

# Die Heizerschule

Von

F. D. Morgner

# Die Heizerschule

Vorträge über die Bedienung und den Betrieb  
von Dampfkesseln

Bon

**F. D. Morgner**

Königlichem Gewerbeinspektor,  
Leiter des Heizerunterrichtes in Chemnitz

Mit 147 Textfiguren



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1913

**ISBN 978-3-662-24103-5      ISBN 978-3-662-26215-3 (eBook)**  
**DOI 10.1007/978-3-662-26215-3**

## Vorwort.

Das vorliegende Buch enthält im wesentlichen meine Vorträge für Dampfkesselheizer. Hieraus erklärt sich manche seiner Eigentümlichkeiten. Zunächst habe ich in meinen Vorträgen vermieden, die Wärmelehre und die sonstigen wissenschaftlichen Grundlagen des Dampfkesselbetriebes in besonderen Abschnitten für sich zu besprechen, sondern an verschiedenen Stellen des Buches verstreut in ihrem Zusammenhange mit der praktischen Anwendung behandelt. Ich verspreche mir hiervon für die in der Praxis Stehenden ein besseres und bleibenderes Verständnis für die Theorie des Dampfkesselbetriebes und die hieraus abgeleiteten praktischen Bedienungsregeln.

In eingehender Weise sind die Verbrennungsvorgänge und die Bedienung des Kesselheizers vom Standpunkte der Rauchverhütung und des möglichst sparsamen Kohlenverbrauches aus besprochen. Zur größeren Anschaulichkeit habe ich die Skizzen 4—11 beigelegt, die in ihrer Einfachheit eine wertvolle und nachhaltige Ergänzung zu dem geschriebenen und gesprochenen Worte bilden sollen. Ich hoffe hiermit um so mehr einen glücklichen Griff getan zu haben, als sie (mit gütiger Genehmigung des Verlages) dem in seiner Art wohl allseitig als vorbildlich anerkannten, im Auftrage des Vereins deutscher Ingenieure herausgegebenen Werke von H a i e r „Die Dampfkesselheizungen“ entnommen sind. Im übrigen sind auch die neuzeitlichsten und aussichtsvollen Erscheinungen auf dem Gebiete der Dampfkesseltechnik, die Rauchgasprüfer, die flammenlose Oberflächenverbrennung, die mechanischen Koffschickungsapparate, die Wanderroste, die Steilrohrkessel, die künstlichen Zuganlagen, der Bitterschornstein, das autogene Schweißverfahren usw. gebührend berücksichtigt worden.

Bei der Besprechung der verschiedenen Kesselarten und der vielerlei zugehörigen Ausrüstungsgegenstände habe ich mich nicht auf eine Beschreibung beschränkt, sondern auch eine kritisierende Stellung eingenommen und neben den Vorzügen auch Mängel nicht übersehen, ohne jedoch hierbei brauchbare

technische Leistungen verkleinern oder verwerfen zu wollen. Am Schlusse des Buches sind „Erläuterungen einiger technischer Begriffe“ angefügt, die namentlich dem weniger schulmäßig Vorgebildeten willkommen sein dürften.

Die Zeichnungen und Abbildungen sind sorgfältig ausgewählt. Eingedenk des Grundsatzes „aus der Praxis für die Praxis“ sind eine große Anzahl davon nach den praktischen Ausführungen hervorragender Firmen des Dampfkessel- und Maschinenbaues angefertigt und zum Teil von letzteren bezogen worden. Den betreffenden Firmen sei auch an dieser Stelle für die mir zuteil gewordene Unterstützung verbindlicher Dank ausgesprochen.

Ferner sind mit Genehmigung des Verlages noch die Figuren 15, 18, 20—23, 29, 31—33, 35—39 und 76 dem bereits erwähnten Haier'schen Werke und die Zeichnungen 51, 52, 63 und 64 dem Buche „Die Dampfkessel“ von F. Lehner (4. Auflage) entliehen.

In Sprache und Aufbau des Buches habe ich mich einer möglichst allgemein verständlichen und vollstümlichen Form befleißigt. Mit dem Wunsche, daß das Buch eine freundliche Aufnahme finden möge, übergebe ich es der Öffentlichkeit.

C h e m n i t z , März 1913.

**Der Verfasser.**

---

# Inhaltsverzeichnis.

## I. Die Brennstoffe.

	Seite		Seite
Entstehung und innerer Aufbau der Brennstoffe . . . . .	1	Lagerungsverluste und Selbstentzündung der Kohle . . . . .	5
Die Steinkohle . . . . .	2	Flüssige u. gasförmige Brennstoffe . . . . .	6
Die Braunkohle . . . . .	3	Die chemischen Bestandteile der Brennstoffe . . . . .	7
Der Torf . . . . .	3	Der Kohlenstoff . . . . .	8
Das Holz . . . . .	4	Der Wasserstoff . . . . .	8
Briketts oder Preßkohlen . . . . .	4	Der Sauerstoff . . . . .	9
Der Koks . . . . .	5		

## II. Die Verbrennungsvorgänge.

Die Zusammensetzung der Luft . . . . .	9	Der theoretische Luftbedarf des Feuers . . . . .	12
Die vollständige Verbrennung des Kohlenstoffes . . . . .	9	Der praktische Luftbedarf des Feuers . . . . .	12
Die unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffes . . . . .	10	Die Zusammensetzung der Feuer-gase . . . . .	14
Das Verhalten der Kohlennäße im Feuer . . . . .	10	Tabelle über die Schädlichkeit des Luftüberschusses . . . . .	14
Die Verbrennung der teerartigen Bestandteile der Kohle . . . . .	11	Die Untersuchung der Feuer-gase . . . . .	14
Die Entstehung des Rauches . . . . .	11	Apparate zur Untersuchung der Rauchgase . . . . .	15
Die unverbrennlichen Bestandteile: Schlacke und Asche . . . . .	12	Der Heizwert der Brennstoffe . . . . .	17
		Die Kalorie oder Wärmeeinheit . . . . .	18

## III. Die Bedienung des Kesselfeuers.

Die gleichmäßige Brennschicht . . . . .	18	Die Zugregler . . . . .	24
Die Entstehung und Verhütung von Stichflammen . . . . .	19	Das Abschlagen . . . . .	26
Der zu große Koft . . . . .	20	Die Beschädigung des Planroßtes zur Erzielung eines sparamen und rauchfreien Kesselfeuers . . . . .	26
Der zu kleine Koft . . . . .	21	a) Gleichmäßige Beschädigung der ganzen Koftfläche . . . . .	26
Verhältnis der Koftfläche:		b) Das Koftscheiden . . . . .	27
a) zur Brennstoffmenge . . . . .	21	c) Das abwechselnde Beschädigen einzelner Koftstellen . . . . .	28
b) zur Heizfläche . . . . .	21		
Höhe der Brennschicht . . . . .	21		
Regulierung des Feuers bei schwankendem Dampfverbrauche . . . . .	23		

## IV. Die Feuerungsanlagen der Dampfkessel.

Seite	Seite		
Der Feuerraum . . . . .	29	Der Ascherraum oder Aschenfall . . . . .	34
Die Planrostfeuerung . . . . .	30	Die Planrostvorfeuerung . . . . .	35
Wie der Rost u. Roststab sein sollen	30	Die Planrostunterfeuerung . . . . .	37
Die Länge des Rostes . . . . .	30	Die Planroststimmfeuerung . . . . .	37
Die Schürplatte . . . . .	33	Die Treppenrostfeuerung . . . . .	38
Das Feuergestränk und die Feuer- türe . . . . .	34	Die Schrägrostfeuerung . . . . .	41
Die Feuerbrücke . . . . .	34	Eine bewährte Sägespänefeuerung	43
		Die Muldenrostfeuerung . . . . .	43

## V. Die rauchverhütenden Dampfkesselfeuerungen.

Die Ursachen des zu starken Rauches	44	b) Die Wurf- oder Katapultfeue- rung . . . . .	50
Verbrennen des Rauches durch Zu- sajluft . . . . .	45	Feuerungen mit wandernder Brenn- schicht . . . . .	52
a) Die gewöhnliche hohle Feuer- brücke . . . . .	46	Die Wander- oder Kettenrostfeue- rung . . . . .	53
b) Die Heißluftfeuerbrücke von Thost . . . . .	47	Die Unterwindfeuerung . . . . .	56
c) Die hohle Feuerbrücke von Storbed . . . . .	47	Die Gasfeuerungen . . . . .	58
Die Feuerungen mit mechanischer Beschickung . . . . .	48	Die flammenlose Oberflächen- verbrennung . . . . .	59
a) Der Leachapparat . . . . .	50	Die Leerfeuerung . . . . .	60

## VI. Die Ausnutzung der Heizgase.

Die Heizfläche . . . . .	61	Der Auftrieb der Heizgase im Schornstein . . . . .	66
Nachteile der zu großen und der zu kleinen Heizfläche . . . . .	62	Die normale Temperatur der Essen- gase . . . . .	67
Nachträgliche Heizflächenvergröße- rung . . . . .	63	Der Schornsteinverlust . . . . .	68
Heizfläche und Verdampfung . . . . .	63	Ausnutzung der Wärme in gut ge- bauten Kesselanlagen . . . . .	68
Bewegung der Heizgase in den Feuerzügen . . . . .	63	Der künstliche Essenzug . . . . .	68
Heizgasführung und Wasserumlauf	64	a) Direkte Saugzuganlagen . . . . .	69
Der Nutzen des Wasserumlaufs im Kessel . . . . .	65	b) Indirekte Saugzuganlagen . . . . .	69
Das Kesselmauerwerk . . . . .	66	c) Das Pusterrohr an Lokomotiven und Lokomotiven . . . . .	72
Der Essenschieber . . . . .	66	Der Gitterschornstein . . . . .	72

## VII. Die Verhütung und Beseitigung des Kesselsteins.

Gute und schlechte Wärmeleiter . . . . .	74	Ruß und Kesselstein als schlechte Wärmeleiter . . . . .	74
Das Kesselblech als guter Wärme- leiter . . . . .	74	Die Entstehung des Kesselsteins . . . . .	74

Seite	Seite
Die Härte des Wassers . . . . . 76	f) Das Permütitverfahren . . . . . 80
Verschiedene Verfahren zur Kessel-	Härtebestimmung des Wassers . . . . . 80
steinverhütung . . . . . 77	Die Gefährlichkeit ölhaltigen Speise-
Zusätze:	wassers . . . . . 81
a) von Bimsstein . . . . . 77	Die Entölung des Speisewassers . . . . . 81
b) stärkemehlhaltiger Mittel . . . . . 77	Der Dampfentöler . . . . . 82
c) gerbstoffhaltiger Mittel . . . . . 77	Das Ausklopfen des Kesselsteins . . . . . 85
d) von Petroleum . . . . . 77	Das Entlüften des Kessels bei der
e) von Soda und Kalk . . . . . 78	Reinigung . . . . . 85
Der Wasserreiniger von Reiser . . . . . 79	

**VIII. Die Verdampfung des Wassers.**

Die Aggregatzustände des Wassers . . . . . 86	Gesättigter und überhitzter Dampf . . . . . 89
Die Schmelzwärme des Eises . . . . . 86	Die Dampfüberhitzer . . . . . 90
Die Flüssigkeitswärme des Wassers . . . . . 86	Der Dampfdruck . . . . . 96
Die Verdampfungswärme . . . . . 88	Der Luftdruck (Atmosphäre) . . . . . 96
Tabelle über Dampftemperaturen	Die Saughöhe der Pumpen usw. . . . . 97
bei verschiedenen Dampfspan-	Die Atmosphäre als Maßeinheit im
nungen . . . . . 88	Dampfesselbetrieb . . . . . 97

**IX. Die hauptsächlichsten Bauarten der Dampfessel.**

Allgemeine Anforderungen an einen	Der kombinierte oder zusammenge-
Dampfessel . . . . . 98	setzte Kessel . . . . . 114
Der Großwasserraumkessel . . . . . 101	Der ausziehbare Röhrenkessel . . . . . 117
a) Der Walzen- oder Zylinder-	Der Wasserrohrkessel . . . . . 119
kessel . . . . . 102	a) mit Wasserammern . . . . . 121
b) Der mehrfache Wazenkessel . . . . . 104	b) Der Steilrohrkessel . . . . . 125
c) Der Flammrohrkessel . . . . . 106	Der Schiffskessel . . . . . 128
Der Heizrohrkessel . . . . . 112	

