichte der Kurbeln werden durch gusseisene Gegengewichte ausgeglichen.

Es bleibt noch die Art der Umsteuerung dieser Maschine zu besprechen übrig. Die Aufhängestange der Coulissee geht hier nach abwärts zu dem auf der Steuerungswelle M sitzenden Hebel M_1 ; diese Welle trägt ein Schneckenrad, in welches eine Schnecke eingreift, deren verticale Axe durch ein Kegelräderpaar von der Umsteuerungs-Dampfmaschine N bewegt wird, welche letztere somit das Heben und Senken der Coulissee besorgt und in Fig. 5 und 6 besonders abgebildet erscheint.

Diese Umsteuerungs-Dampfmaschine, eine verticale Zwillingmaschine mit einseitigen Trunks, ist durch die Art ihrer Steuerung bemerkenswerth. Die Schieber, sogenannte Glockenschieber, sind nämlich hohle, nach beiden Seiten offene Cylinder, welche durch Excenter bewegt werden, die unter 90° gegen ihre respectiven Kurbeln aufgekeilt sind. Die Ein- und Ausströmung des Dampfes wird bei diesen Hilfsmaschinen durch zwei Kanäle bewerkstelligt, wovon der eine mit den Hohlräumen der Schieber, der andere mit dem sie umgebenden Raume in Verbindung steht, und die beide in einem und demselben Schieberspiegel endigen, der auch die Mündung des Ausströmungskanals enthält. Auf dem Schieberspiegel sitzt ein Schieberkasten, in welchem sich der Muschelschieber t befindet, der von aussen durch die Stange z bewegt werden kann.

Je nachdem der Schieber t in einer seiner beiden Endstellungen steht, kann diese Hilfsdampfmaschine in einem oder dem entgegengesetzten Sinne sich bewegen; und wird somit auch die Umsteuerungswelle nach vor- oder rückwärts bewegt, wodurch man in die Lage

gesetzt ist, der Stephenson'schen Coulissee, welche die Umsteuerung der grossen Dampfmaschine besorgt, die gewünschte Stellung zu ertheilen.

(An einem Modell eingehender zu erklären.)

2. Trunkmaschine.

Auf Taf. 19 ist eine Trunkmaschine dargestellt. Im Dampfcylinder A befindet sich ein Kolben, auf dessen einer Seite ein Rohr D_1 angegossen, auf der anderen Seite ein zweites Rohr D angeschraubt ist, welche Rohre zusammen der Trunk genannt werden. In der Mitte des Trunks ist auf zwei starken Lappen desselben ein schmiedeisener Zapfen E befestigt, an welchem ein Kopf der Triebstange F angreift, während der zweite Kopf den Zapfen E_1 der Kurbel G umfasst und so auf dieselbe die Kolbenbewegung überträgt. Der als Vertheilungsschieber functionirende Penn'sche Gitterschieber t erhält seine Bewegung von der gerade geführten Schieberstange v , an der seitlich das Gleitstück der durch die Excenter mn bewegten Stephenson'schen Coulissee angreift. Die beiden Expansionsschieberlappen, welche durch zwei mit dem Excenter r verbundene Schieberstangen $w w$ in Gang gesetzt werden, kann man gegeneinander durch Drehung der Schneckenräder s verstellen.

Das vom Ausströmungskanal durch den Schieberkastendeckel reichende und mit einem Hahne sperrbare Rohr b dient zur Entlastung des Dampfschiebers; das Knierohr c , über dessen horizontalem Schenkel sich ein am Trunk selbst befestigtes Rohrstück hin- und herbewegt, und das an seinem oberen Ende eine Schmiervase trägt, hat die Schmierung des Trunkzapfens E , welcher während des Ganges der Maschine unzugänglich bleibt, zu besorgen. Die Dichtung des Trunks in den Cylinderdeckeln wird durch grosse hohe Stopfbüchsen $d_1 d_2$ hergestellt.

Die zum Ablassen des Wassers aus dem Cylinder bestimmten Durchblashähne aa können durch ein Gestänge vom Standplatze des Maschinisten aus bewegt werden, von wo aus auch die im Dampfeinströmungsrohre Z befindliche Drosselklappe H mittelst eines Systems von Hebeln und Zugstangen hh je nach Bedarf geöffnet wird.

Wegen der beträchtlichen Ausdehnung durch die Wärme mündet das Dampfrohr Z in einer Compensations-Stopfbüchse.

Der vom Cylinder ausströmende Dampf gelangt durch das Rohr B in den mit verticalen Röhren ausgestatteten cylindrischen Conden-

sator *C*. Die in zwei metallenen Rohrplatten eingezogenen Röhren sind von einem cylindrischen Gehäuse umgeben, das nach oben durch eine Haube geschlossen ist, in deren Decke sich Öffnungen zum Nachsehen und Reinigen der Kühlröhren befinden. Der Dampf umspült dieses Röhrensystem, condensirt sich zu Wasser, welches durch die Erweiterungen *ee* des cylindrischen Condensatorgehäuses in der Richtung 4 unter die Saugventile *L* der Luftpumpe *K* gelangt. Von hier angesaugt, wird das Condensationswasser durch die Druckventile *M* in einen Raum (Cisterne) gebracht, der durch das Ausgussrohr *N* mit der See in Verbindung steht und wohin das durch die Speisepumpe *P*₂ aus dem Rohre *N* nicht angesaugte Wasser transportirt wird. Die Speisepumpe ist auch hier mit einer Leckpumpe *P*₁ verbunden, und erhält der gemeinschaftliche Kolben beider Pumpen seine Bewegung direct vom Dampfkolben durch die Stange *p*₁; auch der Luftpumpenkolben wird durch die Stange *k*, deren im Wasser sich bewegender Theil aus Metall gefertigt ist, direct vom Dampfkolben bethätigt.

Das Kühlwasser wird von einer Centrifugalpumpe beschafft und tritt durch ein Rohr in den kastenförmigen Untertheil des Condensators in der Richtung 1 ein, durchströmt die Kühlrohre und geht durch das in der Decke des Condensators angebrachte Rohr 2 wieder in die See.

Auch hier ist zur Ermöglichung der Einspritz-Condensation das mit einem Hahne und einer Brause versehene Rohr *J* angebracht und kann sich der mit dem fein vertheilten Injectionswasser in Berührung kommende Dampf condensiren.

Aber noch auf eine dritte Weise kann hier die Condensation vor sich gehen: Wenn nämlich der Sodraum genügend Wasser enthält, so kann der Hahn des Rohres *p* geöffnet und das Injectionswasser aus dem Sodraume bezogen werden. Da dies aber gewiss nur im Nothfalle geschehen wird (wenn sich nämlich viel Wasser im Sodraume befindet), so nennt man diese Art der Injection die Noth-injection, auch Sodinjection. (Wer bewirkt das Aufsteigen des Sodwassers im Rohre *p*?)

Die Kurbelwelle ist in starken Stuhlungen gelagert, welche die Cylinder und Condensatoren mitsammen verbinden.

Ausser dem im Untertheile des Condensators zur Reinigung bestimmten Mannloche ist noch das Durchblasventil *d* bemerkenswerth, welches den Zweck hat, das beim Stehen der Maschine unter Dampf sich ansammelnde Condensationswasser abzuführen.

Das Umsteuern erfolgt durch eine kleine Hilfsmaschine, deren Kurbelwelle *R* eine Schnecke trägt, die in das auf der Steuerungswelle *S* sitzende Schneckenrad eingreift; am Ende dieser Welle ist ein Hebel aufgekeilt, mit dem die Aufhängestange der Coulissee gehoben oder gesenkt werden kann. Die Umsteuerungs-Dampfmaschine ist hier eine zweicylindrige, verticale oscillirende Maschine, welche in den Fig. 1 und 2 besonders dargestellt erscheint. Jeder der beiden Cylinder *gg* umfasst mit seinem unteren Ende einen fixen Zapfen, der hohl ist, und durch zwei Wände in drei Kanäle getheilt wird; von diesen letzteren steht der mittlere mit dem Einströmungskanale des Dampfes, und die seitlich gelegenen stehen mit dem Ausströmungskanale in Verbindung. Durch den Hebel *f* wird ein Umsteuerungsschieber bewegt, welcher es ermöglicht, dass der mittlere Kanal des Zapfens auch zur Ausströmung, die beiden seitlichen aber gleichzeitig zur Einströmung des Dampfes verwendet werden können, wodurch die Bewegungsrichtung dieser Maschinen geändert werden kann. Auf der Welle *R* sitzt ein Speichenrad, das der Umsteuerungsmaschine als Schwungrad dient, nöthigenfalls aber auch verwendet werden kann, um die Maschine von Hand umzusteuern.

(Die Umsteuerungs-Dampfmaschine ist mit Zuhilfenahme eines kleinen Modelles näher zu erläutern).

III. Verticale oscillirende Schiffsmaschine.

Auf Avisodampfern und Flusschiffen findet man sehr häufig verticale oscillirende Maschinen aufgestellt, deren Anordnung auf Taf. 20 zu ersehen ist. Die Cylinder *A* schwingen um die in ihrer halben Höhe angebrachten hohlen Zapfen *BB*, welche in den mit dem Maschinenfundamente fest verbundenen Ständern ihre Lagerung finden. In die mit Stopfbüchsen versehenen Zapfen münden Rohre, und zwar dienen die gegen auswärts liegenden zur Dampfeinströmung, während die gegen die Mitte zu gelegenen die Abführung des gebrauchten Dampfes in den Condensator besorgen. Jeder Cylinder hat zwei Schieberkasten, die mit dem Einströmungszapfen durch am Cylinderumfang angegossene Kanäle in Verbindung stehen (Fig. 3) und gewöhnliche, mit Entlastung versehene Muschelschieber *J* enthalten.

Die äussere Steuerung muss bei diesen Maschinen so eingerichtet sein, dass die Schwingungen der Cylinder ohne Einfluss auf sie blei-

ben, zu welchem Behufe folgende Einrichtung getroffen ist: Für jede Schieberstange d ist ein zweiarmiger Hebel vorhanden (Fig. 3 und 5), dessen Drehpunkt sich am Cylinder selbst befindet; der eine Arm des Hebels steht mit der Schieberstange in Verbindung, während das Ende des zweiten Armes c sich in einem Gleitstücke b bewegt, das einen bogenförmigen Schlitz enthält und seine Führung an zwei von jenen Säulen findet, welche zur Verbindung der Kurbelaxenlagerung mit dem untenliegenden Theile der Maschine dienen (Compensations-Coulisse). Das Gleitstück b endigt nach oben in einer Stange, die ebenfalls zur Geradföhrung desselben benützt wird, und hat einen Zapfen, an welchem die Stange des auf der Kurbelwelle befindlichen Excenter's a angreift, wodurch die Bewegung des Gleitstückes, mithin auch die der Schieber, bewerkstelligt wird.

Der Umsteuerung wegen ist das Excenter a ein loses, weshalb auch die Verbindung der Excenterstange mit dem Gleitstücke b eine lösbare ist. Die Excenterstange sitzt nämlich mittelst einer Einkerbung auf dem Zapfen des Gleitstückes b , in welcher Lage sie durch die an ihrem Ende angebrachte Feder erhalten wird (Fig. 5); auf ihr ist ferner noch ein kleiner Winkelhebel angebracht, der durch die mit einem Griffe versehene Stange g bewegt werden kann. Drückt man gegen diese Stange g (Fig. 6), so wird sich der Winkelhebel um seinen Fixpunkt drehen, hiedurch mit seinem Arme c auf den Zapfen des Gleitstückes b drücken, und da dieser nicht ausweichen kann, die Excenterstange von ihm abheben. Auf der entgegengesetzten Seite enthält das Gleitstück noch einen zweiten Zapfen, an welchem der zweiarmige Hebel h mittelst einer Zugstange wirkt.

Das Umsteuern erfolgt nun in der Weise, dass vorerst die Excenterstange ausgehoben wird, worauf man mit dem Hebel h das Gleitstück b und mithin auch die Schieber JJ entsprechend von Hand hebt oder senkt; die Welle wird sich dann drehen und das Excenter a in der bereits im dritten Abschnitte besprochenen Weise mitnehmen. Nun kann die Zugstange g sammt dem Winkelhebel wieder in ihre ursprüngliche Lage (Fig. 5) zurückgebracht werden, worauf sich die Excenterstange von selbst einlöst und sich die Maschine in der einmal eingeschlagenen Richtung weiter bewegt.

Der Hebel h schwingt bei der Bewegung der Maschine auf und nieder, und wird man deshalb bei stetiger Drehung nach einer Richtung (also während der Fahrt) das Verlängerungsstück des Hebels abnehmen, um durch dasselbe nicht in der Bedienung der Maschine gehindert oder gefährdet zu sein.

In vielen Fällen wird auch bei diesen Maschinen die Stephenson'sche Coulissee zur Umsteuerung verwendet, welche dann direct am Zapfen des Gleitstückes *b* angreift und so die ganze Manipulation des Umsteuerns sehr vereinfacht.

Die Bewegung des Kolbens *C* überträgt die Kolbenstange *D* auf die Kurbel. Die Kolbenstange hat die schwingende Bewegung des Cylinders hervorzubringen, weshalb auch ihre Stopfbüchse *E* im Cylinderdeckel aussergewöhnlich lang und stark ist, um ein Auslaufen und Brechen derselben zu verhüten. (Fig. 1.) Die Kolbenstange hat einen lagerartigen Kopf, der den Kurbelzapfen *F* umfasst; letzterer ist in den beiden zugehörigen Kurbeln eingesetzt, da die Axe hier aus drei Theilen besteht, welche durch die Kurbelzapfen mit einander verbunden sind. Die Axenlager *GG* sind auf starken, kastenförmigen Rahmen angegossen, welche auf zwei besonders kräftigen Querbalken *HH* des Schiffskörpers befestigt und mit dem untenliegenden Theile der Maschine durch schmiedeiserne Säulen verbunden sind.

Die Kurbelaxe ist in der Mitte abgekröpft, und sind auf dem Zapfen *N* dieser so entstandenen Kurbel die beiden Luftpumpen-Kolbenstangen befestigt, von denen die mit einseitigem Trunk versehenen Luftpumpenkolben bethätigt werden. Die hinter einander angeordneten und deshalb schief liegenden Luftpumpencylinder sitzen im Condensator *K*, in welchem sich ein möglichst ausgebreitetes, fein durchlöchertes Injectionsrohr befindet. Die Injectionsähne *l* und *m* können vom Standplatze des Maschinisten aus bewegt werden.

An jedem der Drehzapfen der Cylinder ist ein Ring aufgekeilt, der zwei Arme (Fig. 7) trägt, von denen die Kolben der Speise- und der Sodpumpen angetrieben werden.

J. U.

Abriss

der

Materialkunde und Materialbearbeitung.

Zusammengestellt von

Rudolf Seigerschmidt,

Maschinist S. M. Kriegsmarine.

Hiezu die autographirte Tafel 21.

Erster Abschnitt.

Abriss der Materialkunde.

(In alphabetischer Ordnung.)

Baumwolle.

Diesen Namen führt die Samenwolle mehrerer in wärmeren Himmelsstrichen vorkommenden Arten der Baumwollpflanze. Gute Baumwolle muss fein, lang, glänzend, weich, elastisch, fest, knotenlos und rein sein. Das grobe Baumwollgarn wird zu Baumwolltressen sowie für kleine Lampen als Docht- oder Lichtgarn verwendet. Zu den hohlen Lampendochten oder Schnürldochten werden feinere Nummern genommen. Die Abfälle der Baumwolle aus den Spinnereien werden zum Reinigen der Maschinentheile mit Vortheil verwendet, da sie gerne Fette aufsaugen und sodann wieder gewaschen werden können.

Bimsstein.

Der Bimsstein ist ein schwammiges, durchlöcherteres, leichtes, aschfarbiges oder weisses Mineral, welches von den feuerspeienden Bergen ausgeworfen wird und als ein schaumig aufgetriebenes, geschmolzenes Glas angesehen werden muss. Die blasigen Massen, in welchen er vorkommt, sind auf dem Bruche faserig, seiden- oder perlmutterglänzend. Die weisse Sorte, welche inwendig glänzt und meistentheils aus grossen Stücken besteht, ist die vorzüglichste. Der Bimsstein ist ein geschätztes und in verbreiteter Anwendung stehendes Schleif- und Polirmittel für Metall, Glas, Marmor, Holz, Leder u. s. w. Man benützt ihn entweder in Form von grösseren Stücken

oder in gepulvertem Zustande. Im ersten Falle soll er eine ebene Fläche darbieten; diese gibt man ihm durch Bearbeiten mit abgenützten Raspeln oder durch Zerschneiden eines grösseren Stückes mittelst der Säge und durch gegenseitiges Abreiben beider Schnittflächen gegen einander. Wegen seiner Sprödigkeit lässt sich der Bimsstein leicht zu Pulver stossen und mit Wasser oder Öl als ein vortreffliches Schleifmittel für Metalle anwenden.

Blei.

(Siehe auch Seite 351 des ersten Bandes.)

Blei ist ein bekanntes Metall, welches sich nur sehr selten gediegen vorfindet. Das meiste wird aus dem sogenannten Bleiglanz und andern Bleierzen durch den Schmelzprocess gewonnen. Sowol auf den Bleihütten selbst als in eigenen Bleiwarenfabriken wird das Blei in grosser Menge zu Platten, gewalzten Blechen, Drähten und Röhren verarbeitet, welche häufigen Absatz finden. Zur Bereitung von Bleiblechen wird das Blei zuerst in Tafeln gegossen und diese entweder über eine Walze gerollt (Rollblei), oder in Stücke zerschnitten und zwischen Walzen zu dünnen Blechen ausgestreckt. Zuletzt werden die dünnen Bleche in grossen Partien zusammengepresst und mit Messern beschnitten. Die Bleiplatten werden zur Bekleidung von Wänden, welche der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, sowie auch zum Verdichten der Rohrflantschen verwendet. — Das beste inländische Blei ist das sogenannte Villacher Blei. Im Handel erscheint es in Form von abgestutzten vierseitigen Pyramiden, die beiläufig 100 bis 150 Kilogramm wiegen.

Bleiweiss.

(Siehe auch Seite 352 des ersten Bandes.)

Bleiweiss kommt in der Natur verunreinigt als Weissbleierz oder Bleispath vor; das als Maler- und Anstreichfarbe benützte Bleiweiss aber ist ein Kunstproduct. Es wird zum Anstriche von Holz und Eisen, sowie zur Verdichtung abgedrehter Flächen der Dampfrohrflantschen, Cylinderdeckel etc. verwendet. Bleiweiss ist geruch- und geschmacklos, in Wasser unauflöslich, in Salpeter- und Essigsäure völlig auflöslich; bei starker Erhitzung wird es gelb. In Stücken ist es leicht zerbrechlich, färbt an den Fingern und auf dem Papiere

stark ab; gerieben bildet es ein sehr feines, schweres, blendend weisses Pulver. — „Bleiweiss in Öl“ ist ein mit Leinöl auf einem Reibsteine abgeriebenes Bleiweiss in Pulver, welches in dicht geschlossenen Blechbüchsen im Handel vorkommt.

Eisen.

(Siche auch Seite 347 des ersten Bandes.)

Diejenigen Erze, welche im Grossen zur Ausscheidung des Eisens angewendet werden, enthalten dasselbe theils vererzt, theils im oxydirten Zustande in Verbindung mit Kiesel-, Thon- und Kalkerde, Braunstein und andern Mineralkörpern, und sind folgende: Die verschiedenen Arten des Magneteisensteins von 50 bis über 80 %, Eisenglanz und Eisenglimmer von 60 bis 80 %, die verschiedenen Arten von Rotheisenstein, Braun- und Schwarzeisenstein von 40 bis 60 %, Spatzeisenstein von 40 bis 50 %, Thoneisenstein von 30 bis 35 % und Raseneisenstein, Sumpf- oder Morasterz von 25 bis 40 % Eisengehalt. — Die meisten Eisenerze bedürfen vor der Verschmelzung einer Röstung, dann werden sie unter dem Pochhammer gröblich gepocht und entweder mit oder ohne Flussmittel, abwechselnd mit Kohlen geschichtet, in den Schmelzofen gebracht, in welchem der zur Schmelzung und Reduction nöthige Hitzegrad vermittelt eines starken Gebläses hervorgebracht wird. Bei diesem Schmelzprocesse verbindet sich das reducirte Eisen mit einer gewissen Menge Kohlenstoff, und das Eisen scheidet sich als sogenanntes Roh- oder Guss-eisen unter der Schlacke ab; dasselbe eignet sich in dieser Form besonders zu Gussarbeiten, namentlich zu Maschinentheilen, Ofenplatten u. s. w.

Das Roheisen wird durch den sogenannten Frisch- oder Puddlingsprocess gereinigt; zu diesem Behufe wird dasselbe unter einer Schlackendecke bis zum Schmelzen erhitzt, während die Luft von Blasbälgen auf dasselbe wirkt; durch diesen Process wird ein Theil der Kohle verbrannt und das Eisen wird dadurch strengflüssiger, es ballt sich während der Arbeit zu einer Masse zusammen, welcher man unter dem Hammer die Gestalt von Stangen gibt, um die mechanisch beigeschlossenen Schlackentheile abzuschneiden. (Stab- oder Schmiedeisen.)

Das in dünne Platten geschlagene oder gewalzte Eisen wird Eisenblech genannt. Die Eigenschaften, welche man von gutem Blech

fordert, sind: vollkommen ebene Oberfläche (ohne Höcker, Beulen oder Falten), ferner Glätte, durchaus gleiche Dicke an allen Stellen einer Tafel, möglichst grosse Zähigkeit, um wenigstens das Biegen ohne Brechen auszuhalten, und Reinheit, d. i. Abwesenheit von Rissen oder Löchern, unganzen oder äscherigen Stellen, Schiefeln u. dgl. Gehämmertes oder geschlagenes Eisenblech ist niemals tadelfrei; namentlich nie gleich dick und nie völlig eben. Das meiste Eisenblech kommt als sogenanntes Schwarzblech im Handel vor; das verzinnete wird Weissblech genannt. Die grossen Tafeln dieser Gattung erreichen zuweilen 2·5 bis 5 Meter Länge und 0·9 bis 1 Meter Breite.

Zur Verfertigung von Eisendraht wird möglichst reines, gleichartiges und zähes Eisen gewählt. Guter Draht hat an allen Stellen seiner Länge einerlei Dicke und einerlei Gestalt des Querschnittes; er muss auf der Oberfläche glatt, ohne Furchen, Risse und Schiefer sein und einen hohen Grad von Zähigkeit und Festigkeit besitzen; als Vorzug erachtet man es auch, wenn er in recht langen ganzen Adern vorkommt. Den besten Draht liefern solche Fabriken, welche das Eisen anfänglich durch Walzen in dünne, runde Stäbe verwandeln und dann ohne Anwendung der Stosszange, welche immer schädliche Zangenbisse hinterlässt, fein ziehen. Die Dicke des Drahtes bezeichnet man im Handel gewöhnlich nach Nummern der Drahtlehre oder des Drahtmasses. Dieses ist eine länglich-viereckige oder runde, gehärtete Stahlplatte mit Einschnitten von stufenweise ab- oder zunehmender Weite am Rande, und ist jeder Einschnitt mit einer Nummer bezeichnet. Nach der Nummer des Einschnittes, in welchen der Draht knapp passt, benennt man die Stärke desselben. Die Drahtmasse verschiedener Fabriken sind nicht immer gleich, daher ist diese Messung oft unzuverlässig. Zuweilen werden die Drähte auch nach ihrer Verwendung benannt.

Walzeisen, Façoneisen. Alle dehnbaren Metalle können durch Walzen bearbeitet werden; die technisch wichtigsten dehnbaren Metalle sind Schmiedeisen und Stahl. — Durch das Walzen beabsichtigt man: 1.) die Verwandlung der Metalle in Stangen oder Stäbe; Flacheisen, Quadratischeisen, Rundeisen, oder 2.) die Darstellung der mannigfaltigsten Façoneisen; hieher gehören die Formen der Winkeleisen, des einfachen und doppelten T-Eisens, die Eisenbahn- und Grubenschienen, Fensterrahmeisen und verschiedene andere Walzformen.

Feuerfeste Mauersteine.

Porcellanziegel, welche in starker Glühhitze nicht schmelzen und daher zum Ofenbaue etc. sehr wichtig sind, werden gewöhnlich aus feuerfestem Thon mit Zusatz von Chamotte, Cement (gebranntem, zu gröblichem Pulver gestampftem Thon derselben Art oder gepochten Porcellanscherben) hergestellt. Auch ein in richtigem Verhältniss bereitetes Gemenge von feuerfestem Thon mit Quarzpulver gibt gute feuerfeste Steine, sogenannte Quarzziegel.

Graphit.

(Siehe auch Seite 337 des ersten Bandes.)

Der Graphit ist ein hauptsächlich aus reinem Kohlenstoff bestehendes Mineral. Die technischen Verwendungen des Graphits sind sehr verschieden. Fein gerieben dient er zum Putzen und Poliren von Metallwaren, desgleichen zur Belegung von Abzieh- oder Streichriemen; mit Öl gibt er eine dauerhafte Anstreichfarbe auf Holz und Stein, mit Wasser auf Thonwaren, besonders auf irdene Öfen, denen man das Ansehen des Gusseisens geben will; Eisengüsse bestreicht man oft mit Graphit, um sie gegen Rost zu schützen. Man verwendet ihn auch als Zusatz zur Wagenschmiere; eine aus Graphit und Fett zusammengesetzte Maschinenschmiere leistet wegen ihrer ausgezeichneten Schlüpfrigkeit, besonders bei hölzernen Kämmen, vortreffliche Dienste; Taue, welche einer grossen Abnützung ausgesetzt sind, wie bei vielen Arten von Aufzügen, bewähren, mit Graphit geschmiert, eine grössere Dauerhaftigkeit. Man gebraucht den Graphit auch zur Verfertigung feuerfester Thonplatten oder Ziegel, besonders für den Bau von Schmelzöfen, ferner zu chemischen Gerätschaften, Schmelztiegeln u. s. w. Eine der wichtigsten Anwendungen desselben ist jene zu Bleistiften.

Hanf.

Unter dem Hanf versteht man die Bastfaser der bekannten einjährigen, 1·3 bis 2·2 *m*/ hohen Hanfpflanze. Um die Fasern aus den holzigen Stengeln zu gewinnen, müssen dieselben verschiedenen Manipulationen unterzogen werden. (Wasser- und Thauröste, Trocknen an der Sonne, Brechen, Schwingen, Hecheln.)

Je reiner, länger, feiner und fester der Hanf ist, desto mehr schätzt man ihn; hinsichtlich der Farbe zieht man den perl- und silbergrauen dem grünlichen, und diesen wieder dem gelblichen oder dunklen vor; der Geruch des guten Hanfs muss stark und eigenthümlich, nicht aber dumpfig oder faulig sein. Neuer Hanf ist in der Regel geschätzter als alter, da letzterer beim Verarbeiten mehr Abgang erleidet. Der Hanf aus nördlichen Ländern ist meistens heller, weicher und seidenähnlicher als der aus südlichen Ländern kommende. — Der sich beim Hecheln ergebende Abfall wird besonders zum Kalfatern der Schiffe gebraucht. Man soll den Hanf an trockenen, luftigen Orten aufbewahren, weil sich die Ballen leicht erwärmen und die Fasern durch Gährung leiden, ja es sind Fälle vorgekommen, in welchen zusammengepackter Hanf sich selbst entzündet hat. Nimmt man eine Spur von Erwärmung wahr, so soll man die Ballen sogleich öffnen und den Hanf ausbreiten.

Der Hanf wird wie Flachs zu Garn versponnen, welches grob und sehr fest ist. Die wichtigsten Anwendungen des Hanfgarns sind zu Bindfäden, Stricken, Schiffstauen, Tressen, Gurten und zu groben leinwandartigen Geweben. Von letzteren ist namentlich das Segeltuch oder die Segelleinwand zu erwähnen, die aus rohem oder gebleichten, dickem Hanfgarne sehr dicht gewebt wird. Die Hanfleinwand von dünnerem Hanfgarne wird auch zu groben Kleidungsbestandtheilen angewendet; die Sack- und Packleinwand wird ganz oder zum Theile aus Hanfgarn bereitet und bald mehr oder weniger grob, bald lose, bald dicht gearbeitet.

Holz.

Ahornholz. Dasselbe ist weiss, mit sehr feinen und zahlreichen, schwach bräunlich gefärbten Spiegeln versehen, welche ihm ein zart gewässertes Aussehen geben; es hat schwache Jahrringe, ist sehr hart, fest und zähe und lässt sich gut und schön glatt bearbeiten. Im Trocknen ist es sehr dauerhaft. Es ist ein geschätztes Werkholz für Bau- und Maschinenarbeiten, desgleichen für feine Drechsler- und Tischlerwaaren.

Akazienholz. Dieses ist gelblich, zuweilen ins Grünliche fallend, öfters grünlich-braun oder röthlich geädert, fein, ziemlich hart, zähe und dauerhaft. Es wird zu Bau-, feinen Drechsler- und Tischlerarbeiten, sowie als Holz für Wagnerarbeiten geschätzt.

Birkenholz. Junges Holz ist weiss, älteres röthlich, sehr feinspiegelig, nicht besonders hart, äusserst zähe und gut spaltbar. Es ist ein vortreffliches Holz für Wagnerarbeiten. Die Zweige braucht man zu Reifen, die Ruthen zu Besen, Faschinen u. s. w.

Birnbaumholz. Das Holz junger Bäume ist fast ganz weiss, von älteren ist es röthlich-braun oder röthlich-gelb, öfters sehr schön geflammt und geadert, fein, dicht, mässig hart, mit kleinem, nicht auffallendem Spiegel und wenig hervortretenden Jahrringen. Es lässt sich leicht und ohne auszubröckeln nach allen Richtungen schneiden, wodurch es sich für Bildhauerarbeiten, Druckmodel u. s. w. vorzüglich eignet.

Buchsbaumholz. Dasselbe ist schön blassgelb, zuweilen ins Hochgelbe übergehend, sehr fein, dicht und hart und unter allen europäischen Holzarten die schwerste. Die Spiegel sind ausserordentlich fein, die Jahrringe schmal und kaum bemerkbar. Es kommt in grösseren und kleineren Stücken sowie in Scheitern im Handel vor und wird vorzüglich zu feinen Drechslerarbeiten, zu Blasinstrumenten, zu Bildhauerschnitzereien, Curvenlinealen, Masstäben u. s. w. gebraucht.

Eichenholz. Es ist bräunlich, an den inneren Rändern der Jahrringe grob porös, schwer, fest, zähe, erträgt abwechselnde Nässe und Trockenheit sehr gut und erhält unter Wasser eine fast unzerstörbare Dauer. Zum Schiffbau verdient es vor allen anderen Hölzern den Vorzug. Zu Streben, Säulen, wo es vertical steht, bewährt sich seine grosse Festigkeit. Dagegen ist es in horizontaler Lage, z. B. zu Balken, Trägern u. dgl., wo es grosse Lasten tragen soll, minder brauchbar, da es sich schon durch sein eigenes Gewicht krumm zieht. Für Böttcherarbeiten ist es das dauerhafteste Holz.

Erlenholz. Das junge Holz ist gewöhnlich weiss, das ältere röthlich-braun. Es hat breite, jedoch nicht auffallend hervortretende Jahrringe, ist nicht sehr hart und fest und nicht beträchtlich zähe. Der Tischler schätzt es wenig und fast nur die gemaserten Knorren. Dagegen ist es wegen seiner Eigenschaft, im Wasser fast unverwesslich zu sein, ein höchst wichtiges Material für den Wasserbau.

Eschenholz. Das Holz von jungen Eschenbäumen ist weiss, bei älteren wird es gelblich, das Kernholz beinahe braun. Es ist dicht, hart, sehr zähe und geradspaltig. Es hat breite Jahrringe, kleine Spiegelfasern und Poren wie das Eichenholz. Das junge Holz ist zuweilen geadert und geflammt und hat einen Seidenglanz. Man gebraucht es zu Drechsler- und Böttcherarbeiten; das geflammte und schön gemaserte ist ein gesuchtes Tischlerholz.

Fichtenholz. Dasselbe ist röthlich-gelb, auf dem Längenschnitte in Folge der Jahrringe dunkler, röthlich gestreift und weniger leicht spaltbar, aber wegen seines grösseren Harzgehaltes dauerhafter als das Tannenholz. Man benützt es als Bau- und Tischlerholz, zu Geigen, Clavier-Resonanzböden u. s. w.; wo es gemein und wohlfeil ist, auch als Brennholz, zum Kohlenbrennen, zur Pech-, Theer- und Colophonumbereitung.

Hartriegelholz, vom Hartriegelstrauche, weiss oder grünlich-weiss, sehr hart, fest und zähe; für Radzähne, kleine Maschinenbestandtheile, Hammerstiele, landwirthschaftliche Geräthe u. s. w. sehr gut geeignet.

Kirschbaumholz ist ein vortrefflich schönes, meistens streifiges Holz von lichter gelblicher, röthlicher bis bräunlicher Farbe. Es ist feinspiegelig, zuweilen geflammt, von feiner und dichter Textur und von mässiger Härte. Es lässt sich sehr gut bearbeiten und wird von Tischlern zu feinen Möbeln, desgleichen von Drechslern, Geigenmachern u. s. w. benützt.

Kornelkirschenholz oder gelbes Hartriegelholz, vom Kornelkirschen- oder Dörnleinstrauche. Von jungen Stämmen weiss, von älteren mit einem immer dicker werdenden braunen, sehr dichten, festen und harten Kerne versehen. Es dient zu Drechslerarbeiten, Maschinenbestandtheilen, Radzähnen, Hammerstielen etc.

Krummholz, von der auf den Hochgebirgen Tirols und auf den Karpathen vorkommenden Krumm- oder Legföhre. Der Baum liefert das sogenannte Knieholz für den Fluss-Schiffbau.

Lärchenholz. Dieses ist dicht, zähe, elastisch, röthlich- oder bräunlich-weiss mit dunklen Jahrringsrändern; die Rinde schwitzt beständig Harz aus. Unter allen inländischen Nadelhölzern ist das Lärchenholz das festeste und sowol an der Luft als im Wasser dauerhafteste; dem Wurmfrasse unterliegt es nicht, dem Werfen nur wenig. Man benützt es als Bauholz, besonders beim Schiff- und Wasserbau, zu Wasserrädern, Wasserröhren und zu Böttcherarbeiten. Durch Anbohren des Baumes bis auf den Kern gewinnt man den venetianischen Terpentin.