**X. Der Bau der Dampfessel.**

Das Material der Dampfessel:	Verankerungen . . . . . 136
Kupfer . . . . . 130	a) der Stirnböden . . . . . 136
Guß Eisen . . . . . 131	b) die Stehbolzen . . . . . 137
Schweiß Eisen, Flußeisen, Stahl . . . . . 131	Versteifung der Flammrohre . . . . . 138
Schäden im Kesselblech:	Die Abamponche Verbindung . . . . . 138
Doppelblechstellen . . . . . 132	Das Einwalzen und Abdichten der
Anrostungen . . . . . 132	Eiederohre . . . . . 139
Nietverbindung und Schweißung . . . . . 133	Das Biegen der Rohre . . . . . 140
Das Verstemmen der Nietnähte . . . . . 134	Die Wasserdruckprobe des Kessels . . . . . 141
Ranten- und Stegrisse in der Niet-	Das autogene Schweißverfahren . . . . . 141
naht . . . . . 134	

**XI. Die Ausrüstung des Dampfkessels.**

Seite		Seite
143	Die Wasserstandszeiger . . . . .	161
144	Der zulässig niedrigste Wasser- stand . . . . .	164
144	Die Probierhähne . . . . .	170
146	Die Wasserstandsgläser . . . . .	172
149	Der Klinger'sche Wasserstands- apparat . . . . .	173
150	Wasserstandsapparate mit Selbst- verschuß . . . . .	175
152	Schwimmerwasserstandszeiger . . . . .	177
153	Der Black'sche Speiserufer . . . . .	177
154	Das Manometer . . . . .	178
157	Die Sicherheitsventile . . . . .	181
157	Die Vollhubficherheitsventile . . . . .	183
159	Die Speisevorrichtungen . . . . .	186
159	Die Kolbenpumpen . . . . .	
	Die Dreiplungerpumpe . . . . .	161
	Der Injektor . . . . .	164
	Die selbsttätigen Wasserstands- regler . . . . .	170
	Das Speise- oder Rückschlag- ventil . . . . .	172
	Die Abflußvorrichtung . . . . .	173
	Das Absperrventil . . . . .	175
	Die Speisewasservorwärmer . . . . .	177
	a) Abdampfvorwärmer . . . . .	177
	b) Rauchgasvorwärmer (Econo- miser) . . . . .	178
	Die Kondenswasserableiter . . . . .	181
	Das Reduzierventil . . . . .	183
	Die Rohrleitungen . . . . .	186

**XII. Verhaltensregeln für Dampfkesselheizer.** . . . . . 189

**XIII. Erläuterungen einiger technischer Begriffe.** . . . . . 193



## I. Die Brennstoffe.

**Entstehung und innerer Aufbau der Brennstoffe.** In Deutschland kommen für die Dampfkesselfeuerungen hauptsächlich die festen Brennstoffe: Steinkohle, Braunkohle, Torf, Holz und Koks in Betracht. Die Stein- und Braunkohlen sind, wie die Versteinerungen der Kohle und das deutliche Holzgefüge mancher Braunkohlensorten noch erkennen lassen, die Überreste von Wäldern, die vor langer, sich jeder menschlichen Schätzung entziehender Zeit durch Wetterkatastrophen und Erdumwälzungen fortgeschwemmt und verschüttet worden sind. Unter dem Einfluß der Wärme, des Druckes und der Feuchtigkeit der darauf lastenden Erdschichten sind die Holzmassen dann allmählich zu Kohle geworden. Diese urzeitlichen Vorgänge haben sich in verschiedenen Zeitabständen wiederholt, so daß in den Kohlengruben Erdschichten und Kohlenflöze in mehrfacher Anzahl übereinander liegen. In einigen Kohlenrevieren gibt es bis zu 23 übereinander liegende Kohlenflöze.

Die Entstehung der Kohle weist auch ohne wissenschaftliche Untersuchung darauf hin, daß die Kohle kein einheitlicher Körper, wie z. B. das Blei oder das Kupfer, sein kann, sondern aus ähnlichen Bestandteilen wie das Holz aufgebaut sein muß. Das Holz besteht, wie beim Betrachten eines Baumstammes sofort zu ersehen ist, aus der eigentlichen Holzfaser, aus Harzen oder teerartigen Stoffen und aus Wasser. Außerdem enthält es sogenannte mineralische Bestandteile, die beim Verbrennen als Asche zurückbleiben. Dieselben Bestandteile des Holzes müssen auch in der Kohle wieder zu finden sein. Sie haben sich jedoch während der allmählichen Umbildung der verschütteten Holzmassen zu Kohle wesentlich verändert. Die anfänglich weiße oder grünliche, weiche und leichte Holzfaser ist schwarz, glänzend, steinartig, dichter und schwerer geworden; die teerartigen und harzigen Bestandteile des Holzes haben sich unter Abgabe von Gasen (d. i. die Grubengase — schlagende Wetter) gleichfalls verdichtet und der Wassergehalt der Kohle hat mit deren zunehmendem Alter abgenommen. Ferner vermischte sich die Kohle während ihrer langen Entstehungszeit stellenweise mit den darauf

lastenden Sand- und Erdmassen und nahm in manchen Gegenden auch weitere Bestandteile, z. B. Schwefel, daraus auf, die im Holze fehlen.

Die Folge davon ist, daß die Kohle mehr Asche und Schlacke enthält, daß sie sich erst bei einer höheren Temperatur entzündet und einen viel höheren Heizwert als das Holz besitzt. Die Unterschiede, die in dieser Hinsicht unter den verschiedenen Kohlenarten bestehen, sind umso größer, je verschiedenartiger die ursprünglichen Holzarten und die umgebenden Erdschichten waren und je größer der Altersunterschied der betreffenden Kohlen ist. Je jünger die Kohle ist, umso weniger weit ist der Verkohlungsprozeß fortgeschritten, und umso näher steht sie noch dem Holze.

### Die Brennstoffe im besonderen.

**Die Steinkohle** ist von allen Kohlenarten am ältesten; daher besitzt sie den größten Heizwert. Nach ihrem Verhalten beim Erhitzen unter Luftabfluß (in einem zugedeckten Tiegel) bezeichnet man sie als Sandkohle, wenn sie in eine lose Masse zerfällt, als Sinterkohle, wenn sie sich zu einer aus kleinen Stücken bestehenden Masse verbindet, und als Backkohle, wenn sie sich im Feuer stark aufbläht, schmilzt und zusammenbäckt. Für die Dampfkesselfeuerung eignet sich am wenigsten die Backkohle, da sie die Kesselspalten zusetzt und den Luftzutritt zum Feuer versperrt. Das Feuer muß dann öfter mit dem Schürhaken aufgebrochen werden, wodurch nicht nur die Bedienung der Feuerung erschwert wird, sondern auch durch das häufige Öffnen der Feuertüre immerhin große Wärmeverluste entstehen. Dazu haftet die Backkohle sehr fest an den Roststäben, so daß diese infolge der unterbrochenen Kühlung durch die Zugluft sehr heiß werden, sich leicht verbiegen und durch Abbrand schnell abnutzen. Man mischt daher derartige Kohlen etwa bis zu einem Drittel oder Viertel mit Braunkohlenbriketts oder kleinstückiger Braunkohle, die schneller als die Steinkohle verbrennen und durch ihre sandartige Asche das Zusammenbacken der Steinkohle verhindern.

Für das Verhalten der Kohlen im Feuer ist noch deren Gehalt an vergasbaren Bestandteilen von Wichtigkeit. Je mehr eine Kohle teerartige Stoffe enthält, umso mehr brennbare Gase entwickelt sie unmittelbar nach dem Verschicken des Feuers, und desto länger ist ihre Flamme. Man bezeichnet daher die Kohlen auch nach ihrer Flammenbildung als lang-, mittel- und kurzflämmig, oder nach der Höhe des Gehaltes an teerartigen Stoffen als Fett- oder Spkohlen und als Magerkohlen. Eine sehr kurzflämmige Kohle ist der Anthrazit mit etwa 5—10 Prozent flüchtigen Bestandteilen, das sind solche Bestandteile, die beim Erhitzen der Kohle als Gase entweichen.

Er entwickelt eine sehr intensive Hitze und bedarf eines sehr lebhaften Essenzuges. Infolge seines hohen Preises wird er jedoch nur zu Hausbrandkohle und zur Erzeugung von Sauggas für Gasmotoren verwendet. Eine sehr gasreiche Kohle ist die Cannelkohle (vom englischen candle = Licht, weil sie mit lebhafter Flamme brennt). Die sächsischen Steinkohlen enthalten im allgemeinen weniger vergasbare Bestandteile als die übrigen deutschen Steinkohlen. Hieraus erklärt sich auch, daß Schlagwetterexplosionen in den rheinisch-westfälischen Kohlenruben häufiger als in Sachsen auftreten, und daß die Leuchtgasanstalten in Sachsen zumeist rheinisch-westfälische oder schlesische Kohle verbrauchen. Die Entzündungstemperatur der Steinkohle liegt in der Regel umso höher, je älter die Kohle ist, und je weniger sie vergasbare Bestandteile enthält.

**Die Braunkohle** ist jünger als die Steinkohle. Manche Sorten haben noch deutliches Holzgefüge, während dies bei anderen nicht mehr der Fall ist. Man unterscheidet nach ihrer äußeren Beschaffenheit Lignit oder fossiles Holz, das ist in der Erde vermoderndes Holz, ferner erdige Braunkohle, das ist ein geringwertiger, pulveriger und glanzloser Brennstoff, und stückige, der Steinkohle äußerlich ähnliche Braunkohle, z. B. die böhmische Braunkohle. Die Braunkohle hat meist einen sehr niedrigen Aschegehalt und enthält im Gegensatz zur Steinkohle viel Wasser, und zwar 25—35 Prozent. Man erkennt daher auch die Braunkohlenfeuerungen mitunter schon von weitem. an dem weißlichen, dem Schornsteine entströmenden Dampfswaden. Braunkohlen mit hohem Wassergehalt haben einen niedrigen Heizwert<sup>t</sup> und können daher, wenn weite und teure Transportwege in Frage kommen, nicht mit der Steinkohle in Wettbewerb treten. Die Entzündungstemperatur<sup>r</sup> der Braunkohle und namentlich auch der darin enthaltenen teerartigen Stoffe liegt wesentlich niedriger als bei der Steinkohle. Infolgedessen läßt sich der Rauch in den Braunkohlenfeuerungen leichter verhüten. Der Verbrennungsrückstand der Braunkohle besteht nur zu einem geringen Teile aus zusammenhängender Schlacke, zum großen Teil ist er bröcklig und fällt durch die Rostspalten hindurch in den Aschenraum.

**Der Torf** ist der Überrest verschiedener Sumpf-, Wiesen- und Heidepflanzen, die sich unter Wasser bei mittlerer Temperatur zersetzt haben. Er kommt nur in Ländern der gemäßigten Zone vor. Indem auf den abgestorbenen Pflanzen immer wieder neue wachsen und untergehen, haben sich Torfablagerungen von ziemlich großer Dicke und weiter Fläche gebildet. So bedecken die Moore bei Ems eine Fläche von annähernd 3000 Quadratkilometern. Infolge seines hohen Wassergehaltes, der bei lufttrockenem Torfe immer noch ein Viertel bis ein Drittel des Gewichtes beträgt, ist er ein

ziemlich minderwertiger Brennstoff, und es kann auch der durch Pressen verdichtete Torf, der sogen. Preßtorf, nur in der Umgebung der Torflager verfeuert werden. Auf weite Entfernungen würde sich sein Transport nicht lohnen. Häufig ist der Torf noch mit beträchtlichen erdigen Beimengungen durchsetzt, die beim Verbrennen als Asche zurückbleiben.

**Das Holz** kann bei uns für Dampfkesselfeuerungen nur als Abfall, in Sägewerken, Tischlereien usw. in Betracht kommen. Es hinterläßt beim Verbrennen sehr wenig Asche und hat frisch gefällt 40 Prozent, in lufttrockenem Zustand 20 Prozent Wasser, wodurch sein Heizwert sehr herabgedrückt wird. Die vergasbaren Bestandteile des Holzes sind noch leichter entzündlich als bei der Braunkohle, weshalb Holzfeuerungen bei einigermaßen richtiger Anlage sehr wenig rauchen.