Lindenholz. Das Holz ist weiss, mit wenig zu unterscheidenden Jahrringen und äusserst feinen Spiegeln; es ist leicht, ziemlich weich, lässt sich sehr gut und glatt bearbeiten, auch leicht, ohne auszubröckeln, nach der Quere der Fasern schneiden, und wirft sich wenig. Das Lindenholz ist ein sehr geschätztes Material zu Bildhauerarbeiten und zum Modelliren.

Nussbaumholz. Das Holz von jungen Bäumen ist weich und weiss, von älteren hart, bräunlich-grau bis dunkelbraun, oft ausgezeichnet schön geflammt und gemasert, im Gefüge dicht und hat ähnliche, jedoch feinere Poren als das Eichenholz. Es ist eines der schönsten und besten inländischen Werkhölzer, und wird von Tischlern allgemein zum Fourniren feiner Möbel gebraucht. Auch wird es fast ausschliesslich zu Schäften von Jagd- und Scheibengewehren verwendet.

Pappelholz. Dasselbe ist weiss, grobjährig, sehr weich, fast schwammig, lässt sich nicht schön glatt hobeln und wird wenig als Werkholz verarbeitet. Das Espenholz (Zitterpappel) hat diese schlechten Eigenschaften in etwas geringerem Grade.

Rothbuchenholz. Es ist braun-röthlich, von alten Stämmen ziemlich dunkel, mit schwach bemerkbaren Jahrringen versehen, sehr fest, dicht, hart, zähe, gut spaltbar, wenig elastisch, dem Werfen mehr ausgesetzt als das Eichenholz, und bei Wechsel von Nässe und Trockenheit nicht besonders dauerhaft. Als Bauholz hat es wenig Werth; zu ordinären Tischlerarbeiten, zu Schaufeln, Karren, Wagnerarbeiten, Hobelkästen u. dgl. ist es gut brauchbar.

Schwarzföhren- oder Kiefernholz. Dasselbe hat auffallend starke rothbraune Jahrringe, ist sonst gelb-röthlich und harzreich, daher auch in der Nässe und im Witterungswechsel dauerhaft. Es eignet sich vorzüglich zum Schiffbaue, zu Brunnenröhren und Zimmermannsarbeiten. Zur Harz-, Pech-, Theer-, Russ- und Kohlenbereitung ist es häufig angewendet. Die besonders harzreichen, krummfaserigen Wurzelstöcke sind in den Haushaltungen als „Kienholz“ bekannt.

Tannenholz. Dieses Holz ist fein-, lang- und geradfaserig, leicht und gerade spaltbar, oft aber auch mit Ästen durchwachsen, welche sich beim Trocknen des in Bretter geschnittenen Holzes ablösen und herausfallen. Ungeachtet seiner groben Jahrringe ist es doch von ziemlich gleichmässiger Dichtigkeit. Die Weisstanne gibt vortreffliche Schiffsmasten und Segelstangen. Als Bauholz ist es, besonders wo kein Wechsel von Nässe und Trockenheit stattfindet, geschätzt; auch verwendet man Tannenholz zu Tischler-, Böttcher- und Drechslerarbeiten sowie zu Schnitzwaren.

Ulmenholz. Das Ulmenholz ist in der Jugend gelblich-weiss, im Alter röthlich-braun, gefleckt, flammig, geadert, mit schwachen Jahrringen versehen, dünnporig, feinfaserig, hart, zäh, nicht sehr dem Werfen unterliegend, schwer zu spalten, sehr dauerhaft, besonders im Trockenem, und dem Wurmfrasse fast gar nicht ausgesetzt. Es

wird häufig als Bauholz, desgleichen für den Maschinenbau, für Wagnerarbeiten, Ackergeräthe, für Flintenschäfte u. s. w. benützt.

Weissbuchenholz, von der in unseren Laubholzwaldungen überall häufig vorkommenden Hage- oder Hainbuche. Es ist weiss-geblich und hat beträchtlich dicke und breite Spiegelfasern; das Kernholz alter Stämme ist braun gestreift, ausserordentlich hart, fest, zähe, und hat eine grosse, über das ganze Holzgewebe verbreitete Dichtigkeit, so dass Jahrringe kaum merklich sind. Da es in Witterung und Feuchtigkeit keine Dauer hat, ist seine Anwendung im Bauwesen beschränkt. Sonst gebraucht man es zu Radfelgen und Speichen, Flintenschäften, Pressschrauben. Für Radkämme ist es das gesuchteste Material.

Weidenholz. Die zahlreichen Arten der Weide haben ein weisses, sehr weiches, leicht zerstörbares Holz, welches als Werkholz kaum angewendet wird. Die Ruthen benützt man zu Fassreifen, Faschinen und Korbflechterarbeiten, zu welchem Zwecke vorzüglich die Zweige der Band- oder Korbweide taugen.

Kautschuk.

Das Kautschuk, Gummi-Elasticum oder Federharz, ist ein eigenthümlicher, den Harzen ähnlicher Pflanzenbestandtheil; es ist in dem Milchsafte mehrerer Pflanzen enthalten, wird aber im Grossen fast ausschliesslich aus einem in Guyana einheimischen Baume gewonnen. Der frische Saft kommt unter dem Namen Kautschukmilch äusserst selten, und zwar in luftdicht geschlossenen Flaschen im Handel vor; er ist gelblich-weiss, dickflüssig, schwerer als Wasser, von säuerlich fauligem Geruche, und geht sehr leicht in Fäulniss über. Das gewöhnliche Kautschuk ist der getrocknete Milchsafte. Man streicht diesen nämlich, wie er aus dem Baume fliesst, auf Formen von luft-trockenem Thon, trocknet jede Lage im Rauche und zertrümmert dann die Formen, worauf man das Kautschuk in verschieden geformten Stücken erhält. Diese Stücke sind durchscheinend und durch Einwirkung des Rauches braun, häufig aber auch undurchsichtig und schwarz, wenn das Feuer, welchem sie ausgesetzt waren, eine stark russende Flamme hatte. Oft wird der Milchsafte in dickeren Schichten auf Thonplatten oder in flachen Gruben getrocknet, äusserlich geräuchert und in Form von mehreren Meter langen, 30 bis 40 $\frac{1}{m}$ breiten und 1 bis 10 $\frac{1}{m}$ dicken Stücken unter dem Namen Gummi-speck als eine geringere Kautschuksorte in den Handel gebracht.

In der Wärme ist Kautschuk mehr oder weniger weich und elastisch; es klebt fest zusammen, wenn man zwei frisch abgeschnittene Stücke mit den Schnittflächen aneinanderdrückt. In der Kälte wird es hart und steif, erweicht aber in der Wärme wieder. Durch einen geringen Schwefelgehalt bleibt es selbst in niedrigen Temperaturen weich und sehr elastisch und wird dann vulkanisirtes Kautschuk genannt. Bei 120° C. schmilzt es zu einer schwarzen, theerartigen, schmierig bleibenden Masse, welche selbst nach langer Zeit noch nicht trocken wird. Entzündet brennt Kautschuk mit einer hellen russenden Flamme. Durch trockene Destillation liefert es eine grosse Menge ätherischen Öles, das Kautschuköl genannt wird und im rectificirten Zustande zur Firnissbereitung vortheilhafte Anwendung findet. — Durch anhaltendes Kochen mit Wasser wird das Kautschuk weich und schwillt auf. In Wasser und Alkohol ist es völlig unauflöslich, in Äther ist es löslich, scheidet sich aber unverändert wieder aus, wenn der Äther verdunstet. Ätherische Öle bewirken keine eigentliche Lösung desselben, sondern nur ein starkes Aufquellen zu einer teigigen bis dickflüssigen Masse, aus der nach dem Verdunsten des Öles wieder elastisches Kautschuk zurückbleibt; dieses ist jedoch durch längere Zeit klebrig.

Man macht aus Kautschuk chirurgische Instrumente, Reisebecher, flaschenähnliche Gefässe, Röhren, Schuhe, Luftkissen, Scheibenventile für Pumpen und Condensatoren etc. Auch wird Kautschuk mit Baumwolle, Leinen, Schafwolle und Seide verwebt. Ferner benützt man Kautschuk zur Verfertigung von luft- und wasserdichten Kleidungsstücken. Zur Auflösung des Kautschuks benützt man in England und Frankreich das durch Destillation des Steinkohlentheers gewonnene Steinkohlentheeröl, in Deutschland hingegen rectificirtes Terpentinöl, von welchen Ölen die Ware durch lange Zeit den Geruch beibehält. Man bezieht das Kautschuk in Fässern; halbverdorbene Ware taugt noch zu Kautschuklösungen.

Kohle.

(Siehe auch Seite 337 des ersten Bandes.)

Die *Steinkohle* kommt in verschiedenen Abstufungen von pechschwarzer, graulich-schwarzer oder ins Braune verlaufender Farbe vor, und ist glasglänzend, fettglänzend bis matt. Sie erscheint ohne regelmässige Gestalt oder Spaltbarkeit, entweder ganz dicht oder mit

schiefriger oder körniger Absonderung, jedoch ohne sichtbare Holztextur. Sie ist spröde, auf dem Bruche muscheliger oder uneben; durch Reiben wird sie negativ elektrisch. — Die Steinkohle besteht hauptsächlich aus Kohlenstoff und aus meistens geringen Mengen von Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. — Die Verunreinigungen durch zufällig beigemengte Erden und Metalloxyde sind bei einzelnen Kohलगattungen in hohem Grade verschieden und können wol so stark werden, dass die Kohle vor der Anwendung erst mechanisch von ihnen gereinigt werden muss, oder dass manche Kohlenflötze gänzlich unbauwürdig erscheinen; bei den technisch benützten Arten steigen dieselben nicht selten auf 24 Procent.

Nach äusseren Kennzeichen unterscheidet man mehrere Arten der Steinkohle:

a) Die Pechkohle von sammtschwarzer Farbe, stark fettglänzend, mit muscheliger Bruche. Gestrichen gibt sie ein bräunlich-schwarzes Pulver, behält ihren Glanz auf dem Striche, ist weich und etwas zähe. Diese ausgezeichnete Steinkohle wechselt in Schichten mit der Schieferkohle oder sitzt auf der letzteren auf.

b) Die Cannelkohle, von graulich-schwarzer bis sammtschwarzer Farbe, schwach glänzend, fast matt, von dichter Beschaffenheit, zähe, daher schwierig zersprengbar, würfelig und parallelipedisch zerklüftend. Der Strich bleibt glänzend, das Strichpulver ist rein schwarz. Sie ist sehr leicht entzündlich und brennt mit langer weisser Flamme, ähnlich einer Kerze, daher ihr englischer Name „candle-coal“. — Diese vortreffliche, nach dem Verbrennen sehr wenig Asche hinterlassende Steinkohle kommt vorzüglich in England und Schottland vor.

c) Die Grobkohle, von graulich-schwarzer Farbe, sehr schwachem Fettglanze, ist dickschiefrig, grobkörnig, mit unebenem Bruche. Der Strich ist glänzender als die Bruchfläche. Sie ist meistens unreiner als die vorhergehende, hinterlässt daher mehr Asche, hat ein grösseres specifisches Gewicht und einen minderen Werth. Man findet sie gewöhnlich in Begleitung mit Schieferkohle.

d) Die Schieferkohle, von sehr deutlich schiefriger Absonderung und muscheliger Bruche; sie ist fettglänzend, sammtschwarz in's Grauliche, oft bunt angelaufen. Unter allen Steinkohlenarten ist sie am meisten verbreitet. In Verbindung mit der Schieferkohle tritt häufig, jedoch in geringeren Quantitäten, Faser- und Blätterkohle auf, in welcher zuweilen auch noch kleine, der Form nach vollkommen erhaltene Pflanzenüberreste gefunden werden.

e) Die Russkohle. Sie ist von graulich-schwarzer oder eisen-schwarzer Farbe, schimmernd und auf dem Striche glänzend, aus locker zusammenhängenden staubigen Theilen bestehend, so dass sie stark abfärbt und sich leicht zerreiben lässt.

Braunkohle. Im gewerblichen Leben wird die Braunkohle oder der Lignit ebenfalls häufig mit dem Namen Steinkohle belegt. Sie geht zwar einerseits in die einer älteren Formation zugehörnde Steinkohle über, neigt sich aber anderseits viel mehr zu dem jüngeren Gebilde des Torfes, und kann daher als ein Mittelglied zwischen Steinkohle und Torf angenommen werden. Nicht blos nach dem Vorkommen, sondern auch nach dem äusseren Ansehen unterscheidet sich gewöhnlich die Braunkohle, welche zum Theile ihre Entstehung untergegangenen oder verschütteten Waldungen verdankt, deutlich von der Steinkohle. Sie erscheint in derben Massen von mehr oder minder auffallender, holzartiger, wol auch blättriger, dichter oder erdiger Structur. In der Braunkohle findet man häufig ziemlich erhaltene Samenkapseln, Blätter und Fruchtzapfen von Bäumen. Bei älteren Braunkohlen erkennt man oft deutlich ihre Entstehung aus Palmenarten. Nicht selten kommt auch Bernstein in der Braunkohle vor. Ihr Bruch ist schiefrig, muschelrig oder erdig, undurchsichtig, matt bis wenig glänzend, selten fettglänzend. Ihre vorherrschende Farbe ist braun, zuweilen zieht sie ins Gelbliche oder Schwärzliche, selten ist sie pechschwarz. Beim Verbrennen entwickelt sie, wie der Torf, einen widrig brenzlichen Geruch und hinterlässt, je nach ihrem Gehalte an erdigen Substanzen, mehr oder weniger Asche. Auch die Braunkohlenarten gehen wie jene der Steinkohle durch unmerkliche Übergänge in einander über.

Häufig nimmt man folgende einigermassen selbständige Varietäten der Braunkohle an:

a) Bituminöses Holz, auch fossiles Holz, holzartige oder faserige Braunkohle genannt. Die Structur des Holzes ist darin meistens noch vollkommen erhalten, Stämme, Äste und Wurzeln noch unterscheidbar und etwas platt gedrückt, häufig mit erhaltener Rinde und deutlichen Jahresringen; bis zu einem gewissen Grade zeigt sie auch noch die Biegsamkeit des Holzes. Der Bruch ist faserig und schieferig, der Querbruch meist muschelrig. Sie ist holzbraun, ins Gelbliche oder Schwärzlich-braune, matt oder schimmernd. Diese als Brennstoff nicht besonders geschätzte Braunkohle ist sehr verbreitet; wo man sie in ganzen Stämmen findet, hat man sie sogar als Zimmerholz verarbeitet; da sie aber häufig Schwefelkies enthält und

durch dessen Verwitterung mürbe wird, so hat sie zu Bauzwecken selten vorzügliche Dienste geleistet.

b) Die gemeine oder muschelige Braunkohle. Bei ihr ist die Structur und Gestalt des Holzes fast verschwunden; der Bruch ist flachmuscheligen, die Absonderung schiefrig; bei längerem Liegen an der Luft erhält sie vielfache Querrisse und zerfällt. Selbe ist fettglänzend bis schimmernd, braun, ins Schwärzliche bis ganz schwarz, kommt fast ebenso allgemein verbreitet vor wie die vorige, und bildet mit ihr gewöhnlich mächtige Ablagerungen.

c) Die Moorkohle. Sie ist ohne Holzstructur, häufig geborsten und geklüftet; der Querbruch ist flachmuscheligen oder eben. Selbe ist ferner wenig glänzend bis matt, schwärzlich-braun bis pechschwarz und scheint aus Sumpf- und Wasserpflanzen entstanden zu sein.

d) Die Blatt- oder Papierkohle ist sehr dünnschiefrig, oft aus papierdünnen, leicht brennbaren Lagen bestehend, schwach schimmernd und schwärzlich-braun.

e) Die Pechkohle. Selbe wird unter dem Namen Gagat zu Galanteriearbeiten angewendet. Structur und Gestalt des Holzes sind selten und nur in schwachen Andeutungen in derselben wahrnehmbar. Der Bruch ist vollkommen muscheligen, fettglänzend, die Farbe pechbis samtschwarz. Diese vortreffliche Braunkohle nähert sich im Ansehen der Schwarzkohle und unterscheidet sich von dieser, insbesondere von der zur Steinkohle gehörigen gleichbenannten Pechkohle, wesentlich dadurch, dass sie bei dem Erhitzen den der Braunkohle im Allgemeinen eigenthümlichen torfähnlichen Geruch verbreitet.

f) Die Erdkohle, auch erdige Braunkohle oder bituminöse Holzerde genannt. Selbe besteht aus staubartigen, mehr oder weniger fest verbundenen Theilen mit erdigem Bruche und ist zum Theile zerreiblich; sie ist braun ins Schwärzliche, Graue oder Gelbliche, etwas abfärbend und mager anzufühlen. Die kölnische Umbra oder kölnische Erde, welche auch als Farbe benützt wird, ist eine Abart der erdigen Braunkohle.

g) Die Alaunerde, alaubereitende Braunkohle oder erdige Afterkohle, von schwärzlich-brauner, ins Graue oder Schwarze ziehender Farbe, unvollkommen schiefrigem und erdigem Bruche und glänzendem Striche. Sie wird vorherrschend zur Alaunbereitung benützt. —

Nach ihrem Verhalten im Feuer und nach der Fähigkeit, Koks von bestimmter Art hervorzubringen, pflegt man die Kohlen in folgende, ebenfalls nicht scharf von einander abgegrenzte Arten einzutheilen:

A) Backkohlen. In der Hitze geben sie eine lockere Masse, blähen sich auf, backen zusammen und geben stark aufgeschwollene Koks. Die Backkohlen sind tiefschwarz, leicht entzündlich, wasserstoffreich, und geben eine weisse Flamme ohne stinkenden Rauch. Wegen des Aufblähens sind sie nicht gut zu Rostfeuerungen anzuwenden, da sie den Rost verstopfen und den Luftzug hindern; dagegen können sie bei offenen Feuern und als Schmiedekohlen mit besonderem Vortheil gebraucht werden.