**Briketts oder Preßkohlen.** In den Braunkohlengruben wird ein sehr beträchtlicher Teil, mitunter die Hälfte und drei Viertel der gesamten gewonnenen Kohlenmenge, als Feinkohle zutage gefördert, die man früher auf der Halde liegen ließ oder nur mühsam in der nächsten Umgebung der Kohlengruben zu schlechten Preisen unterzubringen vermochte. Heute trocknet man diese feinen und lockeren Braunkohlen in besonderen mit Dampf geheizten Apparaten und preßt sie dann unter einem Drucke von 1000 bis 1500 Atmosphären zu Briketts. Bei der Erwärmung dieser Braunkohlen wird das darin enthaltene Harz oder Erdpech zähflüssig und verkittet die Kohlenteile zu einer festen, dauerhaften Masse. Da die Braunkohlen bei der Brikettierung nahezu ihr sämtliches Wasser verlieren, wird der Heizwert der Briketts gegenüber dem der Förderkohle erheblich gesteigert, so daß er dem einer mittleren Steinkohle gleichkommt.

Die Steinkohlenbriketts werden aus dem bei der Förderung und Aufbereitung erhaltenen Kohlenrus bis zu 7 Millimeter Korngröße hergestellt. Da die Steinkohle von Anfang an viel weniger Wasser als die Braunkohle enthält, wird sie vor der Brikettierung nur in beschränktem Maße, hauptsächlich nur bei Verwendung von gewaschener Kohle, getrocknet. Sie muß jedoch vor dem Brikettieren, was mit einem Drucke von 200 bis 300 Atmosphären geschieht, mit einem besonderen Bindemittel, wie Pech, Harz oder Asphalt, innig gemischt werden, da die Steinkohlenbriketts andernfalls nach dem Erkalten und beim Lagern wieder zerbröckeln.

Die Stein- und Braunkohlenbriketts sind ein sehr gutes Feuerungsmaterial. Ihre Vorzüge beruhen in der gleichmäßigen Größe, der gleichartigen Zusammensetzung, der erhöhten Heizkraft und in der großen Festigkeit und Wetterbeständigkeit, so daß sie jeden Transport gut vertragen und im Freien oder unter leichten Schuttdächern gelagert werden können,

ohne daß sie verwittern oder an Heizkraft einbüßen. Auch sind die Steinkohlenbriketts infolge des Zusatzes an Bindemitteln und die Braunkohlenbriketts infolge des beim Trocknen verringerten Wassergehaltes leichter entzündlich und verbrennen mit längerer Flamme als die Rohkohlen.

**Der Koks** entsteht bei der Vergasung der Bad- und Sinterkohlen. Man füllt die Kohlen in geschlossene, mit einem Gasabzug versehene feuerfeste Schamotterrohre (Retorten), die man von außen beheizt. Es werden dann, wie wir dies in den Gasanstalten sehen, die vergasbaren Bestandteile aus der eingeschlossenen Kohle ausgetrieben, und es bleiben die nicht vergasbaren Bestandteile der Kohle, das sind der Kohlenstoff und die Asche, als Koks in den Retorten zurück. Ist die Vergasung beendet, so zieht man den glühenden Koks aus den Retorten heraus und löscht ihn sofort mit Wasser ab, da er andernfalls an der Luft verbrennen würde. Der Koks verbrennt fast rauchlos, enthält wenig Schwefel und wird daher für Dampfkesselfeuerungen verwendet, bei denen eine Belästigung der Umgebung durch Rauchgase unter allen Umständen vermieden werden muß, z. B. bei Straßenwalzen, Dampfkessel für die pneumatische Düngerabfuhr in den Städten usw. Der Gehalt des Kokes an Kohlenstoff und Schlacken ist je nach der Art der zur Koksbereitung verwendeten Kohle sehr verschieden groß. Die unverbrennlichen Rückstände sammeln sich hauptsächlich im Koksabfall an. Es gibt Stückkoks, der nahezu völlig (bis zu 97 Prozent) aus verbrennbaren Bestandteilen besteht und infolgedessen wenig Asche und Schlacken hinterläßt. Koksabfall hat jedoch einen Schlacken Gehalt bis zu 20 Prozent seines Gewichtes, so daß sein Heizwert beträchtlich niedriger als der des Stückkokes ist. Da der Koks für Luft durchlässig ist, muß er im Feuer höher als die Steinkohle aufgeschichtet werden.

**Der Braunkohlenkoks** entsteht nur als Nebenprodukt bei der Vergasung von Braunkohle zum Zwecke der Paraffingewinnung. Er ist bröcklig, leicht zerreiblich und wird für Dampfkesselfeuerungen überhaupt nicht benutzt. In gewerblichen Betrieben, wie Tischlereien und Kartonnagenfabriken, wird er in besonderen, kleinen Öfen, den sogenannten Grudeöfen, zum Warmhalten des Leimes benutzt.

**Lagerungsverlust und Selbstentzündung der Kohle.** Bei längerer Lagerung im Freien verwittert jede Kohle und verliert dabei mitunter einen ganz wesentlichen Teil ihres Heizwertes. Der Verlust ist umso größer, je feiner und gashaltiger die Kohle ist. Bei Feinkohle steigt er mitunter nach 3 Monaten bis zu 20 Prozent an. Die Verwitterung der Kohlen vollzieht sich beträchtlich schneller, wenn sich der Kohlenhaufen im Innern durch den eigenen Druck erwärmt. Diese Erwärmung kann zur Selbstentzündung der

Kohle führen. Um der Verwitterung vorzubeugen, darf man daher die Kohle nicht in hohen Haufen lagern, und man muß sie vor Regen schützen. Ganz gering sind die sogenannten Lagerungsverluste durch Verwittern und die Gefahren einer Selbstentzündung bei Bricketts und bei Koks. Koks nimmt jedoch viel Wasser auf und muß daher unter einem Schutzbach vor Regennässe verwahrt werden.

**Flüssige und gasförmige Brennstoffe** werden in Deutschland nur vereinzelt in gewissen Betrieben verwendet. Als flüssige Brennstoffe werden in Deutschland allein Teer und Teeröle verfeuert, die als Rückstände in Kokereien und Gasanstalten entstehen. Sie werden selten unter den Dampfkesseln verbrannt, insbesondere der Teer wird zum größten Teil in chemischen Fabriken weiter verarbeitet, da er wertvolle Bestandteile, Benzin, Naphthalin usw. enthält. Daß bei seiner Verarbeitung zurückbleibende Schwarz- oder Steinkohlenpech wird zum Imprägnieren der Dachpappe und als Bindemittel bei der Steinkohlenbrikettfabrikation verwendet. (Ich habe in meiner langjährigen amtlichen Tätigkeit nur in 2 Betrieben Teerfeuerungen an Dampfkesseln angetroffen, und zwar in einem Eisenwerke, welches den Teer aus den Gasapparaten für die Hüttenöfen nicht verkaufte, sondern verfeuerte, und in einer chemischen Fabrik, welche das Steinkohlenpech mit Teer vermischt in Dampfkesseln verbrannte.)

Mit Gas beheizte Dampfkesselfeuerungen sind nur vereinzelt und zwar in Eisenhüttenwerken und in Glashütten anzutreffen. Das in den Gasanstalten erzeugte Steinkohlengas ist für Dampfkesselfeuerungen oder sonstige größere industrielle Feuerungsanlagen zu teuer. Für Dampfkesselfeuerungen kann daher nur das Gas aus den sogenannten Schachtgeneratoren in Betracht kommen. Diese bestehen aus einem mit Schamottesteinen ausgemauerten, turmförmigen eisernen Schacht, der unten einen Plan- oder Treppentrost und oben einen Gasabzug hat. Zur Herstellung des Gases wird auf dem Rost ein Feuer angezündet und der ganze Schacht mit Kohle ausgefüllt. Infolge des ungenügenden Luftzutrittes bildet die Kohle brennbare, aus Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffen bestehende Gase, die in Rohrleitungen abgeleitet und an der Verwendungsstelle mit Luft vermischt und angezündet werden. Von dem Leucht- oder Brenngas aus den städtischen Gasanstalten unterscheidet sich das in den Schachtgeneratoren gewonnene Brenngas insofern wesentlich, als es aus der dem Feuer zugeführten Luft auch Stickstoff enthält und sein Heizwert dem entsprechend geringer ist. In Betrieben, in denen derartige Gas erzeugungsanlagen zur Befuerung von Eisen- oder Glashmelzöfen erforderlich sind, benutzt man mitunter das Gas auch mit zur Dampfkesselfeuerung.

In Hüttenwerken verwendet man die aus Hochofen, Koksofen usw. entweichenden Gase, die sogen. Gichtgase, die gleichfalls noch brennbar sind, entweder zum Betriebe von Gasmaschinen oder, was heute seltener ist, zur Befuerung von Dampfkesseln.

**Die chemische Zusammensetzung der Kohle.** Vom Standpunkte der Chemie aus untersucht man die Zusammensetzung von Körpern, wie z. B. der Kohle, auf ihren Gehalt an sogenannten Urstoffen oder Elementen, das sind solche Stoffe wie das Blei, Kupfer oder Zink, die sich auf chemischem Wege, durch Säuren, Erhitzung usw. nicht weiter zerlegen lassen. Solche für die Verbrennung wichtige Grundstoffe der Brennmateriale sind der Kohlenstoff, der Wasserstoff, der Sauerstoff und in geringerem Maße der Schwefel. Das in nachstehender Tabelle mit aufgeführte Stickstoffgas beteiligt sich nicht an Verbrennung. Es heißt Stickstoff, weil es die Flammen

100 kg Brennstoff enthalten	Kohlenstoff kg	Wasserstoff kg	Sauerstoff u. Stickstoff kg	Schwefel kg	Wasser kg	Asche kg	1 kg Brennstoff enthält Kalorien
Steinkohle, Kaiser-Grube Gersdorf bei Olsnitz . . .	71,45	4,76	10,06	1,30	8,91	3,52	6780
Steinkohle, Wilhelmshacht Zwickau-Oberhohndorf . . . . .	75,95	5,35	11,17	0,63	3,68	3,22	7295
Braunkohle, Schacht Fortschritt, Meuselwitz . . . . .	44,47	3,67	14,69	1,72	27,13	8,32	4014—4059
Erdige Braunkohle, lufttrocken	31,12	2,79	9,42	3,87	47,45	5,35	2800—2820
Steinkohlenbrinfetts . . . .	83,24	4,05	3,13	1,26	1,06	7,26	7816—7830
Braunkohlenbrinfetts . . . .	51,73 54,35	4,34 4,66	16,37 15,21	1,50 2,28	19,40 15,77	6,68 7,73	4770—4780 5165—5100
Holz, lufttrocken	42,50	5,10	35,7	0,85	15,0	0,85	3700
Gaskoks . . . . .	86	0,5	2,00	1,00	3,5	7,00	7040
Koksabfall . . . . .	69,13	1,84	4,75	—	8,3	15,98	5000—5500
Teer . . . . .	81,0	7,0	11+1	—	—	—	8230

erflicht. Sein Vorkommen in der Steinkohle (etwa 2 Prozent) ist nur insofern von Bedeutung, als eine wertvolle stickstoffhaltige Verbindung, das Ammoniak, bei der Leuchtgasfabrikation als Nebenprodukt gewonnen wird.

Diese Bestandteile sind nun nicht etwa in der Kohle nebeneinander geschichtet, sondern innig miteinander verbunden. So wie etwa jedes kleine Feilspänchen von einem Messingrohre aus zwei Teilen Kupfer und einem Teile Zink besteht und durch Schneiden oder Meißeln nicht in Kupfer oder Zink zerlegt werden kann, sind die Bestandteile der Kohle nicht durch Zerteilen der Kohlenstücke voneinander trennbar. Jedes, auch das kleinste Kohlenpartikelchen ist aus diesen Bestandteilen aufgebaut und bildet eine einheitliche Masse, ebenso wie dies bei einem noch so kleinen Teilchen Messing oder einer anderen Metallegierung der Fall ist.

**Der Kohlenstoff** bildet, wie auch aus vorstehender Tabelle ersichtlich ist, den Hauptbestandteil der Steinkohle, des Koks und der besseren Braunkohlensorten, während bei den übrigen Brennstoffen der Wassergehalt überwiegt. Nahezu reiner Kohlenstoff ist die Holzkohle (98 Prozent). Graphit und Diamant sind reiner Kohlenstoff in natürlicher Form. Ruß ist gleichfalls reiner Kohlenstoff. Er entsteht, wenn kohlenstoffreiche Verbindungen bei Luftmangel verbrennen, wie dies in den Rußbrennereien geschieht, oder wenn kohlenstoffhaltige Flammen abgekühlt werden. Er setzt sich daher sofort beim ersten Anheizen eines Kessels aus den Rauchgasflammen an den Kesselwandungen ab und bleibt auch während der ganzen Betriebszeit des Kessels daran haften, da er sehr schwer verbrennbar ist. Nur an den Kesselblechen, die von den heißesten Feuergasen bestrichen werden, das ist das Flammrohr über und hinter dem Rost, kann sich keine Rußschicht bilden. Graphit ist gleichfalls sehr schwer brennbar. Man benützt ihn daher zum Ausstreichen feuerfester Schmelztiegel und als Zusatz zu Schmiermitteln, die hohen Temperaturen oder großen Belastungen, z. B. durch schwere Transmissionen ausgesetzt sind. In der Hahnschmiere verhindert der Graphitzusatz das Festbrennen der Wasserstandshähne, wie dies bei reiner Talg- oder Ölschmierung schnell vorkommt. Daß Graphit, Diamant und Ruß trotz ihrer äußerlichen Verschiedenheit tatsächlich nur aus Kohlenstoff bestehen, ergibt sich, wie wir später noch ersehen werden, insbesondere auch daraus, daß sie beim Verbrennen dasselbe Verbrennungsgas, nämlich Kohlenäure, bilden.

**Der Wasserstoff** ist in reinem Zustande ein farbloses und geruchloses Gas, das bei der Verbrennung unter allen Gasen die höchste Hitze entwickelt. Es ist das leichteste von allen bekannten Gasen. Wegen letzterer Eigenschaft wird es zum Füllen der Luftballons verwendet. Mit Sauer-

stoff verbunden und auf gewöhnliche Temperatur abgekühlt, bildet es das Wasser (daher sein Name Wasserstoff). Mit dem Kohlenstoff geht Wasserstoff eine sehr große Zahl von Verbindungen ein, die man Kohlenwasserstoffe nennt. Die im Holz enthaltenen Harze sowie die daraus entstandenen teerartigen Bestandteile der Kohle sind derartige Kohlenwasserstoffe.

**Der Sauerstoff** ist gleichfalls ein farbloses und geruchloses Gas. Er ist in der Kohle zum großen Teil an den Wasserstoff, ferner an den Schwefel und an die in der Schlacke enthaltenen Elemente gebunden. Der Sauerstoff ist derjenige Bestandteil der Luft, der die Butter verdirbt, die Milch sauer macht und daher mit Recht den Namen Sauerstoff verdient.

## II. Die Verbrennungsvorgänge.

**Die Verbrennung** aller Brennstoffe, mögen es nun Kohlen, Holz, Koks, Teer oder Gase sein, besteht in ihrer Vereinigung mit dem **Sauerstoff** der Luft unter Lichterscheinung und Wärmeentwicklung. Um die Verbrennung einzuleiten, muß der Brennstoff zunächst auf seine Entzündungstemperatur erwärmt werden. Ist er einmal in Brand geraten, so gibt er an die daneben liegenden Brennstoffe, und zwar auch an solche mit höherer Entzündungstemperatur, so viel Wärme ab, daß sich die Verbrennung von selbst fortpflanzt.

**Die Luft** ist ein Gemisch aus mehreren Gasen, und zwar enthalten (abgerundet) 100 Kubikmeter Luft 21 Kubikmeter Sauerstoff und 79 Kubikmeter Stickstoff. Während der Sauerstoff für die Verbrennung unentbehrlich ist, brennt der Stickstoff überhaupt nicht. Für die Ausnutzung der Kohle ist dies sehr nachteilig, da er mit erwärmt werden muß und die Temperatur im Feuer herabdrückt. Ein Verfahren, den Sauerstoff der Luft vom Stickstoff zu trennen und ihn allein dem Feuer zuzuführen, gibt es noch nicht. Würde die Verbrennungsluft nur aus Sauerstoff bestehen, so würde die Temperatur der Verbrennungsgase 10 015° Celsius betragen, infolge des Stickstoffgehaltes der Luft beträgt sie nur 2716° Celsius. Hierbei ist allerdings vorausgesetzt, daß nur die nach der theoretischen Berechnung nötige Luftmenge zur Feuerung hinzuströmt. Durch den unvermeidlichen Luftüberschuß in der Feuerung ermäßigt sich die Temperatur eines gut in Ordnung gehaltenen Feuers auf 1000—1500° Celsius.

**Die vollständige und unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffes.** Die einzelnen Bestandteile der Kohle, der Kohlenstoff, die teerartigen Bestandteile (die Kohlenwasserstoffe) und das Wasser verhalten sich bei der Verbrennung der Kohle sehr verschieden voneinander.

Der Hauptbestandteil, der Kohlenstoff, kann auf zweierlei Art verbrennen. Ist genügend Luft vorhanden, so verbrennt er zu Kohlenensäure. (Das ist dieselbe Kohlenensäure, die wir in den Bierdruckapparaten, in den Kohlenensäureflaschen und im Selterswasser haben.) Fehlt es jedoch bei der Verbrennung des Kohlenstoffes an Luft, wie dies etwa bei zu hoher Kohlen-  
schicht im Feuer, zu schwachem Essenzuge oder bei engen oder mit Schlacke verschmierten Kofspalten zutrifft, so verbrennt der Kohlenstoff nur zu Kohlenoxydgas. Um zu Kohlenensäure zu verbrennen, verbraucht 1 Kilogramm Kohlenstoff 2,4 Kubikmeter Sauerstoff, der in 11,4 Kubikmetern Luft enthalten ist. Für die Verbrennung zu Kohlenoxydgas ist jedoch nur die Hälfte dieser Sauerstoff- oder Luftmenge erforderlich. Trifft das Kohlenoxydgas auf genügende Luft, so verbrennt es bei einer Temperatur von 300° Celsius gleichfalls zu Kohlenensäure. Die Kohlenensäure hingegen ist nicht weiter brennbar. Man nennt daher die Verbrennung zu Kohlenoxydgas die **unvollständige** und die Verbrennung zu Kohlenensäure die **vollständige** Verbrennung des Kohlenstoffes.

Diese Verbrennungsvorgänge sind insofern von größter Wichtigkeit für die Dampfkesselbedienung, als bei der Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenoxydgas, also bei seiner unvollständigen Verbrennung, nur etwa der **dritte Teil** der Wärmemenge wie bei der vollständigen Verbrennung entsteht. Der Heizer muß daher darauf sehen, daß die Rauchgase kein Kohlenoxydgas enthalten. Dies ist auch der Grund, weshalb man die Rauchgase im Essenzuch auf ihren Gehalt an Kohlenensäure und Kohlenoxydgas untersucht. Der geübte Heizer erkennt das Kohlenoxydgas an der bläulichen, kurzen Flamme, mit der es über der Grundglut des Feuers zu Kohlenensäure verbrennt, während bei der vollständigen Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenensäure sich **k e i n e** Flamme bildet, sondern die Verbindung des Sauerstoffes mit dem Brennstoffe sich an dessen glühender Oberfläche vollzieht. Im übrigen sind die Kohlenensäure und das Kohlenoxydgas farblos und geruchlos. Der Heizer muß also, da äußerlich wahrnehmbare Unterscheidungsmerkmale zwischen beiden Gasen nicht vorhanden sind, darauf achten, daß genügend Luft zum Feuer hinzutreten kann, die Kofspalten freihalten und erforderlichenfalls die Schlacken mit dem Schüreisen aufbrechen und aus dem Feuer herausziehen.

**Die Kohlenmasse.** Wie sich die weiteren Bestandteile der Kohle, das Wasser und die Kohlenwasserstoffe (teerartige Stoffe), beim Verbrennen verhalten, ersehen wir am besten, wenn wir die Vorgänge im Feuer betrachten. Die beim Beschicken des abgebrannten Feuers aufgeworfene Kohle ist kalt, sie wird also nicht gleich in Brand geraten, sondern muß von der vorhandenen

Kohlenglut zunächst auf ihre Entzündungstemperatur (330° Celsius) erwärmt werden. Bei dieser Erwärmung entweicht, sobald die Temperatur der aufgeschütteten Kohle auf 100° Celsius gestiegen ist, das in der Kohle enthaltene Wasser als Wasserdampf. Dieser Vorgang dauert nur kurze Zeit, aber bei Braunkohlen länger als bei Steinkohlen, da sie mehr Wasser als diese enthalten. Da die Umwandlung des Wassers in Dampf einen, wenn auch nur geringen Teil von Wärme erfordert, so verursacht der Wassergehalt der Kohle immer einen Wärmeverlust. Man sollte daher die Kohle möglichst in lufttrockenem Zustande verfeuern und vor dem Verfeuern nicht besonders naß machen. Ausnahmsweise ist dies jedoch angebracht, um durch den aus der Kohle entweichenden Wasserdampf das Zusammenbacken der Schlacken oder um beim Verfeuern von trockener Staubkohle das Fortreißen von unverbrannten Kohlenteilen in die Feuerzüge zu verhüten. In diesen beiden Fällen ist nicht ausgeschlossen, daß durch das Naßmachen der Kohle vor dem Verfeuern ein Vorteil erreicht wird.

Nachdem das Wasser aus der frisch aufgeworfenen Kohle verdampft ist, entweichen zunächst die teerartigen Bestandteile, die Kohlenwasserstoffe; und zwar gehen sie, ebenso wie das Wasser, in Dampfform über, oder, wie man sagt, die Kohle entgast. Sie lockern, zertreiben und blähen die Kohlenstücke auf, verhindern also ihr Zusammenbacken und Zusammenschmelzen bis zu einem gewissen Grade und erleichtern der Luft den Zutritt zu der Kohle. Sie verbinden sich gleichfalls beim Verbrennen mit dem Sauerstoff der Luft, und zwar zerfallen sie in der Hitze zunächst in ihre Urbestandteile, den Kohlenstoff und den Wasserstoff, woraus als Verbrennungsprodukte wieder Kohlen Säure und sehr hoch erhitzter Wasserdampf entstehen. Entweichen aus der Kohle viel Gase, so können sie sich nicht sofort mit der Verbrennungsluft vermischen und füllen nicht nur den Verbrennungsraum über dem Roß aus, sondern treten auch in den dahinter liegenden Feuerzug über. Es brennt dann bei solchen Kohlenforten die Flamme weit in den Feuerzug hinter der Feuerbrücke hinein.

**Die Entstehung des Rauches.** Ist nun die Temperatur im Feuerraum durch das Aufschütten frischer Kohle zu weit abgekühlt, so werden die entweichenden Teerdämpfe nicht bis auf ihre Entzündungstemperatur (300° Celsius) erhitzt, und sie ziehen unverbrannt als grauer oder schwarzer Rauch ab. Der Rauch, der demnach aus brennbaren Gasen und zwar aus Teer- und Erdpechdämpfen besteht, bedeutet somit immer eine unvollständige Ausnutzung der Kohle oder einen Verlust bei der Kohlenfeuerung.

Treffen die aus der frisch aufgeworfenen Kohle austretenden Gase zwar eine genügende hohe Temperatur im Feuer an (wie dies etwa bei

Vorfeuerungen mit gemauertem Feuerraume der Fall ist), fehlt es aber an der genügenden Luftmenge, so können sie gleichfalls nicht verbrennen. Sie kühlen sich dann auf dem Wege bis zur Schornsteinmündung weiter ab und verdichten sich auch in diesem Falle zu Rauch. Kommt es in solchen Fällen zu einer Flammenbildung im Feuerraume, so scheiden die Flammen beträchtliche Mengen Ruß aus und es deutet dann schon das rote, wenig leuchtende und oft starke Rauchwolken ausstoßende Feuer auf einen Luftmangel hin. Brennstoffe mit geringem Gehalt an teerartigen Bestandteilen, Anthrazit, Holzkohle, Koks usw., lassen sich daher leichter rauchschwach verfeuern als Kohlenforten mit hohem Gas- und Erdpechgehalt. Die flüchtigen Bestandteile der Kohlen sind im allgemeinen umso leichter brennbar, je jünger die Kohle ist, insofern ist auch die Rauchentwicklung beim Braunkohlen- oder Holzfeuer leichter vermeidbar als beim Steinkohlenfeuer.