B) Sinterkohlen. Diese haben eine mehr ins Graue fallende Farbe, glänzenden Bruch, sind schwerer entzündlich, brennen mit einer etwas ins Bläuliche ziehenden Flamme und entwickeln dabei gewöhnlich Schwefelgeruch. Sie geben Koks, welche das Volumen und die äussere Gestalt der Kohlenstücke beibehalten; sie sintern jedoch, in gepulvertem Zustande erhitzt, zu einer festen Masse zusammen.

C) Sandkohlen. Sie schwinden zwar bei dem Verkoksen, jedoch behalten die Koks die Gestalt der Kohlen bei. In Pulverform sintern deren Theilchen nicht zusammen, sondern bleiben sandig oder staubig.

Nach der äusseren Beschaffenheit lässt sich der Werth und das Verhalten der Kohlen im Feuer nicht verlässlich bestimmen, obwol die Erfahrung lehrt, dass gewöhnlich die Kohle um so kohlenstoffreicher, mithin zu Feuerungszwecken geeigneter ist, je reiner schwarz ihre Farbe, je stärker und glasartiger der Glanz und je spröder die Substanz derselben erscheint. Braune und zähere Kohlen sind kohlenstoffärmer. Bei gesteigertem Kohlenstoffgehalte nimmt aber auch die Entzündlichkeit derselben ab, so dass sehr kohlenstoffreiche Kohlen, die übrigens auch wenig Flamme geben, eines sehr starken Luftzuges zum Brennen bedürfen.

Die Kohlenflötze werden bergmännisch bebaut, und das zu Tage geförderte Product wird an der Grube entweder nach Hohlmass, meistens jedoch nach Gewicht gemessen und verladen. Nach der Grösse der gewonnenen Kohlen unterscheidet man Stückkohlen, welche meistens etwas höher im Preise stehen, Kohlenkleien, aus kleineren Stücken bestehend, und Staubkohlen oder Kohlen-gries. Die letzteren werden zuweilen mit theerigen oder harzigen Materien zu einem Teige angemacht, dann zu Ziegeln (Briquetts) geformt und als ein brauchbares Brennmaterial benützt.

Bei der Aufbewahrung grösserer Quantitäten von Steinkohlen ist Vorsicht nothwendig. Manche Kohlen pflegen noch einige Zeit,

nachdem sie aus der Grube gekommen sind, eine brennbare Gasart auszudünsten, welche, wenn sie sich in einem geschlossenen Raume anhäuft, durch zufällige Entzündung gefährliche Explosionen herbeiführen kann. Schiffe und Magazine, welche frische Steinkohlen enthalten, sollen daher sorgfältig gelüftet werden. Enthält die Steinkohle Schwefelkies, der überhaupt ihre schädlichste Verunreinigung ist, so kann sich dieser an der Luft zersetzen, und die Erfahrung zeigt Beispiele, dass diese Zersetzung zuweilen mit einer bedeutenden Wärmeentwicklung verbunden war, ja dass sich Kohlen von selbst entzündeten.

Wird Steinkohle in einem von der Luft abgesperrten Raume, z. B. in Retorten, geglüht, so erleidet sie eine Zersetzung; es entwickelt sich eine grosse Menge brennbares Gas, welches im gereinigten oder geläuterten Zustande zur sogenannten Gasbeleuchtung angewendet wird. Als Nebenproduct erhält man hierbei eine bedeutende Quantität Steinkohlentheers, welcher dem Holztheer sehr ähnlich ist, sich aber von diesem durch seinen eigenthümlichen Geruch unterscheidet. Man benützt ihn zu manchen technischen Zwecken, so zum Anstrich auf Holz, um es gegen Fäulniss zu schützen, etc. — In den gegen Luftzutritt geschützten Räumen bleibt nach dem Entweichen der flüchtigen Theile ein mehr oder weniger aufgeschwollener, zuweilen fast metallisch glänzender, schwerer und harter Rückstand, welcher Koks genannt wird. In den Koks ist der Kohlenstoff viel mehr concentrirt, als in der rohen ursprünglichen Steinkohle. Die Verunreinigungen der Koks können nur mehr erdige Substanzen und Metalloxyde sein. Gute Koks sind ein sehr geschätztes Brennmaterial für Hüttenprocesse, Schmiedeeisen, Kesselfeuerungen und andere technische Zwecke; indessen sind sie schwerer entzündlich als rohe Steinkohlen und bedürfen zum Fortbrennen eines viel stärkeren Luftzuges, geben aber dann ohne Rauch und Flamme eine höchst intensive Hitze.

Kupfer.

(Siehe auch Seite 352 des ersten Bandes.)

Das Kupfer zeichnet sich durch die ihm eigenthümliche bräunlich-rothe, schwach ins Gelbe stechende Farbe, durch einen starken Glanz und schönen Klang aus. Es hat einen schwachen aber unangenehmen Geschmack, und zwischen den Fingern gerieben theilt es denselben einen seinem Geschmacke analogen Geruch mit. Auf dem

Bruche ist es dichtkörnig oder feinzackig. Gutes Kupfer ist so zähe, dass es erst nach öfterem Hin- und Herbiegen bricht; an Festigkeit steht es dem Stabeisen nach, übertrifft aber in dieser Hinsicht die edlen Metalle. Es ist in hohem Grade dehnbar und lässt sich sowol zu sehr feinen Drähten ziehen, als zu sehr dünnen Blättern austrecken. In der Weissglühhitze schmilzt es und hat im Flusse eine grünliche Farbe; in den höchsten Hitzegraden ist es flüchtig. Bei Zutritt der Luft erhitzt, nimmt es vorübergehend Regenbogenfarben an; später bildet sich ein braunrother Überzug (Kupferoxydul), der nach und nach fast schwarz wird (Kupferoxyd) und dann beim Hämmern oder Biegen in Schuppen abfällt. Diese werden Kupferasche oder Kupferhammerschlag genannt. Bei gewöhnlicher Temperatur bleibt es an trockener Luft unverändert, in Berührung mit Luft und Wasser aber rostet es; gegen Säuren ist das Kupfer empfindlich; seine Salze sind meistens giftig und bilden graue oder grüne Farben.

Gediegenes Kupfer findet sich in geringer Menge im Granit, Gneis u. s. w., auch in Gesteinmassen des Flötzgebirges in Begleitung anderer Kupfererze. — Die Kupfererze sind nach ihrem Vorkommen, nach ihrer Zusammensetzung und nach ihrem Kupfergehalte sehr verschieden. Die besten Erze sind das Rothkupfererz, der Kupferglanz, das Buntkupfererz, der Kupferkies und das Fahlerz; auch auf Kupferschiefer wird häufig gebaut. Da das Kupfer nur schwer von seinen fremden Verunreinigungen zu trennen ist, welche, selbst wenn sie in sehr geringer Menge darin vorkommen, seine Dehnbarkeit beeinträchtigen, so ist das Ausbringen desselben ein sehr umständlicher Process.

Von unverarbeitetem Kupfer unterscheidet man nach der Form:

a) Das Rosettenkupfer. Es bildet unebene, auf der Oberfläche geborstene, blasige und löcherige runde Platten von 30 bis 60 $\frac{c}{m}$ Durchmesser und von ungleicher Dicke, die von 15 bis 30 $\frac{m}{m}$ steigt. Seine Farbe ist roth, hie und da gelb oder bunt angelaufen.

b) Plattenkupfer, in Form von glatten runden Scheiben, welche etwa 26 $\frac{c}{m}$ Durchmesser und 5 $\frac{c}{m}$ Dicke haben. Dieses sowie das in Barren und Stangen geformte Kupfer wird durch wiederholtes Umschmelzen des Rosettenkupfers gereinigt oder raffinirt, dann gegossen und unter dem Hammer bearbeitet. Man verwendet es vorzüglich zur Erzeugung von Blechen, Kesseln, Geschirren etc.

c) Tafelkupfer, in grossen viereckigen Tafeln von verschiedener Dicke.

d) Gekörntes Kupfer, entweder in rauhen und federartigen Stücken, oder in glatten bohnenförmigen Körnern. Die erste Sorte erhält man durch Körnen im kalten, die zweite im heissen Wasser.

e) Cementkupfer, welches auch in

der Darstellung von den übrigen Sorten abweichend ist. Die Grubenwässer in den Kupfergruben enthalten nämlich viel Kupfervitriol, welcher sich darin nach und nach aus den Erzen bildet. Diese Wässer (Cementwässer) werden gesammelt und entweder zur Gewinnung von Kupfervitriol benützt, oder es wird aus ihnen durch hineingestelltes blankes Eisen das Kupfer in metallischer Form niedergeschlagen. Das Cementkupfer wird theils in Form von Blechen, oder in baum-, trauben-, faden- und haarförmigen Gestalten in den Handel gebracht, theils wird es bei dem Raffiniren des aus Erzen gewonnenen Kupfers als Zusatz angewendet.

Leder.

Die rohe thierische Haut ist in der Trockenheit steif, in der Nässe geräth sie aber in Fäulniss. Um ihr die erforderliche Geschmeidigkeit zu geben, um sie gegen Fäulniss und den zerstörenden Einfluss der Witterung zu schützen, und um ihr zugleich ein gefälliges Äusseres zu ertheilen, wird sie in Leder umgewandelt oder gegerbt. Nach der Verschiedenheit der Mittel, welche man beim Gerben anwendet, unterscheidet man: die Lohgerberei, bei welcher Gerbmaterien aus dem Pflanzenreiche, namentlich Eichen- und Fichtenrinde, Knopperrn etc. in Gebrauch kommen; die Weissgerberei, bei welcher das häutige Gewebe von einer weissen Thonverbindung, namentlich Alaun, durchdrungen wird; die Sämischgerberei, bei welcher die Poren der Haut mit Fett getränkt werden; endlich die Pergamentbereitung, wenn die Poren der Haut mit Kreide angefüllt werden.

Die wichtigsten Sorten von lohgarem Leder sind das Sohlenleder, welches man fast nur aus Ochsenhäuten bereitet, und das Fahlleder (Ober- oder Schmalleder), welches aus Häuten von Pferden, Kühen, Kälbern und Schafen hergestellt wird. Das Sohlenleder wird zu Maschinen-Treibriemen, zur Kolbendichtung der Pumpen (als gepresste Stulpen), zur Dichtung der Klappenventile bei Pumpwerken, zur Dichtung der Verschraubungen bei Schläuchen und Rohren etc. verwendet.

Legirungen.

Bronce. Preussisches Bronce besteht aus 10 Theilen Kupfer, 1 Theil Zink, 1 Theil Zinn; französisches Bronce aus 91·4 Theilen Kupfer, 5·5 Zink, 1·7 Blei und 1·4 Zinn; billiges Bronce aus 5 Theilen Kupfer, 1 Theil Zink und 1 Theil Zinn.

Messing. Englischcs Messing besteht aus 66·2 Theilen Kupfer und 33·8 Theilen Zink; deutsches Messing aus 49·5 Theilen Kupfer und 50·5 Theilen Zink; hartes amerikanisches Messing aus 3 Theilen Kupfer, 1 Theil Zink.

Kanonenmetall. Französisches Kanonenmetall besteht aus 93 Theilen Kupfer und 7 Theilen Zinn; amerikanisches Kanonenmetall aus 9 Theilen Kupfer und 1 Theil Zinn.

Verschiedene amerikanische Legirungen. Gewöhnliches Metall aus 3 Theilen Kupfer, 1 Theil Zink; Metall für Ventile aus 10 Theilen Kupfer, 1 Theil Zinn; Metall für Stopfbüchsen und Hähne aus 8 Theilen Kupfer, 1 Theil Zinn; weiches Metall für Maschinenlager aus 6 Theilen Kupfer, 1 Theil Zinn.

Lothe. Weissblech- oder Spenglerloth aus 2 Theilen Blei und 1 Theil Zinn; Zinnloth aus 2 Theilen Zinn und 1 Theil Blei; hartes Schlagloth zum Löthen von Metall aus 2 Theilen Kupfer und 1 Theil Zink.

Babbitts Weissmetall besteht aus 1 Theil Kupfer, 5 Theilen Antimon und 50 Theilen Zinn.

Um eine Lagerschale mit diesem Metall auszugießen, geht man auf folgende Weise vor: Alle jene Theile der Schale, welche nicht mit Weissmetall belegt werden sollen, bestreiche man mit dickem Lehmwasser, alle übrigen mit concentrirtem Essig; auf letztere streut man etwas Salmiakpulver und erhitzt die Schale so lange, bis der Salmiak zu rauchen anfängt, dann taucht man die ganze Lagerschale in geschmolzenes Banca-Zinn, wobei darauf zu achten ist, dass selbe keineswegs so heiss sein darf, dass das Zinn darin oxydirt. — Sobald die Schale verzinkt ist und etwas dunkel aussieht, streut man neuerdings Salmiak darauf (was die Farbe in silberweiss ändert), dann kühlt man selbe im Wasser langsam ab, setzt einen, den Hohlraum, welcher dem Zapfen entspricht, ausfüllenden vorbereiteten Lehmkern (oder Eisenkern, mit dickem Lehmwasser bestrichen) in die Schale, befestigt diesen so, dass er sich nicht verschieben kann, erwärmt das Ganze bis zum Schmelzpunkt des Zinns und giesst das in Bereitschaft gehaltene Weissmetall durch ein entsprechendes Eingussloch in den zwischen dem Kern und der Lagerschale verbliebenen Zwischenraum. Das Weissmetall soll dabei nicht so heiss sein, dass es oxydirt; auch soll man einen möglichst grossen Anguss zu erhalten trachten, damit beim Abkühlen nicht leere Räume im Eingusse verbleiben.

Leinöl.

Dasselbe ist ein trocknendes Öl, welches aus dem Leinsamen (Flachs) gewonnen wird. Das kaltgepresste (hellgelbe) ist wie bei allen Ölen das beste; das warm gepresste ist bräunlich-gelb und von eigenthümlichem schwachen Geschmacke. Es kann auf 20° C. abgekühlt werden, ohne zu erstarren. Seine Hauptanwendung findet es zur Bereitung des Leinölfirnisses sowie zur Ölmalerei. Der gewöhnlichste fette Firniss ist der Leinölfirnis. Er wird dadurch bereitet, dass man Leinöl mit etwa zwei Procent Bleiglätte und Mennige durch einige Stunden anhaltend kocht; nach dem Kochen lässt man ihn einige Tage stehen, bis er sich klärt, giesst ihn dann von dem schleimigen Bodensatze ab und lässt ihn in Glasflaschen an der Sonne bleichen. Guter Leinölfirnis ist völlig durchsichtig und hat eine blassgelbe Farbe; er trocknet allmählig zu einer harten harzigen Masse ein; man gebraucht ihn deshalb als wesentlichen Bestandtheil aller Ölfarben. Mit Thon gemischt gibt er einen guten Kitt, mit geschlämmter Kreide den Glaserkitt. — Die fetten Lackfirnisse bestehen aus Leinölfirnis und einem Harze, gewöhnlich Kopal oder Bernstein; sie werden mit Gummigutt, Grünspan, Indigo etc. verschieden gefärbt, mit Asphalt geschwärzt und undurchsichtig gemacht. Die undurchsichtigen nennt man Lacke, die gefärbten Lackirerfarben. Sie dienen zum Lackiren von Eisen, Holz und Leder etc.

Mennige (Minium).

(Siehe auch Seite 351 des ersten Bandes.)

Mennige oder Bleizinner, auch Bleiroth genannt, ist ein rothes Bleioxyd, welches in der Natur sehr selten vorkommt und seines starken Verbrauches wegen in eigenen Fabriken (Mennigbrennereien) dargestellt wird. Die Mennige ist ein höchst zartes, scharlachrothes, schweres, geruch- und geschmackloses, im Wasser unlösliches Pulver, welches beim gelinden Erhitzen vorübergehend dunkler wird, bei der Rothglühhitze aber unter Abgabe von Sauerstoff in gelbes Oxyd übergeht und bei noch stärkerer Hitze zu einem gelben Glase schmilzt. Je höher die Farbe ist und je feiner die Mennige gemahlen ist, desto mehr schätzt man sie. Verfälschungen mit Röthel, Ocker, Ziegelmehl u. dgl. lassen sich durch Zusammenglühen der verdächtigen Mennige mit Fett ermitteln, wobei diese Substanzen zurückbleiben, während das Blei reducirt wird. Bereitet man das Minium aus Bleiweiss, so hat es eine sehr lebhaft orange-rothe Farbe und wird

Orange-Minium genannt. Zu dieser Gattung gehört das ausgezeichnet feine und schöne Pariserroth. — Man benützt die Mennige in Wasser und Öl als Malerfarbe, zu Firnissen und Kitten; im Maschinenbau zum dampfdichten Verschluss der Cylinderdeckel, Schieberkastendeckel und Rohrflantschen.

Messing.