**Die unverbrennlichen Bestandteile** der Brennstoffe bleiben zurück oder fallen durch die Rostspalten hindurch in den Aschenfall. Die auf dem Roste sich ansammelnde zusammengeschmolzene Asche heißt Schlacke; sie fällt im Feuer durch ihr schwarzes Aussehen auf und muß je nach Bedarf aus dem Feuer herausgezogen werden. Von den sonstigen Bestandteilen der Kohle ist noch der Schwefel brennbar. Er verbindet sich beim Verbrennen mit dem Sauerstoff der Luft zu schwefliger Säure, die für den Heizwert der Kohle ohne Belang ist. Sie macht sich mitunter durch ihre Schädlichkeit für die Umgebung der Kesselanlage bemerkbar.

**Der theoretische und praktische Luftbedarf des Feuers.** Wir haben gesehen, daß für die vollkommene Verbrennung der Kohle folgendes sehr wesentlich ist:

1. Es muß eine richtig bemessene, zur vollkommenen Verbrennung ausreichende Luftmenge zugeführt werden. Und zwar ist dieser Luftbedarf ein doppelter. Er muß zunächst ausreichen für die Verbrennung der brennbaren Gase aus den teerartigen Bestandteilen der Kohle, und ferner muß er ausreichen für die sogenannte vollständige Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenensäure.

In der Praxis ist es nicht möglich, bei der Verbrennung von Kohle nur mit derjenigen Luftmenge auszukommen, die nach der wissenschaftlichen Berechnung gerade zur Verbrennung ausreichen würde. Es läßt sich die zugeführte Luft auch bei den besten Rostanlagen nicht so verteilen, daß der gesamte darin enthaltene Sauerstoff mit der Kohle in Berührung kommt und beim Verbrennen aufgezehrt wird. Man muß daher in allen Dampfkesselfeuerungen mit einem Luftüberschuß arbeiten. Da indes ein Luftüberschuß ebenso wie ein Luftmangel, wie wir bereits gesehen haben,

Wärmeverluste und somit einen unnötigen Aufwand an Kohle herbeiführt, muß man diesen Luftüberschuß so gering zu machen suchen, als es sich mit der praktisch erreichbaren Ausnutzung der Kohle verträgt. Die Höhe des Luftüberschusses in der Feuerung kann aus dem Sauerstoff- und Kohlen säuregehalt der Heizgase ersehen werden. Je größer der Luftüberschuß ist, um so mehr werden die Feuergase verdünnt und desto größer wird der Sauerstoffgehalt und umso geringer der Kohlen säuregehalt der Heizgase. Im allgemeinen begnügt man sich bei den Dampfkesselfeuerungen damit, wenn die im Essensuchs abziehenden Gase etwa 11—13 Prozent Kohlen säure und kein Kohlenoxydgas enthalten. Würde es möglich sein, die Kohle nur mit der nach der Berechnung erforderlichen Luftmenge vollständig zu verbrennen, so würden die aus dem Feuer abziehenden Gase bei einer Kohle von mittlerer Güte etwa 19,2 Prozent Kohlen säure enthalten, d. h. in 100 Kubikmeter Feuergasen müßten 19,2 Kubikmeter Kohlen säure vorhanden sein.

Die übrigen 80,2 Prozent der Rauchgase müßten in erster Linie Stickstoff sein, da derselbe, wie schon früher erwähnt, überhaupt nicht verbrennt. Je nach dem Wassergehalt der Kohle enthalten die Heizgase auch Wasserdampf und Verbrennungsgase des Schwefels, Schwefeloxydgas. Würde es möglich sein, die Luft so durch das Feuer zu leiten, daß ihr sämtlicher Sauerstoff verbrennt, so würden natürlich auch die Heizgase keinen Sauerstoff enthalten. In gut bedienten Feuerungen sollen in den Heizgasen nur 4—5 Prozent, jedenfalls nicht über 8 Prozent Sauerstoff enthalten sein.

In der Praxis muß man dem Kesselfeuer das  $1\frac{1}{2}$  fache bis das Doppelte derjenigen Luftmenge zuführen, die eigentlich zur vollständigen und richtigen Verbrennung der Kohle ausreichen würde und die man deshalb auch die theoretische Luftmenge nennt. Natürlich werden durch die reichliche Luftzufuhr auch die Heizgase abgekühlt, was für die Ausnutzung der Kohle entschieden ein Nachteil ist. Läßt man aber zum Feuer weniger als das  $1\frac{1}{2}$  fache der theoretischen Luftmenge hinzutreten, so ist dies nicht wirtschaftlich, weil dann die Entstehung großer Mengen von Kohlenoxydgas u n v e r m e i d b a r ist und hierbei, wie wir bereits gesehen haben, erst recht keine gute Wärmeausnutzung der Kohle erreicht wird.

Wie schnell die Wärmeverluste bei größerem Luftüberschuß zunehmen, zeigt nachstehende Tabelle, die für mittelmittlere Steinkohle und eine Abgas-temperatur von 270° Celsius berechnet ist. Man ersieht auch daraus, wie wichtig es ist, daß der Luftüberschuß in der Feuerung nicht zu groß wird.

Bei einem Kohlen- säuregehalt von	19,2	15	13	12	10	8	6	4	2 Prozent
ist der Luftüber- schuß:	—	1,3	1,5	1,6	1,9	2,4	3,2	4,7	9,5 mal so groß als theoretisch er- forderlich.
Der Kohlenverlust beträgt dann:	0	12	14	15	18	23	30	45	90 Prozent.

**Untersuchung der Feuergase.** Es empfiehlt sich, die Dampfkessel-  
feuerungen durch öftere Untersuchung der Heizgase zu kontrollieren. Man  
benutzt hierzu besondere Apparate, sogenannte Rauchgasprüfer, mittels  
welcher man feststellt, wieviel Kohlenäure, Kohlenoxydgas und Sauerstoff  
in den Essengasen enthalten sind. Die gebräuchlichsten dieser Untersuchungs-

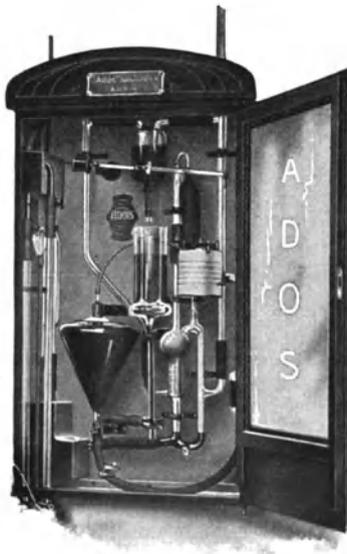
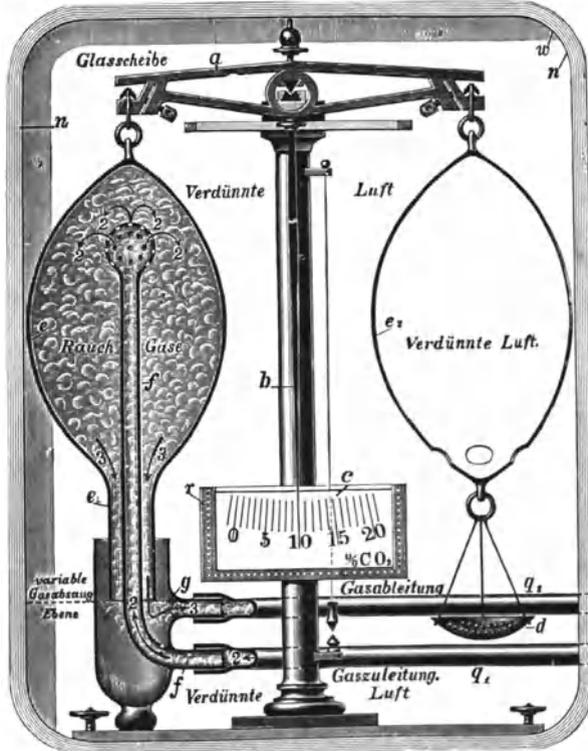


Fig. 1.

verfahren bestehen darin, daß  
man mittels jener Apparate  
aus dem Essenfuchs eine be-  
stimmte Rauchgasmenge — ge-  
wöhnlich 100 Kubikzentimeter  
— heraussaugt und diese Gas-  
probe der Reihe nach durch  
drei Behälter mit je einer  
besonderen Flüssigkeit hin-  
durchdrückt. Die eine Flüssig-  
keit saugt dann die Kohlen-  
säure, die andere das Kohlen-  
oxydgas und die dritte den  
Sauerstoff aus der Rauchgas-  
probe auf, so daß man aus  
der in drei Abstufungen ent-  
stehenden Verringerung der  
Rauchgasprobe die Mengen  
der darin enthalten gewesen  
einzelnen Gase ersehen kann.  
Preßt man z. B. 100 Kubik-

zentimeter Rauchgase durch eine Ätznatronlösung, so wird nur die Kohlen-  
säure der Gasprobe von der Ätznatronlösung aufgesaugt, während die  
übrigen Gase wieder aus ihr austreten. Bleiben dann von der Gasprobe  
nur noch 88 Kubikzentimeter übrig, so betrug der Kohlenäuregehalt der

Feueergase = 100—88 = 12 Prozent. Die bekanntesten derartigen Rauchgasuntersuchungsapparate sind der Orsat- und der Mdosapparat. Letzterer, von der Mdos-G. m. b. H. in Vachen, (Fig. 1) bestimmt, da dies für die praktischen Verhältnisse vollkommen ausreicht, nur den Kohlen säuregehalt



Zeigt die Gaswage	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	% Kohlen säure (CO <sub>2</sub> )
so beträgt	90	60	45	36	30	26	23	20	18	16	15	14	13	12	% bei 270° C Temp. der Abgase.

Fig. 2.

der Rauchgase. Er wird entweder mit Wasserantrieb oder mit Antrieb durch den Schornsteinzug ausgerüstet und arbeitet den ganzen Tag ununterbrochen und selbsttätig. In jeder Stunde führt er etwa 10 bis 12 Rauchgasuntersuchungen aus, deren Ergebnisse mit einem mechanischen Schreibwerk auf einer täglich auszuwechselnden Papierrolle aufgezeichnet werden. In nebenstehender Abbildung ist das

rechts unten befindliche, oben kugelige Gefäß das Meßgefäß, in welchem der Apparat bei jeder einzelnen Untersuchung 100 Kubitzentimeter Rauchgase auffängt, die von hier aus selbsttätig nach dem links davon befindlichen Trichter gedrückt werden. In letzterem befindet sich die Absorptionsflüssigkeit, die Alkalilösung, welche die Kohlenäure aus den Rauchgasen herausfaugt. Je nachdem mehr oder weniger Gase dann übrig bleiben, einen umso längeren Strich macht dann der Schreibstift auf der Papiertrolle. Ein Rauchgasprüfer anderer Art ist die *Arndt'sche* Patent-Gaswage von der Firma Wwe. Schuhmacher, Köln (Fig. 2). Sie beruht darauf, daß die Kohlenäure ungefähr 1,5 mal so schwer ist als die atmosphärische Luft. Es wird daher das in nebenstehender Abbildung links befindliche, mit Rauchgasen gefüllte Hohlgefäß den Wagebalken umso tiefer nach unten ziehen, je mehr Kohlenäure darin enthalten ist. Der Zeiger auf der Skala zeigt während der Benutzung der Wage ohne weiteres an, wieviel Prozent Kohlenäure in den Rauchgasen enthalten sind. Der Apparat wird durch zwei Röhre mit den Rauchgasänaelen verbunden, so daß infolge des Schornsteinzuges fortwährend ein Teil der Rauchgase in langsamem Strome hindurchfließt. An einer Seitenwand besitzt der übrigens luftdicht verschlossene Apparat eine mit einem Wattepfropfen ausgefüllte Öffnung, die einem schwachen Luftstrome den Zutritt zum Innenraume des Apparates gestattet. Bevor die Rauchgase in den Wageapparat eintreten, werden sie in Holzwohle- und Wattefiltern gereinigt und in einem mit Kalziumtarbid gefüllten Behälter vom Wasserdampf befreit. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Rauchgase den Apparat durchströmen, ist mittels eines Tropfenzählapparates vom Heizer einzustellen. Sie darf nicht zu groß und auch nicht zu klein sein, da andernfalls der Apparat den Kohlenäuregehalt der Rauchgase nicht richtig anzeigt. Namentlich durch eine zu große Geschwindigkeit wird das Holzgefäß von den durchströmenden Rauchgasen nach unten gezogen und ein zu hoher Kohlenäuregehalt angezeigt.

Der Gebrauch der Rauchgasprüfer erfordert zwar einige Übung, ist jedoch von jedem Kesselheizer leicht erlernbar. Zeigt der Apparat zuwenig Kohlenäure an, so ist nicht nur das Feuer besser zu bedienen, sondern der Heizer muß auch nachsehen, ob das Kesselmauerwerk dicht hält und nicht irgendwo kalte Luft in die Kesselzüge einströmt, da auch hierdurch der Kohlenäuregehalt der Rauchgase in schädlicher Weise vermindert wird. Auch sind die Apparate gewissenhaft zu bedienen und im Stand zu erhalten, wenn sie immer richtig arbeiten sollen. Eingehende Gebrauchsanweisungen werden zu jedem Apparate mitgeliefert; eine nähere Schilderung würde zu weit führen.

Ebenso wird je nach der verfeuerten Kohlenart jedem Apparat eine Tabelle, ähnlich wie auf Seite 14, beigelegt, die im Kesselhause aufzuhängen ist, so daß der Heizer jederzeit ablesen kann, mit wieviel Prozent Luftüberschuß er feuert, und welche Kohlenverluste bei zu großer Luftzuführung entstehen.

**Der Heizwert der Brennstoffe.** Man schätzt die Brennstoffe im allgemeinen nach ihrem Heizwert, d. h. nach derjenigen Wärmemenge, die man aus 1 Kilogramm Brennstoff bei der vollständigen Verbrennung erhält. Gemessen wird der Heizwert nach der sogenannten Wärmeinheit (W. E.) oder Kalorie (vom lateinischen Worte calor d. i. die Wärme). Eine Kalorie ist die Wärmemenge, die notwendig ist, um die Temperatur von 1 Liter (= 1 Kilogramm) Wasser um 1° Celsius zu erhöhen. Ist also in einem Wärmeter die Temperatur des Wassers von 20° Celsius auf 100° Celsius erhöht worden, so würde die zugeführte Wärmemenge bei 500 Liter (= 500 kg) Inhalt  $500 \times 80 = 40000$  Wärmeinheiten betragen haben.

Der Heizwert ist abhängig von der Zusammensetzung des Brennstoffes, d. h. von seinem Gehalt an brennbaren Bestandteilen, an Kohlenstoff, Wasserstoff und den unverbrennlichen Bestandteilen, der Asche und der Schlacke. Für die praktischen Verhältnisse kommt außerdem noch das Verhalten des Brennstoffes im Feuer in Betracht. Haben wir z. B. zwei Kohlenarten, die nach der wissenschaftlichen Untersuchung gleichen Heizwert haben, so kann der Wert dieser Kohlen doch sehr verschieden sein, je nach der Art, wie sich beide beim Verbrennen verhalten. Denn wenn die eine Kohlenart mehr oder weniger böseartig brennt, schlackt usw., wird sie auch für die Feuerung mehr oder weniger wert haben. Eine Kohlenart mit hohem theoretischen Heizwert kann daher einen geringeren praktischen Heizwert haben und eine geringere Verdampfung ergeben als eine andere Kohle mit geringerem theoretischen Heizwert, die aber gleichmäßig verbrennt und eine lockere Schlacke zurückläßt. Der theoretische Heizwert der Kohle kann daher nicht allein für den Preis der Kohle maßgebend sein. Die vielfach angeregte Forderung, die Kesselbesitzer möchten jede Wagenladung Kohle auf ihren Heizwert untersuchen lassen und die Kohle nur nach der Zahl der berechneten Wärmeinheiten bezahlen, erscheint zwar auf den ersten Blick sehr verständlich, trifft aber doch nicht das Richtige. Den theoretischen Heizwert der Kohle bestimmt man in chemischen Laboratorien, indem man aus einer Kohlenprobe (ungefähr 1 Gramm Kohle) feststellt, wieviel Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, und Schwefel darin enthalten sind, und berechnet dann auf Grund einer Formel den Wärmegehalt. Genauere Ergebnisse erhält man bei einer anderen Methode, die darin besteht, daß man

eine genau abgewogene Brennstoffmenge in einem geschlossenen Gefäß, in einem sogenannten Kalorimeter, verbrennt und die Verbrennungsgase in einer vom Wasser umspülten Rohrschlange bis auf die Temperatur der Außenluft abkühlt. Aus der Temperaturerhöhung des Kühlwassers berechnet man dann den Wärmegehalt der verbrannten Kohlenprobe.

Ganz genau läßt sich der Heizwert einer Kohle überhaupt nicht bestimmen, bei aller Gründlichkeit und Gewissenhaftigkeit zeigen sich in den Untersuchungsergebnissen beträchtliche Heizwertunterschiede. Die Kosten für die Heizwertbestimmung einer Kohlenprobe belaufen sich auf 12—25 M. Bei großen, namentlich den staatlichen Kaufabschlüssen ist es üblich und jedenfalls auch sehr zweckmäßig von den Kohlenzechen eine Garantie über einen Mindestheizwert der Kohle zu verlangen.

In der Tabelle auf Seite 7 ist der Heizwert einiger Brennstoffe angegeben. Man ersieht daraus, daß die Steinkohle einen viel höheren Heizwert besitzt als die Braunkohle. Der Heizwert von Braunkohlenbriketts kommt dem Heizwert einer mittelguten Steinkohle ziemlich nahe. Die in der Tabelle genannten Zahlen beziehen sich zwar nur auf ganz bestimmte Brennstoffe, doch lassen sie auch allgemeine Schlüsse auf die Heizwertunterschiede zwischen den verschiedenen Kohlenarten zu. Es enthalten im allgemeinen 1 Kilogramm

deutsche Braunkohlen . . . . .	2400—3000
bayerische Steinkohlen . . . . .	4500—5400
schlesische Steinkohlen . . . . .	6300—7300
Ruhrkohle . . . . .	7000—8000
Braunkohlenbriketts . . . . .	4700—5000
Koks . . . . .	6000—7000
böhmische Braunkohlen . . . . .	4000—4500
sächsische Steinkohle . . . . .	5800—6400
Saarkohle . . . . .	6500—7700
englische Steinkohle . . . . .	7700—8000
Steinkohlenbriketts . . . . .	6000—6400

Wärmeeinheiten.

### III. Die Bedienung des Kesselfeuers.

Die gleichmäßige und lodere Beschaffenheit der Brennschicht. Das Kesselfeuer erfordert in mehrfacher Hinsicht eine aufmerksame und fachkundige Bedienung. Zunächst hat der Heizer den Rost gleichmäßig

mit Kohle bedeckt zu halten. Sind auf dem Roste unbedeckte Stellen vorhanden, oder ist das Feuer stellenweise durchgebrannt, so strömt durch diese „Löcher im Feuer“ kalte Luft in den Feuerraum. Diese Luft kann zwar zur Verbrennung halb verbrannter Rauchgase im Feuerraum beitragen; im allgemeinen aber ist sie schädlich, weil sie den Luftüberschuß in der Feuerung erhöht und die Temperatur der Heizgase herabdrückt. Die Folge ist dann ein zu großer Kohlenverbrauch. Derartige schädliche Stellen im Feuer fallen ohne weiteres durch ihr schwarzes Aussehen in der hellroten Kohlen-  
glut auf. Sie lassen sich vermeiden, wenn die Kohle in gleichmäßiger Höhe aufgeschüttet wird, da das Feuer an etwaigen dünnen Stellen schneller als an den dickeren durchbrennt. Sie treten aber auch auf, wenn die Kohlen im Feuer zusammensintern. Bemerkt der Heizer derartige Unregelmäßigkeiten, so muß er das Feuer besser beschicken oder öfters mit der Krücke ausgleichen. Besteres ist namentlich dann öfters — etwa je nach 10 Minuten — erforderlich, wenn die Kohle durch mechanische Rostbeschickungsapparate auf den Rost geschleudert wird. Denn diese Apparate haben trotz ihrer vielen Vorzüge den Nachteil, daß eine völlig gleichmäßige Schütthöhe nicht erreichbar ist. Die Brennschicht soll aber nicht nur eine gleichmäßige Höhe besitzen, um einen zu großen Luftüberschuß zu verhüten, sie muß dabei auch locker und luftdurchlässig gehalten werden, damit in der Feuerung kein Luftmangel eintritt und die unwirtschaftliche Bildung von Kohlenoxydgas vermieden wird. Sintert also die Kohle während des Abbrandes zusammen, so muß sie vor dem Beschicken vom Heizer mit dem Schürerisen aufgebrochen und gelockert werden.

**Die Stichflammen.** Dicke und dünne Stellen in der aufgeworfenen Kohlenschicht können auch Stichflammen im Feuer zur Folge haben. Wie wir bereits früher gesehen haben, wird die Flamme des Kohlenfeuers von den vergasbaren Bestandteilen der Kohle gebildet. Ihr Leuchten beruht darauf, daß in ihr infolge Luftmangel fein verteilter Kohlenstoff aus-  
geschieden wird, der zur Weißglut erhitzt wird. Hiervon kann man sich leicht überzeugen, wenn man in die Flamme einen kalten Körper hineinhält (etwa einen Porzellanteller oder einen Eisenstab), auf welchem sich dann der weißglühende Kohlenstoff als Ruß absetzt. Am Rande der Flamme verbrennt der weißglühende Kohlenstoff zu Kohlen-  
säure. Leitet man aber in das Innere der Flamme einen Luftstrom, so verbrennt der Kohlenstoff schon hier. Die Flamme wird dann nichtleuchtend und sehr heiß. Infolge der Temperaturzunahme und weil bei der Verbrennung des weißglühenden Kohlenstoffes große Mengen Kohlen-  
säure entstehen, wird die Flamme aber auch plötzlich

vergrößert, so daß sie sich explosionsartig ausbreitet, d. h. es entsteht eine Stichflamme

Bei einer ungleichmäßig hohen Kohlenschicht kommt es insbesondere bei hochbeanspruchten, mit lebhaftem Essenzug arbeitenden Feuerungen leicht vor, daß die dünneren Stellen der Kohlenschicht schnell kraterartig ausbrennen und unverbrannte, sich hoch erwärmende Luft in den Feuerraum einströmen lassen. Trifft dann letztere auf eine leuchtende Flamme aus einer anfänglich höher gewesenen, noch nicht durchgebrannten Kohlenschicht, so sind die Bedingungen für die Entstehung einer Stichflamme gegeben. Treten solche Stichflammen öfter auf, so kann infolge ihrer hohen Temperatur das davon betroffene Kesselblech überhitzt und beschädigt werden. Auch beim Öffnen der Feuertüre entstehen durch die einströmende Luft öfters Stichflammen, die beim Heraus schlagen aus der Feuerung für den Heizer gefährlich sind. Solange das Feuer noch mit heller Flamme brennt, ist die Feuertüre überhaupt geschlossen zu halten. Muß der Heizer aber in solchem Falle dennoch einmal die Feuertüre öffnen, etwa beim Ausgleichen des Feuers, so Sorge er für einen kräftigen Luftzug in dem Feuerraum, entweder durch Aufziehen des Essenschiebers oder durch Schließen der Klappe vom Aschefall, so daß, falls durch die eintretende Luft wirklich eine Stichflamme gebildet wird, diese nicht zur Feuertüre heraus schlägt, sondern in das Flammrohr oder in den Essenzug hineingesaugt wird.

**Der zu große Rost.** Kann der Heizer mit einem stellenweise unbedeckten Rost trotzdem die Dampfspannung im Kessel gut auf gleicher Höhe halten, so ist dies ein sicheres Zeichen dafür, daß der Rost zu groß ist und verkleinert werden muß. Es ist dann entweder eine Reihe Roststäbe herauszunehmen oder ein Teil des Rostes mit Schamottesteinen abzudecken. Das teilweise Abdecken des Rostes hat den Vorteil, daß es wenig Arbeit verursacht, und daß man den Rost durch Herausziehen der Schamottesteine schnell wieder auf die ursprüngliche Rostfläche vergrößern kann. Diese Verminderung der Rostfläche ist namentlich bei den Dampfkesseln zu empfehlen, die im Winter stärker als im Sommer beansprucht sind. In derartigen Betrieben sollte kein Heizer versäumen, im Sommer mit einer kleineren Rostfläche auszukommen.