Die verschiedenen aus Kupfer und Zink bestehenden Legirungen führen den gemeinschaftlichen Namen Messing und haben vor dem reinen Kupfer den Vorzug der schönen Farbe, der grösseren Dauerhaftigkeit an der Luft, der grösseren Härte, der leichteren Schmelzbarkeit und der weit grösseren Tauglichkeit zu Gusswaren. Indessen kommen diese Vorzüge dem Messing je nach dem Mischungsverhältnisse in verschiedenem Grade zu. Das Messing enthält in der Regel 27 bis 35 Procent Zink und ist öfters zufällig mit kleinen Quantitäten von Zinn oder Blei verunreinigt. Je kupferreicher das Messing ist, desto mehr zieht seine Farbe ins röthlich-gelbe; je zinkreicher es ist, eine desto lichtere besitzt es. Bei richtigem Mischungsverhältnisse hat es eine schöne eigenthümliche gelbe, fast goldähnliche Farbe. — Man erhält es entweder durch unmittelbare Zusammenschmelzung von Kupfer mit metallischem Zink, oder durch Verschmelzung des ersteren mit Galmei oder mit gerösteter Zinkblende und Zusatz von zerstoßener Holzkohle. Das im letzteren Falle erhaltene Schmelzproduct heisst Stückmessing (Rohmessing) und wird gewöhnlich noch einmal unter Zusatz von altem Messing, Messingabfällen, Kupfer, Galmei und Kohlenstaub zusammengeschmolzen, um eine gleichförmigere Mischung zu erhalten. Beim Umschmelzen desselben verflüchtigt sich immer etwas Zink. Zu Messing, dessen Dehnbarkeit in Anspruch genommen werden soll, muss ganz reines Kupfer genommen werden; bei Gussmessing schaden geringe Verunreinigungen nicht. Gleich nach dem Gusse ist Messing einigermaßen spröde; bei vorsichtiger Behandlung durch Walzen oder Ziehen wird es aber dehnbar, so dass es dann zu den dehnbarsten metallischen Stoffen gehört. (Tafelmessing, Rollmessing.)

Muntzmetall.

In England ist eine Art Messing von einem gewissen Muntz erfunden worden, welches sich glühend schmieden und zu Blech auswalzen lässt; dasselbe ist zu Schiffsbolzen wie zum Schiffsbeschlag

eingeführt worden, daher es dort und anderwärts jetzt unter dem Namen Muntzmetall vorkommt. Der Erfinder gibt die Zusammensetzung wie folgt an: 60 Theile Kupfer und 40 Theile Zink, oder 56 Theile Kupfer, 40·75 Theile Zink und 3·25 Theile Blei. Eine gute Zusammensetzung ist auch 68 Theile Kupfer, 32 Theile Zink. — Durch einen kleinen Eisenzusatz erlangt das Muntzmetall, ohne seine Dehnbarkeit im kalten und rothglühenden Zustande einzubüssen, eine vermehrte Härte und eine ausserordentlich grosse absolute Festigkeit, welche selbst jene des Schmiedeisens oft übersteigt.

Olivenöl.

Das Olivenöl oder Baumöl ist ein nicht trocknendes Öl, welches aus den Oliven gewonnen wird. Man presst die Oliven zuerst kalt, wodurch man das sogenannte Jungfernöl erhält, dann warm, wodurch man das eigentliche Baumöl gewinnt; die Rückstände werden zuweilen noch mit Wasser gekocht, wobei sich etwas Öl abscheidet, oder sie werden zum dritten male gepresst, nachdem man sie durch längeres Liegenlassen an der Luft vorher einer Gährung ausgesetzt hatte. Das kaltgepresste Öl, wenn es aus guten, gehörig reifen Oliven bereitet wurde, ist schön hellgelb, öfters beinahe farblos, zuweilen ins Grünliche übergehend und nicht trübe, hat einen reinen Ölgeschmack, keinen Geruch und erstarrt bei geringen Kältegraden. Das Product der zweiten Pressung ist schon dunkler gefärbt, es enthält Schleimtheile, wird leicht ranzig und hat einen stärkeren Geruch und Geschmack; das dritte Product ist noch mehr trübe, dunkler, hat einen bitterscharfen Geschmack und einen ranzigen Geruch.

Das Olivenöl wird nicht nur als Speise- und Brennöl benützt, sondern es dient auch zu technischen Zwecken. Im südlichen Frankreich und in Italien wird es in grosser Menge zur Seifenbereitung benützt, wozu man die geringeren Sorten der zweiten Pressung sowie das Product der dritten Pressung und das in den Fässern sich abscheidende Geläger der trüben Öle verwendet; auch gebraucht man es zum Fetten der Wolle behufs ihrer Verspinnung zur Türkischrothfärberei, als Schmiere für Uhren und Maschinen etc. — Das Speiseöl bedarf keiner Raffinirung, denn wenn es auch etwas trübe von der Presse abfliesst, so klärt es sich nach einiger Zeit in den Behältern oder Bottichen, in denen man es gleich nach dem Pressen einige Zeit stehen lässt, ebenso in den Fässern oder Krügen, in denen

es gelagert wird. Bei dem Transporte trübt sich gewöhnlich das Öl, besonders wenn es noch Wassertheilchen enthält, aber beim Liegen wird es wieder klar. Will man die Klärung beschleunigen, so filtrirt man es durch einen Filzhut oder einen wollfilznen Spitzbeutel. — Das Speiseöl wird zuweilen mit Mohnöl, das Brennöl mit Rüböl verfälscht. In diesem Falle erstarrt es bei geringen Kältegraden nicht so vollständig wie reines Baumöl, es brennt nicht so rein und hell und trocknet leicht, indem ein mit diesem Öl bestrichenes Holz bald eine feine Haut bekommt. Auf ähnliche Weise und auch durch den Geschmack erkennt man eine Verfälschung mit Leinöl.

Das bei Maschinen als Schmiermaterial zu verwendende Olivenöl soll rein und säurefrei sein, damit die mit selbem geschmierten beweglichen Bestandtheile, als Zapfen, Wellen, Gelenke, Führungen etc., nicht angegriffen werden. (Burstyn's Ölsäuremesser.)

Pottasche.

(Siehe auch Seite 344 des ersten Bandes.)

Gute Pottasche muss aus festen, trockenen, nicht zu kleinen Stücken bestehen, einen scharfen laugenhaften Geschmack haben, sich leicht und ohne, oder doch mit wenig Rückstand in Wasser auflösen. Wenn sie aus der Luft leicht Feuchtigkeit anzieht und zerfließt, so besitzt sie meistens eine vorzügliche Güte, ebenso wenn ein Stück derselben, auf die flache Hand gelegt, befeuchtet und schnell zerdrückt, eine beträchtliche Erwärmung wahrnehmen lässt. Sie darf nicht zu dunkel gefärbt sein, je weisser, desto besser ist sie gewöhnlich. Die Verwendungen der Pottasche in den chemischen Gewerben, insbesondere in der Seifensiederei, Bleicherei, Druckerei und Glasfabrication, sind höchst wichtig und ausgebreitet. Auf Schiffen wird selbe zum Waschen der Maschinenraumwände sowie zum Waschen (Entfetten) der Arbeitskleider verwendet.

Quecksilber.

Das Quecksilber ist zinnweiss, stark glänzend und bei gewöhnlicher Temperatur tropfbarflüssig. Bei $-40^{\circ} C.$ wird es fest, ist in diesem Zustande dehnbar und hat einen dumpfen Klang wie Blei. Bei $350^{\circ} C.$ siedet es und destillirt in verschlossenen Gefässen unverändert über. Es ist geruch- und geschmacklos. Reines Queck-

silber ist ungemein leicht beweglich, eine geringe Beimischung von einem fremden Metalle vermindert aber diese Beweglichkeit in einem bemerklichen Grade; es läuft auch an der offenen Luft nicht an; bei einem geringen Gehalte an Zinn oder Blei aber erhält es eine feine matte Haut, welche abgestrichen sich bald wieder erneuert, und bildet es in diesem Falle nicht so runde Tröpfchen wie reines Quecksilber. Unreines Quecksilber gibt durch anhaltendes Schütteln ein graues oder schwarzes Pulver. Von mechanischen Beimengungen wird Quecksilber dadurch gereinigt, dass man es durch Leder presst, oder durch einen Papiertrichter laufen lässt, in dessen Spitze man ein feines Loch mittelst einer Nadel gestochen hat; besser wird es durch Waschen mit verdünnter Schwefelsäure und durch wiederholte Destillation gereinigt, am besten durch Zusammenschmelzen mit Schwefel und durch Destillation des so gebildeten Zinnobers mit Kalk oder Eisenfeilspähnen. — Quecksilberdämpfe wirken nachtheilig auf die Gesundheit. Selbst bei der gewöhnlichen Temperatur verdampft Quecksilber. In beträchtlicher Menge benützt man es zur Verfertigung von Barometern, Thermometern, manchen andern physikalischen und chemischen Apparaten und zu Präparaten für medicinische Zwecke.

Schmirgel.

Der Schmirgel, welcher bei der Fabrication von Metallwaren sehr wichtige Anwendung findet, ist ein inniges Gemenge von Eisenglanz und Quarz. Seine Farbe ist braun, dunkelstahlgrau bis eisenschwarz. Er wird in ziemlich grossen Stücken aus Ostindien und der Levante nach Europa gebracht, hier mittelst Stampfwerken oder zwischen eisernen Walzen gepulvert, dann gesiebt und durch Schlämmen in mehrere Feinheitsnummern geschieden. Der Schmirgel wird bei seinen sehr verschiedenen Gebrauchsweisen gewöhnlich mit Öl gemischt. Eine eigenthümliche Anwendung desselben ohne Öl findet bei dem Schmirgelpapiere statt, welches bereitet wird, wenn man einen starken Papierbogen auf einer Seite mit Leim bestreicht, dann feinen Schmirgel aufsiebt und nach dem Trocknen das nicht angeklebte Pulver wegschüttelt. Man benützt es vorzüglich zum Schleifen von Messing und zur Vertilgung von Rostflecken auf Stahl oder Eisen, weshalb es häufig Rostpapier genannt wird. — Wendet man analog statt des Schmirgels zerstoßenes Glas oder feinen, scharfen Quarzsand an, so erhält man in einem Falle Glaspapier, im anderen

Sandpapier; beide Gattungen dienen als Schleifmittel, haben aber eine beschränktere Anwendung als das Schmirgelpapier. Das schönste und brauchbarste Schmirgelpapier ist das Pariser, welches in vielen Abstufungen nach der Feinheit des darauf befindlichen Schmirgels sortirt ist. — Die gewöhnlichste Art, das Schleifen mit Schmirgel (das Schmirgeln) zu verrichten, besteht darin, dass man etwas Schmirgel mit Öl auf ein Schmirgelholz (eine Schmirgelfeile) aufträgt und letzteres mit angemessenem Drucke über die Oberfläche des Arbeitsstückes ungefähr ebenso hin- und herbewegt, wie es beim Feilen geschieht.

Stahl.

(Siehe auch Seite 349 des ersten Bandes.)

Der Stahl wird entweder aus Roheisen oder aus Schmiedeeisen erzeugt, indem man dem ersten den Kohlenstoff theilweise entzieht, oder mit dem zweiten Kohlenstoff in Verbindung bringt.

Zur Bereitung von Stahl aus Roheisen wählt man vorzüglich das hellgraue oder weisse manganhaltige mit grossblättrigem Bruche, und die Bereitung selbst besteht in einem modificirten Frischprocesse und im Ausrecken der erzeugten Luppen unter Hämmern und zwischen Walzen. Das erhaltene Product heisst Rohstahl, Schmelzstahl oder Kernstahl.

Zur Erzeugung von Stahl aus Schmiedeeisen werden flache dünne Stäbe von diesem auf dem Herde des Cementir- oder Stahlofens in einer Umhüllung mit Kohle stark und anhaltend geglüht; die Aufnahme von Kohlenstoff oder die Stahlbildung geht zuerst auf der Oberfläche des Eisens vor sich, dringt allmählig in das Innere und zuletzt durch die ganze Masse. Das erhaltene Product heisst Cementstahl. Zuweilen bemerkt man auf dem Bruche der Stangen nach dem Cementiren im Inneren einen Raum, dessen Ansehen von der äusseren Schichte verschieden ist; man nennt ihn dann Rosenstahl. Die cementirten Stangen sind auf der Oberfläche mehr oder weniger mit Blasen bedeckt, weshalb ihnen auch der Name Blasenstahl beigelegt wird. Um guten Cementstahl zu erhalten, muss man gutes, möglichst reines Schmiedeeisen anwenden. Sowol der Rosenstahl als der Cementstahl sind im ursprünglichen Zustande theils wegen der unganzen Stellen, theils wegen der ungleichen Vertheilung des Kohlenstoffes und der daraus entspringenden ungleichen Härte einzelner Stellen noch sehr unvollkommene Producte und nur

für gröbere grössere Arbeiten anwendbar. Für die übrigen Zwecke wird der Stahl nach zweierlei Methoden verfeinert, nämlich entweder durch das Gerben (Raffiniren), wobei man raffinirten oder Gerbstahl erhält, oder durch das Schmelzen und Giessen, wobei Gussstahl erzielt wird.

Das Gerben besteht darin, dass man Stahlschienen von 2 bis 3 $\frac{m}{m}$ Dicke ausschmiedet, mehrere packetartig übereinander legt, zusammenschweisst und zu einem Stabe ausstreckt. Zweimal gegerbter Stahl entsteht, wenn der einmal gegerbte in der Mitte eingehauen, wieder zusammengesweisst und dann gestreckt wird. Auf ähnliche Weise erhält man drei- oder viermal raffinirten Stahl. Das wiederholte Raffiniren kostet viel Arbeit und erhöht den Brennstoffverbrauch; durch den bei jedesmaligem Gerben erfolgenden Abfall wird der Stahl aber auch desto gleichartiger und feiner. Einmal gegerbter Stahl kommt im Handel unter dem Namen Scharschach- oder Tannenbaumstahl vor und bildet gewöhnlich quadratische Stangen; ist er dünnflach geschmiedet und in der Mitte abgebogen, so heisst er Federstahl, und wird zu Messern, Klingen, Feilen u. s. w. verwendet.

Die vollkommenste Ausgleichung der kohlenstoffärmeren und kohlenstoffreicheren Stahltheile findet bei dem Schmelzen desselben statt, weshalb Gusstahl für viele feine Arbeiten die geschätzteste Stahlsorte ist. Man unterscheidet schweiszbaren und unschweisbaren Gusstahl. Je strengflüssiger ein Gusstahl ist, desto mehr besitzt er die Eigenschaft der Schweissarbeit; man bereitet ihn aus Cementstahl. Ausgezeichnet an Feinheit, Härte und Politurfähigkeit ist der englische, aus schwedischem Eisen bereitete Gusstahl, insbesondere der sogenannte Huntsmann-Stahl. Gusstahl findet seine wichtigsten Anwendungen zu feiner Messerschmiedware, zu Grabsticheln, Bohrspitzen, Meisseln, kleinen und grossen Walzen, Krummzapfen, Kolbenstangen u. s. w. Silberstahl ist Gusstahl, der mit sehr wenig ($\frac{1}{500}$) Silber vermischt ist, welcher Zusatz seine Güte steigert; Nickelstahl oder Meteorstahl hat einen Zusatz an Nickel, welcher ihn ebenfalls merklich verbessert.

Die Formen, in welchen der Stahl im Handel vorkommt, sind: als Quadratstahl oder Flachstahl in Stangen von 0·3 bis 3 $\frac{m}{m}$ Länge; als Rundstahl und als Stahlblech in verschiedenen Dimensionen; letzteres dient zu Sägeblättern, Uhrfedern, Ziehklingen, Stahlfedern u. s. w.; — als Stahldraht bis zu 0·4 Millimeter Dicke; endlich als Triebstahl, das ist Stahldraht, welcher im Querschnitte die Gestalt

eines kleinen gezahnten Rades hat und Uhrmachern zur Verfertigung von Getrieben dient.

Im natürlichen Zustande ist der Stahl härter als gutes Schmiedeseisen, aber weicher als weisses Gusseisen. Er ist einer ausgezeichnet schönen Politur fähig. Sein specifisches Gewicht schwankt innerhalb derselben Grenzen, wie jenes des Schmiedeseisens. Äusserst wichtige Veränderungen erleidet der Stahl durch das sogenannte Härten, welches darin besteht, dass man ihn glühend macht und rasch abkühlt, etwa durch Eintauchen in kaltes Wasser. Dabei wird er so hart, dass er Glas ritzt, von der Feile nicht angegriffen und von wenigen Körpern an Härte übertroffen wird; zugleich ist er ausserordentlich spröde und zerbrechlich und im Bruche feinkörnig. In diesem Zustande nennt man ihn glashart. Durch stufenweises Erhitzen (Anlassen oder Nachlassen) nimmt die Härte und Sprödigkeit des glasharten Stahles wieder allmähig ab; bis zum Glühen erhitzt, dann aber langsam erkaltet, wird derselbe so weich, als er vor der Härtung war. Dadurch hat man es in seiner Gewalt, den aus Stahl verfertigten Gegenständen jeden beliebigen Grad von Härte zu geben, welcher zwischen seiner natürlichen Weichheit und der Glashärte liegt.