Bei einem großen Rost muß die Brennstoffschicht dünn sein. Das hat zwar den Vorzug, daß die Rauchgase leichter verbrennen und die Feuerung rauchschwach arbeitet, es entstehen aber auch leicht Wärmeverluste durch eine zu große Luftmenge in der Feuerung. Will der Heizer diesen Verlust vermeiden, so muß er den Essenschub stark drosseln und die Brenngeschwindigkeit erheblich verringern. Die Folge ist dann ein mattes, schwelendes Feuer,

in welchem durch die unvollkommene Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenoxydgas beträchtliche Wärmeverluste entstehen können. Auch ist es für den Heizer schwieriger, die Kohle in einer dünnen als in einer dicken Schicht aufzuwerfen.

**Der zu kleine Kofst.** Wählt man an Stelle eines zu großen Kofstes einen zu kleinen Kofst, so muß, da zur Erzeugung einer gleichen Menge Dampf eine gleiche Menge Kohle erforderlich ist, die Brennstoffschicht höher und die Brenngeschwindigkeit größer werden. Es ist daher ein lebhafter Zug im Feuer nötig. Da nun die Brennstoffschicht der Verbrennungsluft den Durchgang um so mehr erschwert, je höher sie ist, so leidet die Feuerung bei zu kleinem Kofste namentlich unmittelbar nach der Beschickung an Luftmangel, so daß die während der Brennstoffentgasung freiverdenden Rauchgase unverbrannt abziehen und der Schornstein stark raucht.

Während man demnach die zu große, gering belastete Kofstfläche an den durchgebrannten Stellen im Feuer erkennt, weist das starke Rauchen des Feuers nach dem Beschicken darauf hin, daß die Kofstfläche zu klein und überlastet ist.

**Die richtige Größe der Kofstfläche** kann nur durch die Erfahrung im einzelnen Fall bestimmt werden. Je hochwertiger der Brennstoff und je kräftiger der Effenzug ist, umso kleiner kann sie sein.

In Steinkohlenfeuerungen kann man bei mäßigem Betriebe 70, bei flottem Betriebe 100, bei angestrenghem Betriebe 150 Kilogramm Kohle auf einem Quadratmeter Kofstfläche verbrennen.

Für Kofst kann man das  $\frac{2}{3}$  fache, für Braunkohle das  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{2}{5}$  fache, für Holz und Torf das  $1\frac{1}{3}$  fache dieser Werte annehmen. Die Größe der Kofstfläche findet man, indem man ihr Breitenmaß mit dem Längenmaß multipliziert. Ist ein Kofst 0,7 Meter breit und 1,5 Meter lang, so beträgt die Kofstfläche = 0,7 Meter  $\times$  1,5 Meter = 1,05 Quadratmeter.

Je nach der Stärke des verfügbaren Effenzuges und nach dem Kessel-system macht man die Kofstfläche

eines mehrfachen Walzenkessels . . . . .	= $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{30}$
„ Flammrohrkessels . . . . .	= $\frac{1}{28}$ bis $\frac{1}{35}$
„ Heizrohrkessels, Wasserrohrkessels und Lokomobilkessels . . . . .	= $\frac{1}{40}$ bis $\frac{1}{50}$
„ kombinierten Flammrohrkessels mit darüber-	
liegendem Heizrohrkessel . . . . .	= $\frac{1}{55}$ bis $\frac{1}{60}$

der Heizfläche des Kessels (Heizfläche siehe S. 61).

**Die Höhe der Brennschicht.** Damit der Sauerstoff der Luft nahezu reiflos verbrennt, muß die Brennschicht der hindurchströmenden Luft eine

möglichst große Berührungsfläche darbieten und daher eine genügende Höhe besitzen. In einer niedrigen Brennschicht hat die Luft keine ausreichende Gelegenheit zur Verbrennung; sie strömt schnell durch die Kohlen-schicht hindurch, und die Folge ist ein übermäßiger Luftüberschuß im Feuer-raume. Eine zu hohe Kohlen-schicht versperrt der Luft den Durchgang durch das Feuer, so daß die Feuerung an Luftmangel leidet und stark raucht. Die geeignete Brennschicht-höhe muß daher der Heizer in jedem einzelnen Falle durch Beobachten des Feuers ausprobieren.

Beim Verfeuern grobstückiger, nicht backender Kohle muß die Brenn-schicht hoch sein. Denn grobe Kohlenstücke lagern sich beim Ausschütten mit weiträumigen Zwischenräumen, so daß die Verbrennungsluft durch eine niedrige Brennschicht leicht hindurchziehen kann und nur zum Teil verbrennt. Je kleinstückiger die Kohle ist, umso dichter liegt die aufgeschüttete Kohle und desto kleiner sind die Zwischenräume zwischen den Kohlenstücken in der Brennschicht. Die Verbrennungsluft wird daher in einem derartigen Feuer in viel größerem Maße zerteilt und in innige Berührung mit der Kohle gebracht. Infolgedessen muß die Brennschicht in diesem Falle auch niedriger sein.

Die Höhe der Brennschicht richtet sich demnach in erster Linie nach der Stückgröße der verfeuerten Kohle. Je grobstückiger die Kohle ist, umso höher muß auch die Brennschicht sein. Kohle von zu erheblicher Stückgröße, etwa die sogenannte Stückkohle, würde eine sehr hohe Brennschicht erfordern und müßte daher vor dem Verfeuern zerkleinert werden. Sehr zuflatten kommt der Industrie, daß die Kohlenzechen die Kohlen nach der Stückgröße sortieren und in verschiedenen Sorten von sehr gleichmäßiger Korngröße liefern. Die gleichmäßige Stückgröße hat den Vorteil, daß die Brennschicht gleichmäßig abbrennt, während beim Verfeuern von unsortierter, sogenannter Förderkohle der Kohlengrus schneller als die grobe Kohle durchbrennt und sehr leicht ausgebrannte Stellen im Feuer entstehen. Aus der Förderkohle wird daher zunächst auf Schwing-sieben mit weiten Öffnungen die Stückkohle herausfortiert. Die durchgesiebte Kohle durchläuft dann noch eine große, langsam rotierende Siebtrommel mit mehreren verschieden weit gelochten Mänteln, wodurch folgende Kohlen-sorten erhalten werden: Würfelkohle I (50—65 Millimeter), Würfelkohle II, (35—50 Millimeter), Würfelkohle III (30—35 Millimeter), Nußkohle I (25—35 Millimeter), Nußkohle II (15—25 Millimeter), Nußkohle III (8—15 Millimeter) und Kohlengrus.

Grobstückige Kohle wird wegen des hohen Preises und der vor der Verfeuerung erforderlichen umständlichen Zerkleinerung von Hand nicht zu Dampfkesselfeuerungen verwendet. Eine Ausnahme macht nur die Staats-

eisenbahn, die die Lokomotiven mit Stückkohle beseuert, die vor dem Aufschütten von dem Hilfsheizer zerkleinert wird. Die Gründe hierfür sind der hohe Heizwert und die große Wetterbeständigkeit der Stückkohle, die auf den Bahnhöfen in großen Stapeln im Freien vorrätig gehalten werden muß.

Die Briketts erleichtern infolge ihrer gleichmäßigen Größe gleichfalls die Bedienung des Feuers. Doch hat man von der Herstellung von Würfelbriketts in der für Dampfkesselfeuerungen am besten geeigneten Kleinheit von 15—25 Millimeter Seitenlänge wieder abgesehen, da die dazu versuchsweise benutzten Brikettpressen sich zu stark abnutzten und zu hohe Unterhaltungskosten erforderten.

Für die Höhe der Brennschicht ist neben der Stückgröße auch die Art der Schlackenbildung der Kohle maßgebend. Stark backende Kohle, namentlich wenn sie grusig ist, wird am besten durch leichtes Aufstreuen auf die Brennschicht verfeuert. Die Brennschicht ist hierbei in guter Grundglut zu halten und vorher zu lockern. Auch anthrazitartige Brennstoffe müssen dünn über den Kofst gestreut und dürfen nicht gerührt werden, um lebhaften Brand zu erzielen und ungünstige Verschlackung zu vermeiden. Kofst ist in höheren Schichten zu verfeuern, da er luftdurchlässig ist und sich beim Aufwerfen sehr weitträumig lagert.

Allgemein gültige Maße für die Höhe der Brennschicht können nicht aufgestellt werden. Einen ungefähren Anhalt ergeben die praktischen Erfahrungen, nach denen bei gutem Schornsteinzug Rußkohle I und II in einer etwa 10 Zentimeter hohen Schicht, Kofst und Würfelbriketts in einer 20 Zentimeter hohen Schicht gute Verbrennungsergebnisse liefern. Die klare und leichte Braunkohle muß in etwas dünneren Schichten von etwa 5 bis 8 Zentimeter Höhe verfeuert werden. Der namentlich in der Nähe von Kohlenruben verfeuerte Kohlenschlamm aus den Kohlenwäschen ist in abwechselnder Beschickung mit einer besseren Kohlenforte oder mit dieser vermischt zu verfeuern, wenn eine flotte Verbrennung erreicht werden soll; da sein hoher Wassergehalt und seine teigartige Beschaffenheit die Entwicklung eines lebhaften Feuers stören.

**Die Regulierung des Feuers** ist dem Dampfverbrauche anzupassen. Hierzu bedarf es eines richtigen, für jede notwendige Dampfmenge einstellbaren Essenzeuges. Dabei soll die natürliche Zugkraft des Schornsteines größer sein als nach den vorherrschenden Betriebsverhältnissen erforderlich ist. Ungenügender Essenzug verursacht einen zu hohen Kohlenverbrauch, da durch den Luftmangel in der Feuerung eine unvollständige Verbrennung eintritt, die der stark rauchende Schornstein erkennen läßt. In solchen Fällen ist entweder der Schornstein zu erhöhen oder der Essenzug durch den

Einbau einer Unterwindfeuerung oder einer Saugzuganlage künstlich zu verstärken.

Beginnt die Dampfspannung zu fallen, so ist das Feuer durch öfteres Bescheiden zu verstärken und die Brenngeschwindigkeit durch Aufziehen des Essenschiebers zu erhöhen. Ist die Dampfspannung zu hoch gestiegen und wird wenig Dampf gebraucht, so ist umgekehrt zu verfahren, d. h. es ist weniger Kohle aufzugeben und der Essenzug durch teilweises Herablassen des Essenschiebers zu vermindern. Nicht vorteilhaft ist es im letzteren Falle, durch Öffnen der Feuertüren kalte Luft in die Feuerung einströmen zu lassen. Die einströmende kalte Luft bewirkt zwar eine sofortige Abkühlung des Feuerraumes und verhütet ein weiteres Anwachsen der Dampfspannung; der scharfe Temperaturwechsel erzeugt aber möglicherweise Risse im Blech und in den Nietreihen. Um die Einstellung des Schiebers zu erleichtern, versieht man die zugehörige Zugvorrichtung neben dem Heizerstande mit Strichmarken. Da das Speisewasser in der Regel kälter als das Kesselwasser ist, muß die Speisung bei fallender Dampfspannung abgestellt werden, bei steigender Dampfspannung kann sie wieder beginnen. Treten die Schwankungen im Dampfverbrauch regelmäßig zu bestimmten Tagesstunden auf, so muß der Heizer dafür sorgen, daß der Kessel zu Beginn des höchsten Dampfverbrauches auch regelmäßig voll Wasser ist.

**Die automatischen Zugregler.** Bei Handbeschildung muß frische Kohle aufgeworfen werden, sobald das Feuer heruntergebrannt ist, nicht aber erst dann, wenn schon durchgebrannte Stellen auf dem Koste sichtbar sind. Der Luftbedarf des Feuers ist nach dem Aufwerfen am größten und nimmt hierauf allmählich ab. Wollte man von einer Beschildung zur anderen die Luftzufuhr in das richtige Verhältnis zum Luftbedarf bringen, so müßte in demselben Maße, wie die Entgasung der Kohle von statten geht und die Höhe des Kesselfeuers durch Abbrand abnimmt, auch der Essenzug durch Herablassen des Essenschiebers verringert werden. Diesen Zwecken dienen die sogenannten Zugregler. Bei Kesselanlagen, die mit solchen Apparaten ausgerüstet sind, wird der Essenschieber nicht fest eingestellt, sondern durch ein Gewicht ausbalanciert und mit einem selbsttätigen Hemmwerk (Uhrwerk, Katarakt oder dergl.) verbunden, welches den Essenschieber während des Abbrandes bis zu einer gewissen Stellung langsam niederläßt und hierdurch den Luftzug in der Feuerung allmählich verringert. Nach jeder Beschildung ist der Apparat aufzuziehen, wobei der Essenschieber hochgeht. Die nebenstehende Abbildung zeigt den Feuerzugregler der Firma Hörenz & Imle G. m. b. H. in Dresden (Fig. 3). Statt der Handkurbel wird der Apparat auch mit einem selbsttätigen Dampfturbinenaufzug ausgerüstet. Wird bei

diesem Apparat die Feuertüre nach der Beschickung des Feuers mit frischem Brennstoff geschlossen, so öffnet sich ein kleines Dampfventil nach der Dampfturbine und letztere zieht den Essenschieber bis zu der vom Heizer eingestellten Höhe hoch. In vielen Fällen werden die Apparate mit einem Klingelwerk ausgerüstet, welches dem Heizer anzeigt, daß der Schieber niedergelassen und der Kofst zu beschicken ist. Die Feuerzugregler eignen sich am besten für Dampfkessel mit nur einer Feuerung, die nicht von früh bis abends ununterbrochen überlastet ist.