Zur Bereitung des Gusstahles ist es erforderlich, sauerstoffhaltige Substanzen auf das geschmolzene Roheisen als Entkohlungsmittel einwirken zu lassen und zugleich einen Hitzegrad anzuwenden, der hinreicht, um den entstehenden Stahl im Flusse zu erhalten. Die hiebei eingeschlagenen Wege sind wesentlich zwei, je nachdem man zur Oxydation des Kohlenstoffs im Roheisen entweder atmosphärische Luft oder Eisenoxyde gebraucht.

Die Benützung der atmosphärischen Luft zu dem in Rede stehenden Zwecke bildet die Grundlage des sehr berühmt gewordenen und sehr verbreiteten Bessemer-Processes, welcher auch kurz das Bessemern genannt wird und, so wie der auf diesem Wege erzeugte Bessemer-Stahl, nach dem Erfinder den Namen trägt. — Das wesentlichste dieses Processes besteht darin, dass man (graues) Roheisen geschmolzen in einen eisenen, mit feuerfesten Ziegeln ausgefütterten Behälter gibt und hier — mittelst eines kräftigen Gebläses — einen sehr zertheilten Strom atmosphärischer Luft in ähnlicher Weise durchtreibt, wie Gase durch Wasser geleitet werden, wenn man sie davon absorbiren lassen will. Der Sauerstoff der Luft verbrennt hiebei schnell den Kohlenstoff des Roheisens, das

Silicium etc., aber auch zugleich einen nicht unerheblichen Theil des Eisens selbst, wobei ein so hoher Hitzegrad sich entwickelt, dass der entstandene Stahl ohne äussere Nachheizung längere Zeit flüssig bleibt. Der Gewichtsabgang, den das graue Roheisen beim Bessemern erleidet, beträgt 14 bis 20 Procent.

Terpentinöl.

Das Terpentinöl wird durch Destillation von Terpentin mit Wasser gewonnen, wobei das Harz (Colophonium) zurückbleibt. Je nach der Terpentinart, aus der es gewonnen wurde, zeigt es kleine Unterschiede im Geruche und Siedepunkte. Wie es gewöhnlich im Handel vorkommt, ist es durch theilweise Verharzung gelblich, in rectificirtem Zustande aber farblos, wasserhell, dünnflüssig und von starkem Geruche. In Wasser ist es vollkommen unlöslich. Das Terpentinöl ist das wohlfeilste von allen ätherischen Ölen. Man benützt es als Lösungsmittel für Harze und Kautschuk, als Verdünnungsmittel für Ölfarben, zum Fleckausbringen, zum Anmachen der Farben für die Porcellanmalerei etc. Mit dem Terpentinöl ist das von Fichten- und Tannenharz gewonnene Kienöl nahe verwandt. Man erhält dieses durch Destillation des beim Theerschwelen zuerst ausbratenden, wenig gefärbten (weissen) Theeres, wobei das sogenannte weisse Pech zurückbleibt.

Unschlitt.

Rindstalg, auch Unschlitt genannt, ist ein höchst wichtiger Handelsartikel. Er wird vom Fleischer zum Theile unmittelbar an den Consumenten verkauft; für den grösseren Handel jedoch wird er gereinigt, indem man das reine Fett, welches in häutigen Zellen enthalten ist, durch Ausschmelzen aus diesen absondert.

Beim Einkaufe sieht man vorzüglich auf Reinheit, Weisse und Härte desselben; durch geschickte Behandlung des geschmolzenen Talges mit Alaunlösung versteht man dessen Weisse und Härte zu erhöhen. Das Unschlitt wird bei Maschinen überall dort als Schmiermittel angewendet, wo Dampf mit beweglichen Theilen zusammentrifft, also im Innern der Dampfcylinder und Schiebergehäuse und an deren Stopfbüchsen.

Werg.

Flachs ist die gereinigte, zum Spinnen tauglich gemachte Bastfaser der Leinpflanze, des Leins. Die Hauptarbeiten bei der Flachsbereitung sind folgende: 1.) Das Rotten, eine durch anhaltende Einwirkung der Feuchtigkeit hervorgerufene Gährung, durch welche die pflanzenleimartige Substanz des Bastes grösstentheils zerstört und somit der Zusammenhang zwischen den Fasern in bedeutendem Grade gelockert und beinahe völlig aufgehoben wird; 2.) das Brechen und Schwingen und einige Nebenarbeiten, zur Zerkleinerung und Absonderung des holzigen Kerns der Stengel; 3.) das Hecheln, welches einen vierfachen Zweck hat, nämlich die Entfernung aller noch vorhandenen Reste des Holzes, die Spaltung oder Zertheilung des Bastes in feine Fasern, die Absonderung der kurzen Fasern von den werthvolleren langen, endlich das Ordnen und Geradlegen der übrigbleibenden langen Fasern. In Ansehung des beim Hecheln entstehenden Werges ist zu bemerken, dass zwar ein Theil desselben durch die Hechel in Gestalt geordneter Fasern, d. h. als (kurzer) Flachs wieder gewonnen werden kann, dass jedoch der grösste Theil wegen der Kürze seiner Fasern einer Bearbeitung auf der Hechel nicht mehr fähig ist. Das Werg kann zwar in dem Zustande, wie es von der Hechel gesammelt wird und wo seine Fasern ganz und gar wirtt durcheinander liegen, versponnen werden, allein es liefert auf diesem Wege nur ein grobes, unreines und ungleichförmiges (knotiges) Garn, welches höchstens zu schlechter Sack- und Packleinwand, zu geringen Sorten Bindfaden u. dgl. tauglich ist. Das grösste Werg dient als Hilfsmittel beim Reinigen von Maschinen, Küchengeräthen etc., als Material zum Packen und Ausstopfen; etwas bessere Sorten werden auch in den Papierfabriken verarbeitet.

Zink.

(Siehe auch Seite 350 des ersten Bandes.)

Das Zink hat eine weisse, ins Bläulich-graue ziehende Farbe, ist stark glänzend und zeigt im Bruche ein strahlig grobblättriges Gefüge. Die Härte ist nicht bedeutend. Geschmolzen und wieder erkaltet ist es spröde; bei vorsichtiger Anwendung eines langsamen Druckes durch Walzen u. dgl. wird es allmähig mehr dehnbar, wobei es sein blättriges Gefüge verliert. — Am leichtesten lässt es sich in

erwärmtem Zustande (bei 100 bis 150° C.) biegen und strecken; bei höherer Temperatur nimmt es an Sprödigkeit zu. In schwacher Weissglühhitze und unter Luftzutritt verbrennt es, wobei es einen weissen Rauch von Zinkoxyd ausstösst. Unter den gewöhnlichen Metallen ist es das am meisten elektropositive, mithin am leichtesten oxydirbare. Es überzieht sich daher, blank der Luft dargeboten, sehr bald mit einem feinen grauen Überzuge, welcher, wenn er eine gewisse Stärke erlangt hat, das darunter liegende Zink vor der ferneren Oxydation schützt; Zinkblech eignet sich daher gut zu Dacheindeckungen und ähnlichen Zwecken. Selbst sehr verdünnte Säuren wirken sehr kräftig auf Zink ein und zerstören es bald.

Zink kommt in der Natur nicht gediegen vor. Von seinen Erzen benützt man die Zinkblende, häufiger aber den Galmei zur Gewinnung des Metalles. Das unmittelbar aus dem Erze gewonnene Metall heisst Tropf- oder Werkzink; durch Umschmelzen desselben in eisernen Kesseln gewinnt man Rohzink; durch abermaliges Umschmelzen in einem Flammofen erhält man raffinirtes Zink. Das geschmolzene Zink schöpft man in gusseisene Formen, worin es die Gestalt von Platten, Blöcken oder breiten Stäben annimmt.

Das meiste Zink wird zur Bereitung von Messing, Tombak, Packfong und einigen anderen Legirungen gebraucht. Trinkwasser darf nicht in zinkenen Behältern angesammelt werden. — Man giesst aus Zink grosse Figuren, architektonische Kunstarbeiten und andere Luxusartikel. Für den Kunstdruck leisten Zinkplatten zuweilen gleiche Dienste wie die kostspieligeren Kupferplatten. Seiner stark positiv elektrischen Beschaffenheit wegen spielt das Zink bei Erregung der galvanischen Elektrizität eine sehr wichtige Rolle und gehört in dieser Hinsicht zu den dem Physiker unentbehrlichsten Metallen.

Zinkweiss.

(Siehe auch Seite 351 des ersten Bandes.)

Das als Farbe benützte Zinkweiss ist ein künstlich dargestelltes Zinkoxyd. Es bildet eine geschmacklose, im Wasser unlösliche, weisse, lockere, ziemlich leichte, lose zusammenhängende Masse, oder ein zartes weisses Pulver, welches beim Erhitzen gelblich, beim Erkalten aber wieder weiss wird und in starker Glühhitze zu einem gelben Glase schmilzt. In starken Säuren und in ätzenden Alkalien ist es löslich. Man erhält es, wenn man Zink bei Weissglühhitze an der Luft verbrennt, wobei es in Form weisser Flocken in der Luft umherfliegt

und aufgefangen wird, oder sich als lockere weisse Masse an den Schmelztiegel anlegt. Es wird dann mit Wasser geschlämmt, um es von metallischen Theilchen zu reinigen. Minder rein wird das Zinkweiss durch Fällung einer Auflösung von Zinkvitriol mit Pottasche, Kalk oder Kreide erhalten. — Ungeachtet dass das Zinkweiss eine geringere deckende Kraft hat als das Bleiweiss und mit Öl angerieben sehr langsam trocknet, benützt man es doch als ein Surrogat desselben, und obwol es billig ist, wird es nicht selten mit Kreide, Gyps, Schwerspath u. dgl. verfälscht.

Zinn.

(Siehe auch Seite 353 des ersten Bandes.)

Das Zinn besitzt eine silberweisse Farbe, einen starken Glanz, geringe Elasticität und Härte. Es hat aber eine bedeutende Dehnbarkeit und lässt sich leicht zu sehr dünnen Blättchen schlagen, aber wegen seiner Weichheit nur schwer zu Draht ziehen. Es ist härter als Blei, aber so weich, dass es sich mit dem Messer schneiden und schaben lässt; beim Biegen knistert das Zinn, und zwar um so deutlicher, je reiner es ist und je weniger es nach dem Gusse durch mechanischen Druck bearbeitet wurde. Erhitzt man es auf $200^{\circ} C.$, so wird es so spröde, dass es sich pulvern lässt. Reines Zinn wird bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft nicht verändert; beim Schmelzen aber, welches vor dem Glühen eintritt, bedeckt es sich mit einer grauen, zum Theile Regenbogenfarben spielenden Haut (Zinnkrätze), welche aus metallischem Zinn und Zinnoxyd besteht. Bei fortgesetzter starker Erhitzung verwandelt es sich endlich in ein gelblich-weisses Pulver, welches Zinnasche genannt wird und als Polirmittel, ferner als Zusatz zur Bereitung eines weissen Emails für Zifferblätter von Uhren und zu manchen anderen Zwecken benützt wird. Leider gehört das Zinn zu den ziemlich selten vorkommenden Metallen, und da es wegen seiner hohen Dehnbarkeit und Tauglichkeit zu Gusswaren, besonders aber wegen seiner Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkungen von Luft, Wasser und verdünnten Säuren sich zu vielen wichtigen Anwendungen vortrefflich eignet, so steht es ziemlich hoch im Preise.

Die einzigen Zinnerze sind der Zinnstein und der Zinnkies; letzterer kommt jedoch zu selten und in zu kleiner Menge vor, als dass er für die Zinnengewinnung irgend in Betracht kommen könnte. Das von den Hütten gelieferte Zinn ist selten ganz frei von fremd-

artigen metallischen Verunreinigungen, welche sich schon in dem Zinnsteine befanden. Ein Gehalt von Arsenik macht das Zinn weisser, aber auch härter; zieht es ins Blaue oder Graue, so enthält es Kupfer, Blei, Eisen oder Antimon, welche Zusätze es auch leichter zerbrechlich machen. — Oft prüft man das Zinn durch die Steinprobe; man giesst nämlich geschmolzenes Zinn auf einen Stein aus; das reine zeigt nach dem Erkalten eine glänzende Oberfläche, das unreine eine matte angelaufene.

Das Zinn wird hauptsächlich zu Gusswaren verwendet. Der Zinngiesser erzeugt in Formen von Messing, Eisen, Sandstein, Thonschiefer, Gyps, Holz u. s. w. verschiedene Artikel, als: Küchen-, Speise- und Trinkgeschirre, chemische und pharmaceutische Geräthschaften, Leuchter, Eisbüchsen, Wärmflaschen, Röhren, Platten u. s. w. Der hohe Preis des Zinnes ist Ursache, dass es gewöhnlich mit Blei versetzt wird, wobei sich noch der Vortheil ergibt, dass sich eine solche Legirung besser als reines Zinn zum Giessen eignet. Dagegen verliert es an seiner angenehmen weissen Farbe, läuft an der Luft an und wird weicher; den letzteren Fehler kann man jedoch durch Zusatz von Antimon vermindern. Bleihaltige Zinngeschirre können, wenn saure Speisen in ihnen einige Zeit stehen bleiben, der Gesundheit nachtheilig werden.

Verzinnen. Verzinntes Eisenblech, Weissblech genannt, wird zu den mannigfaltigsten Klempnerarbeiten verwendet. Kupfergeschirre werden auf eine sehr einfache Art verzinnt, um sie gegen Oxydation und gegen Bildung von Säuren zu schützen, welche der Gesundheit nachtheilig sein könnten; die Kupfergeschirre werden nämlich zu diesem Behufe innen blank geschabt, auf Kohlen erhitzt und mit einem pulverigen Gemenge von Salmiak und Colophonium bestrichen. Dann wird reines Zinn in das erhitzte Gefäss gegeben; das Zinn schmilzt dabei und wird durch Umschwenken und Reiben mit Werg auf der Oberfläche des Kupfers vertheilt; das überflüssige Zinn wird schliesslich ausgegossen.

Zweiter Abschnitt.

Abriss der Materialbearbeitung.

I. Allgemeines über Werkzeuge und Werkzeugmaschinen.

Die Begriffe „Werkzeug“ und „Werkzeugmaschine“ wurden bereits in der Einleitung der Maschinenkunde auseinandergesetzt. — Je nachdem die Werkzeugmaschinen zur Bearbeitung von Metallen oder Hölzern dienen, werden sie Metall- oder Holzbearbeitungsmaschinen genannt.

Die Arten der von Werkzeugmaschinen ausgeführten Arbeiten sind sehr mannigfaltig, und sollen hier deshalb nur die namentlich im Maschinenwesen gebräuchlichen Formen derselben erwähnt werden.

Die in den Kesselschmiede-Werkstätten zum Lochen und Beschneiden der Bleche bestimmten Lochmaschinen und Scheeren sind gewöhnlich für Riemenantrieb eingerichtet, und nur die grössten derselben werden mit eigenen Betriebsdampfmaschinen ausgerüstet. Das Bohren der Bleche für Dampfkessel-Constructionen wird auf eigenen Bohrmaschinen, an welchen gleichzeitig mehrere Bohrer arbeiten, vorgenommen. Für das Schrägeschneiden der Blechkanten bestehen besondere Vorrichtungen, welche an jeder Blechscheere angebracht werden können. Zur Fabrication der Nieten dienen eigene Nietenerzeugungsmaschinen und zur Herstellung der Dampfkesselnietungen sowol als der Brückenträger und ähnlicher Constructionen besondere Vernietmaschinen. Auch die letztgenannten Werkzeugmaschinen sind entweder für Riemenantrieb eingerichtet, oder aber mit Hilfsdampfmaschinen oder mit hydraulischem Antrieb versehen.

In mechanischen Werkstätten für Appreturzwecke bestehen Drehbänke, Hobelmaschinen, Nutenstossmaschinen, Cylinder-

Bohrmaschinen, gewöhnliche Bohrmaschinen (Wand-, Radial- und Langloch-Bohrmaschinen), Schraubenschneidmaschinen, Fräsemaschinen, Rädertheil - Schneidmaschinen etc., fast durchgehends mit Riemenantrieb.

In den Werkstätten für Holzbearbeitung finden sich Gattersägen, Kreissägen, Bandsägen, Fourniersägen, Krummholzsägen, Schropphobelmaschinen, Schlichtmaschinen, Bohrmaschinen, Zapfenschneidmaschinen, Nutenerzeugungsmaschinen u. v. a. — Auch diese Werkzeugmaschinen werden durch Riemen, und nur sehr grosse Sägen (namentlich jene, welche transportabel sein sollen) durch eigene am Gestelle befestigte Dampfmaschinen angetrieben.

Die Hauptformen der vorgenannten Werkzeugmaschinen, sowie deren Einrichtung, Antrieb und namentlich die Bewegung der zugehörigen Werkzeuge während des Arbeitsprocesses werden durch den Anschauungsunterricht erläutert.

II. Form und Geschwindigkeit der Werkzeugsstähle.

Sowol bei der Metall- als bei der Holzbearbeitung wird hauptsächlich der Stahl für die hiebei zur Verwendung gelangenden, verschiedenartig geformten Werkzeuge benützt; in einzelnen Fällen werden jedoch auch Schmirgelscheiben oder Schleifsteine (welche dann mit hoher Geschwindigkeit umlaufen) zur Bearbeitung von Metallen verwendet. — Je nach der Natur der mit einer Werkzeugmaschine zu bewirkenden Arbeit richtet sich auch das Material der hiezu nöthigen Werkzeuge, je nach der Härte oder Structur des zu bearbeitenden Werkstückes hingegen die Form und die Geschwindigkeit des eigentlichen Werkzeuges.

Die Grundform, auf welche sich alle Werkzeugformen (mit Ausnahme der Schleifsteine und Schmirgelscheiben) zurückführen lassen, ist jene des Keils.

Der in das Material eindringende Keil des Werkzeuges löst eine Schichte desselben, Spahn genannt, ab. Von wesentlicher Bedeutung ist hiebei der Winkel, welchen die beiden Seiten des Keils mit einander einschliessen (Schneidewinkel), und jener, welchen die dem Arbeitsstücke näher liegende Keilseite mit dem Arbeitsstücke selbst einschliesst (Ansatzwinkel). — Je kleiner diese beiden Winkel im Allgemeinen sind, um so weniger Kraft erfordert der Antrieb des Keils,

um so geringer wird also die zum Arbeiten des Werkzeuges nöthige Betriebskraft; anderseits nimmt aber die Reibung dabei wieder zu.

Der Schneidewinkel darf aber einen gewissen Minimalwerth nicht unterschreiten, sonst spießt sich das Werkzeug (Messer) im Material; für Schmiedeeisen und Gusseisen beträgt dieser Minimalwinkel 45° , für Metall 60° . Die Summe des Schneide- und des Ansatzwinkels darf aber auch eine gewisse obere Grenze nicht überschreiten, denn je grösser die Summe dieser beiden Winkel ist, desto mehr geht das Schneiden in ein Schaben über, und ist bei Bearbeitung von Eisen schon die oberste Grenze erreicht, wenn genannte Summe 60° beträgt, da dann der Stahl bereits zu schnarren und sich zu erhitzen beginnt.

Die Dicke des auf einmal vom Arbeitsstücke abzunehmenden Spahnes wächst mit der Grösse der bezüglichen Werkzeugmaschine; im Allgemeinen nehmen Drehbänke und Bohrmaschinen einen feineren Spahn als Hobelmaschinen und Nutenstossmaschinen.

Einen wichtigen Factor für das Kraftersparniss bei Werkzeugmaschinen bildet die Geschwindigkeit und Verschiebung des Werkzeuges. — Unter Geschwindigkeit versteht man hiebei die relative Bewegung des Arbeitsstahles in der Richtung des abzulösenden Spahnes, d. i. den zurückgelegten Weg in einer Secunde, und zwar gleichgiltig, ob nun in Wirklichkeit der Support oder das eingespannte Werkstück beweglich ist. Die gleiche Anschauung gilt auch rücksichtlich der seitlichen Verschiebung des Arbeitsstahles.

Die für die beste Ausnützung der Betriebskraft auf praktischem Wege ermittelten günstigsten Geschwindigkeiten des Messers sind: bei Schmiedeeisen $55 \frac{m}{m}$, bei Gusseisen $40 \frac{m}{m}$ und bei Metall $65 \frac{m}{m}$. — Bei Feststellung des Ganges der Werkzeugmaschinen ist jedoch zumeist weniger die ökonomische Ausnützung der Betriebskraft, sondern vielmehr die möglichste Ausnützung der Maschine und der Arbeitskräfte massgebend, und beträgt die Geschwindigkeit der Messer aus diesen Gründen oft $100 \frac{m}{m}$ und selbst darüber. — Die seitliche Verschiebung beträgt für Drehbänke und Ausbohrmaschinen 0.3 bis $0.5 \frac{m}{m}$ pro Secunde, bei Bohrmaschinen 0.15 bis $0.25 \frac{m}{m}$ pro Secunde und bei Alternativmaschinen (Hobelmaschinen, Nutenstossmaschinen) 0.5 bis $1 \frac{m}{m}$ pro Secunde.

Die nachfolgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der bei der Metall- und Holzbearbeitung vortheilhaften Geschwindigkeiten.

Geschwindigkeiten für die Metall- und Holzbearbeitung.

(Meter in der Secunde.)

0·015	=	Schnittgeschwindigkeit beim Abdrehen von Hartgusswalzen und vortheilhafte Umfangsgeschw. der Walzen in Blech- und Schienenbiegmaschinen.
0·018	=	mittlere Geschw. des beweglichen Scheerenblattes bei Parallelscheeren und des Stempels bei Lochmaschinen.
0·03	=	mittlere Umfangsgeschw. der Gewindebohrer und Schneidbacken bei Schraubenschneidmaschinen.
0·05	=	mittlere Schnittgeschw. beim Abdrehen, Ausbohren und Hobeln stählener Arbeitsstücke.
0·08	=	dto. dto. bei gusseisernen Arbeitsstücken.
0·11	=	= = bei schmiedeisernen Arbeitsstücken.
0·15	=	= = bei bronzenen Arbeitsstücken.
0·25	=	Umfangsgeschw. hölzerner Arbeitsstücke beim Abdrehen mit dem Handstahle.
0·35	=	vortheilhafte Umfangsgeschw. der Fräzscheibe beim Schneiden guss- oder schmiedeisener Zahnräder.
0·8	=	vortheilhafte Geschw. der Kreisscheeren.
2·5	=	mittlere Geschw. der Gattersägen.
4	=	grösste zulässige Geschw. der Bohrer in Holz.
4·5	=	mittlere Umfangsgeschw. des Schneidezahnes an Räderschneidmaschinen beim Schneiden von Holzzähnen.
5	=	mittlere Umfangsgeschw. gewöhnlicher Schleifsteine und hölzerner Arbeitsstücke auf Support-Drehbänken.
10	=	vortheilhafte Geschw. der Bandsägenblätter, und mittlere Umfangsgeschw. grosser Schleifsteine in Maschinenfabriken.
15	=	vortheilhafte Umfangsgeschw. der Schmirgelscheiben zum Schlichten und Poliren.
18	=	vortheilhafte Umfangsgeschw. der Schneidköpfe bei Holzfräsmaschinen.
25	=	grösste zulässige Geschw. der Schleifsteine bei vorzüglichstem Material derselben.
27	=	vortheilhafte Umfangsgeschw. bei Schmirgelscheiben der Sägeschärfmaschinen.
40	=	vortheilhafte Umfangsgeschw. der Kreissägen für Holz und für heisses Eisen.

III. Die verschiedenen auf Schiffen zumeist gebräuchlichen Maschinenwerkzeuge.

1. Drehstähle, Bohrer und Metallscheeren.

Die *Drehstähle* (Drehmeissel), welche beim Drehen aus freier Hand gebraucht werden, sind mannigfaltiger Form. Das allgemeinste Werkzeug zum Drehen von harten Metallen ist der Grabstichel oder Drehstichel, d. i. ein quadratisches Stäbchen, welches eine Spitze nebst zwei daran liegenden geraden Schneiden darbietet und in der Form gänzlich mit dem Grabstichel der Graveure übereinstimmt. Auf Messing und noch weicheren Metallen geht es dagegen oft sehr gut an, das Werkzeug stärker angreifen zu lassen. Man bedient sich dann des Schrotstahls mit bogenförmiger Schneide zur Ausarbeitung aus dem Groben, dann des Spitzstahls mit zwei schrägen, in eine Spitze zusammenlaufenden Schneiden, und des Schlichtstahles mit geradliniger, 2 bis 12 $\frac{m}{m}$ breiter Schneide zur Fortsetzung und Vollendung des Drehens. Bei diesen drei Arten ist das ganze Werkzeug gerade und die Schneide befindet sich am Ende.

Die erwähnten Drehstähle, für das Drehen mit freier Hand, haben kurze Hefte, welche mit der rechten Hand gefasst und regiert werden, während die Linke den Drehstahl näher an die Auflage hält und niederdrückt. Beim Drehen grosser Gegenstände, bei welchen dickere Spähne abgenommen werden, wendet man dagegen hakenförmige, aufwärts gebogene Dreheisen an, welche mit der convexen Seite ihrer Biegung auf die Auflage gestützt und mit ihren gegen 0·5 Meter langen Heften auf die Schulter des Arbeitenden gelegt werden, während beide Hände mit Kraft den nöthigen Druck ausüben. Für Eisen sind die Drehhaken nach der beschriebenen Art, und man nennt sie, je nachdem sie in der Gestalt ihrer Schneide mit dem Schrotstahl, Spitzstahl oder Schlichtstahl übereinstimmen, Schrothaken (Fig. 12), Spitzhaken (Fig. 14) und Schlichthaken (Fig. 13).

Die Drehstähle, welche man im Support gebraucht (wie die in den Fig. 15, 16 dargestellten), sind von anderer Art, als die bisher besprochenen, aus freier Hand zu führenden. Meist sind es bloß Grabstichel, Spitzstähle und Schlichtstähle, oder sie haben doch mehr oder weniger Ähnlichkeit mit diesen. Man hat übrigens gerade und gebogene (gekröpfte) Drehstähle, letztere um in Höhlungen oder Ver-

tiefungen zu drehen. Man schleift sie auch meist an beiden Enden an, um sie doppelt gebrauchen zu können. Die Zuschärfungswinkel an den verschiedenen Arten von Drehstählen wechseln zwischen 40 und 90°; am gewöhnlichsten findet man Schneidewinkel von 60 bis 70°.

(Die bei Hobelmaschinen in Anwendung kommenden gewöhnlichsten Formen der Werkzeugformen sind in den Fig. 17 bis 21 dargestellt.)

Bohrer. Kleine Bohrer (Rollbohrer) werden mittelst Bohrbogen in eine solche abwechselnde Drehung versetzt, dass sie einige Umdrehungen nach rechts und dann wieder einige Umdrehungen nach links machen; ihre Schneiden sind demgemäss von beiden Seiten zugeschärft, damit sie in beiden Richtungen angreifen (zweischneidige Bohrer), und ihre Zuschärfungs-Facetten treffen in den Schneidkanten unter einem Winkel von 45 bis 60° zusammen. Man lässt sie mit verhältnissmässig geringem Drucke wirken, verleiht ihnen aber eine schnelle Bewegung, so dass sie feine aber zahlreiche Spähne nehmen.

Grosse Bohrer werden ununterbrochen nach einerlei Richtung gedreht (einschneidige Bohrer Fig. 41), sind daher an den Schneiden nur einseitig zugeschärft und besitzen Kantenwinkel von 75 bis 80°; sie drehen sich langsamer, aber unter stärkerem Drucke, wodurch weniger aber dickere Spähne entstehen. Nicht selten bilden die zwei Schneidkanten des einschneidigen Bohrers einen sehr grossen Winkel mit einander (150 bis 160°); oder sie stehen parallel zu einander, in entgegengesetzter Richtung von der Bohreraxe ausgehend und völlig rechtwinkelig gegen dieselbe; in diesem Falle ist aber im Mittelpunkte des Bohrers eine dicke, kurze Spitze angebracht; man nennt sie dann Centrumborher (Fig. 42). Sie finden für Löcher über 10 $\frac{m}{m}$ Durchmesser allgemeine Anwendung und arbeiten mit geringerem Kraftbedarf, als Bohrer mit schräg angelegten Schneiden.

Die **Metallscheeren** unterscheiden sich von den für weiche Stoffe gebräuchlichen Scheeren zunächst dadurch, dass ihre Blätter viel stärker sind als bei diesen. Man bedient sich der Metallscheeren zum Zerschneiden des Bleches (Handblechscheeren). Grössere Scheeren werden beim Gebrauche im Schraubstock befestigt oder sind in einem niedrigen hölzernen Klotze bleibend festgemacht (Stockscheere Fig. 28). Letztere haben Schneiden von 0·08 bis 0·3 $\frac{m}{m}$ und noch grösserer Länge; der Hebel zur Anlegung der Hand muss wenigstens 4- bis 5mal so lang sein als die Schneidekante. Die Zuschärfungswinkel an den Schneiden der Metallscheeren sind 75 bis 80°.

2. Mittel zum Anzeichnen und Messen der Werkstücke.

Paralleltreisser (Fig. 33). Das stehende Streichmass besteht aus einem scheibenförmigen Fusse mit ebener Bodenfläche, einem rechtwinkelig gegen die Bodenfläche sich erhebenden Stäbchen und einer auf letzterem verschiebbaren Hülse, durch welche, unter rechtem Winkel gegen das genannte Stäbchen, eine lange Reisspitze gesteckt wird. Ist nun die Aufgabe gestellt, auf einem Arbeitsstücke parallel zu einer gegebenen Fläche Linien vorzuzeichnen, so legt man dasselbe mit dieser Fläche auf eine vollkommen ebene, gusseisene Platte (Richtplatte), stellt auf letztere auch das Streichmass mit seiner Fussfläche auf und führt es längs des Arbeitsstückes hin. Die auf dem Stücke angerissene Linie wird dann stets parallel mit der aufliegenden Fläche des Arbeitsstückes sein.

Greifzirkel (Fig. 34). Um bei der Bearbeitung von Cylindern und anderen, theils runden, theils nicht runden Körpern die Dicke derselben zu messen, gebraucht man Zirkel mit stark nach auswärts gekrümmten Schenkeln und stumpfen Enden. Meistentheils sind sie mit Charnier und Bogen versehen.

Hohlzirkel oder **Lochzirkel** (Fig. 35). Sie haben die Bestimmung, den Durchmesser von Höhlungen zu untersuchen. Die einfachen Hohlzirkel bestehen aus zwei durch ein Charnier verbundenen Schenkeln, deren äusserste Enden auswärts gebogen und stumpf sind.

Stangenzirkel (Fig. 36). Zwei Fälle sind es vorzüglich, in welchen die Stangenzirkel vor den übrigen Arten der Zirkel wesentliche Vorzüge haben oder gar unentbehrlich werden: erstens wenn man sehr grosser Öffnungen bedarf, zweitens wenn wegen der Festigkeit oder zur Verfertigung genauer Eintheilungen eine senkrechte Stellung der Spitzen gegen die Arbeitsfläche unerlässlich ist. Die Haupteinrichtung derselben stimmt mit jener der Stangenzirkel, die man beim Zeichnen gebraucht, überein. Die Schenkel oder Spitzen sind nicht über 0.05 *my* lang, lassen sich mit ihren Hülsen auf der Stange verschieben und mittelst Druckschrauben feststellen.

Winkelmass. Dasselbe kann als aus zwei rechtwinkelig aneinander gefügten stählernen Linealen bestehend angesehen werden. Es dient theils zum Prüfen rechtwinkliger Kanten, überhaupt zur Untersuchung, ob zwei benachbarte Flächen mit einander einen rechten Winkel einschliessen, theils zur Controllirung einspringender rechter Winkel, theils um Linien rechtwinkelig gegen den Rand eines Arbeitsstückes zu ziehen. Im letzteren Falle, in welchem das Winkelmass

flach aufgelegt wird, muss ein Schenkel desselben mit einem Anschläge versehen sein (Anschlagwinkel, Fig. 32). Zu diesem Behufe wird auf der äusseren Kante des einen Schenkels rechtwinkelig gegen die Hauptebene des Winkelmasses eine Leiste angelöthet oder angenietet, welche über beide Flächen des Werkzeugs vorspringt, so dass es die Form eines T erhält.

Zur Messung des Eckwinkels der sechseckigen Schraubenmuttern, beziehungsweise zum Bearbeiten solcher Muttern, bedient man sich eines Winkelmasses von 120° .

3. Bohrwerkzeuge.

Brustleier (Fig. 27). Dieses Bohrwerkzeug besteht ganz aus Eisen und hat im Wesentlichen die Gestalt eines C, bei welchem man sich an einem Ende die Bohrspitze, am andern einen drehbaren Knopf so angebracht denken muss, dass die Axen beider in eine und dieselbe gerade Linie fallen. Der Knopf wird gegen die Brust gesetzt, und die Bohrspitze befindet sich demnach in nahezu horizontaler Lage, während man mit der Hand den mittleren Theil des Werkzeuges anfasst und im Kreise herumbewegt.

Bohrkurbel. Für solche Fälle, wenn zum Bohren grosser Löcher der mit der Brust anzuwendende Druck nicht ausreicht, oder wenn Löcher in nahezu verticaler Richtung gebohrt werden müssen, setzt man ein der Brustleier im Wesentlichen gleiches, nur stärker gebautes Werkzeug (die Bohrkurbel) aufrecht unter ein sogenanntes Bohrgestell (Fig. 9) und dreht es langsam und kräftig, nöthigenfalles mit beiden Händen.

Die **Bohrratsche** oder **Bohrknarre** (Fig. 26) ist ein Bohrinstrument, welches blos aus einer geraden Bohrspindel besteht und durch einen gegen selbe rechtwinkelig angebrachten Hebel umgedreht wird. Die Spindel enthält an einem Ende die Bohrspitze, am andern Ende die Druckschraube, welche nach Bedarf von Hand allmählig weiter bewegt wird. Der Hebel, durch welchen die Spindel von der Hand des Arbeiters die Drehung empfängt, durchläuft nur einen Bogen; er bringt also auch dem Bohrer nur einen Theil der Umdrehung auf einmal bei, wird dann in seine anfängliche Lage zurückversetzt und wiederholt auf gleiche Weise gebraucht, wonach die Wirkung des Bohrers ruckweise erfolgt. Der Hebel ist zu diesem Behufe mit der Spindel durch ein Sperrrad und einen Sperrkegel ver-

bunden, oder in irgend einer anderen Weise mit ihr zusammenhängend, so dass er, wenn oscillirend bewegt, beim Vorgehen die Bohrspindel dreht, beim Rückgange sie aber ruhig stehen lässt.

4. Schraubenschneidwerkzeuge.

Schraubenkluppe (Fig. 37). Die Schneidkluppe oder Schraubenkluppe ist ein eisenes Gestell, gewöhnlich von rahmenartiger Gestalt, mit zwei Handgriffen von angemessener Länge versehen und in dem mittlern breitesten Theile eine Öffnung enthaltend, worin zwei stählene (gehärtete und gelb angelassene) Backen, die Schneidbacken, liegen, welche durch eine Stellschraube einander mehr oder weniger genähert werden können. Jeder Backen enthält einen Bogenausschnitt von 90 bis 120°, der mit Schraubengängen versehen und als ein Stück einer Schraubenmutter zu betrachten ist. Nachdem die Spindel, welche man zu schneiden beabsichtigt, stehend im Schraubstock eingespannt ist, klemmt man das oberste Ende derselben zwischen die Backen (durch Anziehen der Stellschraube der Kluppe) ein, und dreht darauf die Kluppe an ihren Handgriffen um, indem man anfangs sanft niederdrückt, bis die ersten Gänge eingeschnitten sind, worauf die Kluppe dann von selbst die richtige Schraubebewegung annimmt. Ist man am unteren Ende der Spindel angekommen, so schraubt man die Kluppe wieder hinauf, nähert die Backen einander ein wenig (durch stärkeres Anziehen der Stellschraube) und wiederholt das Schneiden, was dann so lange auf diese Weise fortgesetzt wird, bis das Gewinde seine Vollendung erlangt hat. Von Zeit zu Zeit muss dabei Öl an die Schraube gegeben werden, während man zugleich die sich sammelnden Spähne wegbürstet.

Wendeisen (Fig. 38). Gewindbohrer und Reibahlen werden mittelst eines langen eisernen Querheftes (Wendeisen) gedreht, welches mit seinem Loche auf das obere viereckige Ende des Gewindbohrers oder der Reibahle aufgesteckt und an seinen Enden mit beiden Händen gefasst wird.

5. Drehbank mit Zubehör.

Das Drehen ist das einzige Mittel, Gegenstände von runder Gestalt mit Genauigkeit, Sicherheit und Schnelligkeit darzustellen. Ein Gegenstand ist als vollkommen gedreht anzusehen, wenn alle seine, gegen die Drehaxe senkrechten Querschnitte Kreise sind. Diese

Gestalt ist aber nur zu erreichen, wenn das Arbeitsstück rund läuft und wenn die Schneide des Drehstahls, so lange sie auf einen bestimmten Querschnitt wirkt, einen unveränderlichen Abstand von der Drehungsaxe behauptet.

Die Hauptbestandtheile der Drehbank sind: das Gestell, die Docken, die Spindel, die Bewegungsvorrichtung und die Auflage.

Das Gestell besteht bei den meisten und gewöhnlichsten Drehbänken aus zwei langen, horizontal liegenden, mit einander parallelen, auf ihren oberen Flächen sehr glatt und gerade abgerichteten Wangen, welche 1 ^m/₁₀₀ und darüber in der Länge messen, und aus einem zweckmässigen Unterbaue derselben. Bei den meisten Drehbänken sind die Wangen und deren Unterbau aus Gusseisen.

Die Docken sind senkrechte Stützen von Gusseisen, welche auf den Wangen stehen. Zu einer vollständigen Drehbank gehören drei Docken: zwei davon stehen am Ende der Drehbank, links vom Arbeiter, unbeweglich (Vorderdocke, Hinterdocke), die dritte lässt sich längs der Wangen verschieben und in jeder nöthigen Entfernung von den anderen beiden mittelst einer Schraube befestigen (Reitstock, fahrende Docke, Spitzdocke).

Die Vorder- und Hinterdocke sind zusammen in einem Stücke gegossen, welches man den Spindelkasten, den Spindelstock oder die Spindeldocke nennt, und dienen zur Unterstützung der Spindel (Drehbankspindel) einer genau abgedrehten, richtig rund laufenden Axe von geschmiedetem Eisen oder Stahl. Die Lage der Spindel muss vollkommen horizontal und parallel zu den Wangen sein.

Es gibt zwei Hauptarten, die Spindel in den Docken zu lagern. Nach der ersten läuft sie in zwei metallenen, cylindrischen oder conischen Lagern, von welchen jede Docke eines enthält. Diese Einrichtung ist zu schwerer Arbeit unentbehrlich, gewährt aber weniger Sicherheit des höchst genauen Rundlaufens. Nach der zweiten Art liegt die Spindel am rechten oder vordern Ende in einem conischen Lager der Vorderdocke und wird im Mittelpunkte des hinteren Endes von der Spitze einer Schraube gehalten, welche durch die Hinterdocke geht; hierbei ist für Arbeitsstücke von beträchtlichem Gewichte nicht genügende Solidität vorhanden, aber eher das vollkommene Rundlaufen zu erreichen, daher auch fast alle Drehbänke zu feinen Arbeiten mit dieser Einrichtung versehen sind. Aus der Vorderdocke ragt immer nur ein kurzes Ende (Kopf) der Spindel hervor, welches gewöhnlich mit einem äusseren und einem inneren Schraubengewinde versehen ist.

Der Reitstock enthält den cylindrischen oder prismatischen eisernen Reitnagel (die Pinne), dessen Axe genau in die Verlängerung der Spindelaxe fallen muss und welcher an dem der Spindel zugekehrten Ende mit einer kegelförmigen Spitze versehen ist. Der Reitnagel lässt sich in einer horizontalen Durchbohrung des Reitstockes verschieben und durch eine Druckschraube befestigen. Oft ist es nöthig, zu jener Verschiebung eine Führungsschraube anzuwenden.

Die Vorrichtung, durch welche die Spindel in Umdrehung gesetzt wird, besteht, sofern Menschenkraft die Drehbank in Bewegung setzt, aus einem eisernen Rade (Schwungrad), welches mit einer auf der Spindel angebrachten Rolle oder Scheibe durch eine Schnur oder einen Riemen ohne Ende in Verbindung steht. Das Rad wird bei kleinen Drehbänken mittelst einer Kurbel, einer Zugstange und eines Trittes von dem Arbeiter mit einem Fusse bewegt, und ist zu diesem Behufe meistens unter der Drehbank angebracht.

Beim Drehen zwischen Spitzen wird das Arbeitsstück auf seinen beiden Endflächen im Mittelpunkte mit einem trichterförmigen Grübchen versehen, welches man mittelst einer conisch zugespitzten Puntze (Körner) einschlägt, oder — wenn es grösser sein muss — bohrt. Die Spitzen oder Körner sind genau gedrehte Kegel von gehärtetem und gelb angelassenem Stahle; eine derselben befindet sich am Reitnagel, die andere wird in das vorderste Ende (den Kopf) der Spindel eingeschraubt. Indem man das Arbeitsstück mit den schon erwähnten Vertiefungen seiner Endflächen zwischen die Spitzen legt, bilden letztere die Endpunkte seiner Drehungsaxe. — Die Umdrehung der Spindel wird auf die Arbeit mittelst eines Führers übertragen (siehe Fig. 1), der von verschiedener Gestalt sein kann, oft z. B. herzförmig gemacht wird (Herz Fig. 8). — Die Spitze am Reitnagel ist unbeweglich, jene an der Spindel dreht sich mit dieser. Läuft nun die Spindel richtig rund, so kommt dem äussersten Endpunkte der Spitze in der That gar keine Bewegung zu, und daher sind die beiden Endpunkte der Drehungsaxe unveränderlich, woraus die gleiche Unveränderlichkeit für die Drehungsaxe selbst folgt. Unter dieser Voraussetzung wird, wenn keine anderen Umstände störend einwirken, die gedrehte Arbeit genau rund werden.

Arbeitsstücke, welche nur an einem Ende befestigt werden können, verbindet man mit der Spindel durch ein Futter, eine Patrone (Fig. 4), wobei der Reitstock nicht gebraucht wird. Dieses Einspannen in die Futter (Einfuttern) findet jedoch zuweilen auch bei

längeren Gegenständen statt, welchen man am anderen Ende zur besseren Haltung die Spitze des Reitnagels vorsetzt. Die Futter sind von Messing oder Eisen und haben die Einrichtung, dass das Arbeitsstück in denselben durch Schrauben festgehalten wird; man schraubt diese Futter auf das äussere Gewinde am vordersten Ende der Spindel.

Die Auflage ist diejenige Vorrichtung, durch welche das Drehwerkzeug unterstützt wird, während dessen Schneide die Arbeit angreift und Theile des Metalls (Drehspähne) wegnimmt. Die gewöhnliche Auflage (Fig. 6) besteht aus einem Eisenstücke von der Gestalt einer Krücke oder eines T; der obere horizontale Theil derselben ist es, auf welchen der Drehstahl zu liegen kommt, und dieser Theil muss eine Länge von 0·1 bis 0·2 Meter besitzen, damit man das Werkzeug nach Erforderniss darauf fortrücken kann. Der verticale Theil oder Schaft lässt sich in einer Hülse auf- und niederschieben und durch eine Druckschraube in der erforderlichen Höhe befestigen. Jene Hülse steht, mit Drehbarkeit in horizontaler Ebene begabt, auf einem gabelförmigen Fusse, welcher quer über die Wangen der Drehbank liegt, sich nach der Länge derselben fortschieben, auch horizontal herumdrehen und in der ihm jeweilig gegebenen Lage befestigen lässt. — Die beschriebene einfache Auflage ist für den Gebrauch solcher Dreheisen berechnet, welche auf freier Hand gehalten und geführt werden.

Genauere Cylinder, Kegel, überhaupt solche Gegenstände, bei welchen eine streng geradlinige Fortrückung des Drehstahles erforderlich ist, lassen sich aber nicht mit gutem Erfolge herstellen, wenn das Werkzeug bloß mit der Hand gehalten wird, weil in diesem Falle selbst der geübteste Arbeiter nicht im Stande ist, das Wanken desselben absolut zu verhindern. Man bedient sich dann immer des Supports oder der festen Auflage, worauf der Drehstahl mit Schrauben befestigt ist und mittelst eines Schiebers, durch Umdrehung einer eigenen Führungsschraube, langsam fortbewegt wird. Ein zweiter Schieber (auf dem ersten angebracht, gegen denselben rechtwinkelig gestellt und wie dieser durch eine Schraube zu bewegen) dient, um den Stahl dem Arbeitsstücke nach Erforderniss zu nähern, mithin das Angreifen desselben zu bewirken. Der Support besteht ganz aus Eisen und wird auf der Drehbank auf ähnliche Art wie die gewöhnliche Auflage angebracht.

Support-Drehbank mit Leitspindel (Fig. 1). Bei Drehbänken, auf welchen lange Walzen oder ähnliche Formen abgedreht

werden sollen, verbindet man den Support dergestalt mit der Drehbank, dass derselbe nebst einem Schlitten, worauf er steht, durch eine Schraube (Leitspindel), welche eben so lang wie die Wangen ist, von einem Ende der Drehbank bis zum andern fortgeführt werden kann (Paralldrehbank). Jene Schraube (*S*) erhält ihre Umdrehung durch eine Übersetzung von gezahnten Rädern *a, b, c, d* (Fig. 1, 2), durch welche sie mit der Spindel dergestalt zusammenhängt, dass zwischen der Umdrehungsgeschwindigkeit des Arbeitsstückes (*s*) und der Fortschritungsgeschwindigkeit des Drehstahls stets ein bestimmtes Verhältniss stattfindet.

Der Support findet ausser beim Drehen von cylindrischen und kegelförmigen Körpern auch beim Abdrehen ebener Flächen Anwendung. Zur Bearbeitung eines Cylinders stellt man ihn genau parallel mit der Spindel, bei einem Kegel in einem angemessenen Grade schräg gegen dieselbe. Zum Abdrehen ebener Flächen (Flachdrehen, Plandrehen) stellt man den Support so, dass bei der Bewegung seiner Schraube der Drehstahl in einer Linie, welche horizontal ist und die verlängerte Axe der Spindel rechtwinkelig kreuzt, an der Arbeit vorübergeht. Beim Abdrehen grösserer Gegenstände auf ihrer Fläche (z. B. Räder, Scheiben, Platten etc.) erfordert die Drehbank eine Planscheibe. Am Kopfe der Spindel ist nämlich eine der Spindelhöhe entsprechende, mit vielen Spalten oder Löchern versehene guss-eisene Scheibe (Fig. 5) aufgeschraubt. Fig. 3 zeigt eine sogenannte Universal-Planscheibe mit vier Einspannkloben, mit je einem Schnabel zum Aufstecken.

Zum Abdrehen langer dünner Stangen, welche zu biegsam sind, um auf gewöhnliche Weise zwischen Spitzen gedreht zu werden, kann der sogenannte Drehschlitten oder Lünette (Fig. 7) dienen, d. i. ein Hilfs-Support, welcher ganz nahe am Drehstahle mittelst zweier hölzerner Backen das Arbeitsstück umfasst und so dessen Ausweichen aus der Mittellage verhindert.

6. Schmiedewerkzeuge.

Das Erhitzen des Eisens geschieht in der Esse (Schmiedfeuer) bei Holzkohlen-, Steinkohlen- oder Koks-Feuer, welches durch einen doppelten Blasbalg oder ein Centrifugal-Gebläse (Ventilator) (Fig. 10) angefacht wird.

Transportable Schmiedeherde werden von Eisen gebaut und dienen nur für kleine Arbeiten. Die Vorrichtung, durch welche das Windrad in Umdrehung gesetzt wird, besteht aus einem eisernen

Schwungrade, welches mit einer auf der Axe des Windrades angebrachten Scheibe durch einen Riemen ohne Ende in Verbindung steht. Das Schwungrad wird mittelst einer Kurbel, einer Zugstange und eines Trittes vom Arbeiter mit einem Fusse bewegt und ist daher immer unter dem Schmiedeherde angebracht.

Zum Auflegen der Schmiedestücke dient der Schmiede-Amboss (Fig. 11), welcher aus Eisen hergestellt und auf seiner obern Fläche (Bahn) mit aufgeschweisstem, gehärtetem, gelb angelassenem Stahle belegt und glatt abgeschliffen sein muss. Die Gestalt des Ambosses bietet einen breiten, auf der Grundfläche ebenen oder etwas ausgehöhlten Fuss dar, welcher ohne weitere Befestigung in einer, einige Centimeter tiefen Versenkung des Ambosstockes ruht. Der Theil der oberen Ambossfläche, welcher sich mitten über dem Fusse befindet, ist die länglich viereckige Bahn, und wird zum Ausstrecken des Eisens gebraucht. Von den schmalen Seiten gehen, einander gegenüberstehend, in horizontaler Richtung zwei Verlängerungen aus, von welchen die eine (das Horn) rund und kegelförmig verjüngt, die andere hingegen flach, manchmal schmaler als die Bahn, und mit einem viereckigen, vertical gerichteten Loche versehen ist. Das Horn dient, um das Eisen darauf rund zu biegen; in das Loch der andern Fortsetzung werden gewisse, beim Schmieden nöthige Hilfswerkzeuge eingesteckt.

Schmiedezangen (Fig. 29) sind von verschiedener Form und Grösse. Sie sind von geschmiedetem Eisen, mit langen Griffen versehen, und werden durch einen Ring oder eine Klammer, welche man über die Griffe schiebt, fest geschlossen. Das Maul der Zange (die zwei Theile, welche das Eisen fassen) ist entweder gerade oder gekrümmt, oder rechtwinkelig aufgebogen.

Handhammer (Fig. 39). Der Handhammer, wie er in allen Schmiedewerkstätten angetroffen wird, ist von sehr einfacher Form: ein Ende bildet eine quadratische, sehr wenig convexe Fläche (die Bahn), das andere Ende eine breite abgerundete Kante (die Finne), welche gegen den Stiel rechtwinkelig steht. Der Körper des Hammers ist von geschmiedetem Eisen; Finne und Bahn bestehen aus geschweisstem, gehärtetem und gelb angelassenem Stahle. Der Stiel ist von sehr zähem Holze.

7. Verschiedene Werkzeuge.

Schraubenschlüssel (Fig. 22, 23, 24, 25 und 30) sind von mannigfaltiger Gestalt und Einrichtung, entweder nur für Köpfe und Muttern von bestimmter Grösse dienlich, oder zum Stellen für alle

vorkommenden Grössen berechnet. (Englischer Schraubenschlüssel, Universal-Schraubenschlüssel Fig. 31.)

Feilkloben (Fig. 40). Für kleine Arbeitsstücke vertritt die Stelle des bekannten Schraubstocks ein Kloben, welcher, in der Hand gehalten, eine beliebige Wendung des Arbeitsstückes gestattet, so dass dieses leicht an allen Seiten befeilt werden kann, wozu man im Schraubstocke eines mehrmaligen Umspannens bedürfen würde. Der Feilkloben hat in den Haupttheilen Ähnlichkeit mit einem Schraubstocke, ist aber nur 7 bis 16 $\frac{1}{m}$ lang. Die beiden Theile desselben sind durch ein förmliches Gewinde (ohne Flasche) mit einander verbunden, und zwischen ihnen liegt eine Feder. Die Schraube ist mit dem einen Theile des Klobens verbunden und geht durch ein längliches Loch des andern Theils. Ausserhalb des letzteren trägt sie eine Flügelmutter, die, wenn sie angezogen wird, den Feilkloben schliesst. Die Schraube wird oft auch ein wenig gebogen, um leichter die Bogenbewegung beim Öffnen und Schliessen zu gestatten. — Der Gestalt des Maules nach unterscheidet man schmal- und breitmaulige Feilkloben.