Die Arbeiten bei geöffneter Feuertüre, das Beschicken, Abschladen oder Aufbrechen des Feuers mit dem Schüreisen müssen mit Schnelligkeit erledigt werden, damit die Feuerung und die Kesselzüge durch die einströmende kalte Luft nicht zu weit abkühlen. Bei Dampfkesseln mit Einzelfuerungen soll der Heizer, bevor er die Feuertüre öffnet, den Essenschieber so weit schließen, daß die Heizgase gerade noch nach dem Schornstein abziehen. Eine Ausnahme hiervon muß jedoch der Heizer machen, wenn, wie bereits früher besprochen, beim Öffnen der Feuertüre das Heraus schlagen einer Stichflamme

zu befürchten ist. Zuweilen verbindet man die Feuertüren durch eine Zugvorrichtung mit dem Essenschieber, so daß er beim Schließen und Öffnen der Feuertüre selbsttätig mit auf- und zugemacht wird. Derartige Vorrichtungen sind jedoch nur zu empfehlen, wenn ihre Benützung keinen bemerkenswerten Kraftaufwand erfordert, da sie andernfalls erfahrungsgemäß vom Heizer bald wieder außer Gebrauch gesetzt werden. Im übrigen sind sie nur für Kessel mit Einzelfuerungen anwendbar, während sie für Dampfkessel mit mehreren Feuertüren und mit nur einem Essenschieber sowie für stark belastete Kesselanlagen überhaupt keinen Vorteil bieten. Wollte man einen Zweiflammrohrkessel damit ausrüsten, so würde beim Öffnen der einen Feuertüre durch das Schließen des Essenschiebers auch zugleich die Zugstärke in der anderen Feuerung vermindert und ein Luftmangel darin erzeugt werden. Die in der zweiten Feuerung hierdurch verursachte unvollständige Verbrennung würde aber die mit dem Apparat in der anderen

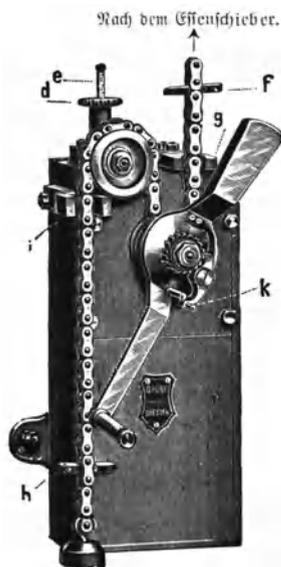


Fig. 3.

Feuerung erzielten Ersparnisse wieder ganz oder teilweise aufheben. Dasselbe gilt auch für die besprochenen automatischen Zugregler, wenn sie an Dampfkesseln mit mehreren Feuerungen angebracht sind.

**Das Abschladen.** Die Verbrennungsrückstände der Kohle aus dem Roste, die Schlacken, müssen zeitweilig entfernt werden, da sie den Luftzutritt durch die Rostspalten verhindern. Die Stellen, wo die Schlacke lagert, kann der Heizer einmal durch Stochern mit dem Schüreisen ausfindig machen, er erkennt sie aber auch an den dunklen Stellen zwischen den Roststäben im Aschefall, der sonst gleichmäßig hell beleuchtet erscheinen muß. Beim Abschladen wird dem Feuer eine beträchtliche Menge Wärme entzogen. Damit sich dieser Stillstand in der Verdampfung nicht allzu fühlbar macht, muß der Heizer während der Betriebspausen oder zu einer anderen Zeit mit geringem Dampfverbrauche abschladen. Vorher läßt der Heizer das Feuer etwas weiter als sonst herunterbrennen. Dann schiebt er die auf der Schlacke liegende Kohlenglut nach dem hinteren Teile der Feuerung, zieht die Schlacke mit der Krücke heraus und breitet die zurückgeschobene Kohlenglut wieder auf der Rostfläche aus. Sind mehrere Feuerungen in einer Dampfkesselanlage vorhanden und wird Starkohle bei niedrig zu haltender Brennschicht verfeuert, so läßt der Heizer das Feuer vor dem Abschladen ganz niederbrennen, räumt die Feuerung völlig mit der Krücke aus und bestreut den leeren Rost wieder mit einigen Schaufeln glühender Kohle aus einer anderen Feuerung. Bei dieser Art des Abschladens ergibt sich von selbst, daß bei Dampfkesseln mit zwei Feuerungen die eine Feuerung erst abgeschladt werden darf, wenn sich die andere wieder in vollem Brande befindet. Nach dem Abschladen darf das Feuer zunächst nur dünn beschickt werden, bis sich auf dem Roste wieder eine genügend hohe Grundglut gebildet hat. Das Abschladen soll nicht öfter als ein- bis zweimal täglich nötig sein. Eine Kohle, die ein öfteres Abschladen nötig macht, eignet sich nur für einen wenig angestregten Kesselbetrieb.

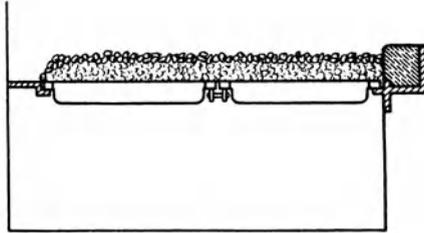
**Die Beschickung des Planrostes.** Der Heizer kann das Feuer auf verschiedene Weise beschicken. Die hauptsächlichsten Bedienungsarten des Planrostes sind:

1. gleichmäßige Beschickung der ganzen Rostfläche,
2. Beschickung des vorderen Teiles der Rostfläche nach vorherigem Zurückschieben der Glut, das sogenannte Kopfheizen.
3. abwechselndes Beschicken einzelner Stellen des Rostes.

Die erste Bedienungsart ist diejenige, bei welcher die Rostfläche am höchsten beansprucht werden kann und der Kessel am leistungsfähigsten ist. Aus diesem Grunde ist sie auch am häufigsten. Sie hat aber den Nachteil,

daß das Feuer stark raucht, sobald der Heizer die Kohlenglut weit niederbrennen läßt und beim Aufsteuern viel Kohle aufwirft. Soll die Feuerung aruchschwach arbeiten und die Kohle möglichst gründlich ausgenutzt werden,

so muß die Kohle häufig und jedesmal in dünner Schicht aufgestreut werden (Figur 4). Die Temperatur des Feuerraumes wird dann nicht zu sehr abgekühlt und die aus der aufgeworfenen Kohle entweichenden Gas-

Fig. 4<sup>1)</sup>.

mengen sind so gering, daß sie leicht verbrennen. Beschickt der Heizer hingegen seltener und jedesmal mit einer großen Kohlenmenge (was für ihn schließlich die bequemste Bedienungsart des Feuers ist), so wird der Feuerraum nach dem Beschicken zu weit abgekühlt, und es treten aus der frisch aufgeworfenen Kohle plötzlich so große Gas-

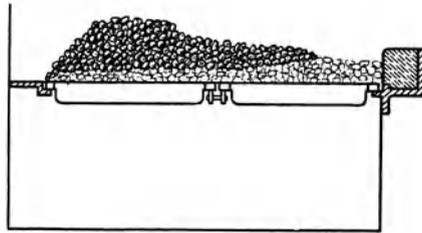


Fig. 5.

mengen aus, daß sie nicht verbrennen können. Der Schornstein raucht dann so lange, bis endlich die Flammen die Kohlenschicht durchbrechen und die Rauchgase entzünden. Bei der zweiten Beschickungsart, dem sogenannten Kopfheizen, wirft der Heizer den Brennstoff nicht gleichmäßig auf das Feuer, sondern er schiebt zunächst die im vorderen Teile der Feuerung liegende obere Kohlenglut nach hinten und legt die frische Kohle in Form eines Haufens vorn auf die Kohlenglut auf. Die

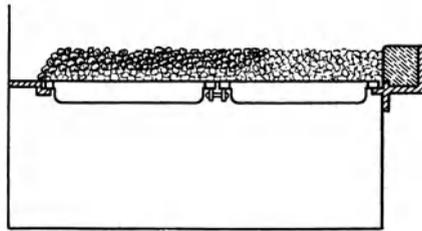


Fig. 6.

<sup>1)</sup> Fig. 4 bis 11 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Haier, Dampfkesselfeuerungen, 2. Aufl.“, entnommen.

Rauchgase werden dann nur allmählich aus der frischen Kohle frei und sind beim Abzuge gezwungen, über das Feuer auf der hinteren Hälfte des Rostes hinwegzuströmen, wobei sie verbrannt werden (Fig. 5 und 6). Eine andere, dem Kopfheizen ähnliche Methode besteht darin, daß der Heizer auf dem vorderen Teile des Rostes überhaupt keinen Brand unterhält, sondern die Kohle (etwa 3 bis 5 Schaufeln) dort unmittelbar auf den Rost legt. Ist das Feuer hinter diesem Kohlenhaufen niedergebrannt, so schiebt der Heizer die inzwischen entgaste Kohle nach hinten und schüttet vorn frisch auf. Die

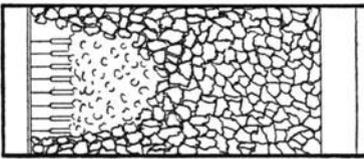
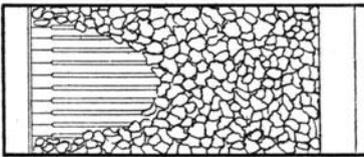


Fig. 7 und 8.

wesentlichen Verminderung des Rauches. Es sollte daher kein Heizer versäumen, beide Heizmethoden gründlich auszuprobieren. Dabei hat er insbesondere zu beachten, daß die frisch aufgeworfene Kohle schnell genug

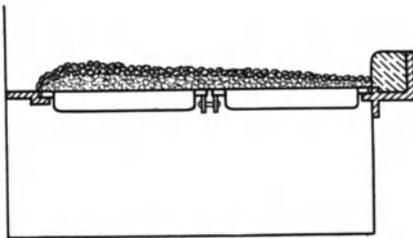


Fig. 9.

entgast und sich während dieser Entgastung keine leeren Stellen auf dem hinteren Teile der Rostfläche bilden.

Da bei diesen Beschickungsarten der vordere Teil des Rostes nicht für die eigentliche Verbrennung der Kohle mit ausgenutzt wird, muß natürlich die hintere Rostfläche mehr leisten oder der ganze Rost vergrößert werden. Auch mit einer dritten Beschickungsart, abwechselnd nur gewisse Teile der

Entgastung der Kohle dauert bei dieser Heizmethode etwas länger als beim Kopfheizen. Zu beiden Seiten der frisch aufgeworfenen Kohle bleibt je ein Streifen der Kohlenglut liegen; bei Luftmangel können die vordersten Rostspalten auf 2—5 Zentimeter Länge unbedeckt bleiben (Figur 7 und 8). Diese beiden Heizmethoden haben sich bei nicht allzu hoch beanspruchten Feuerungen außerordentlich gut bewährt. Ihr Vorteil beruht in einer merklichen Kohlenersparnis und in der

wesentlichen Verminderung des Rauches.

Es sollte daher kein Heizer versäumen, beide Heizmethoden gründlich auszuprobieren. Dabei hat er insbesondere zu beachten, daß die frisch aufgeworfene Kohle schnell genug entgast und sich während dieser Entgastung keine leeren Stellen auf dem hinteren Teile der Rostfläche bilden.

Da bei diesen Beschickungsarten der vordere Teil des Rostes nicht für die eigentliche Verbrennung der Kohle mit ausgenutzt wird, muß natürlich die hintere Rostfläche mehr leisten oder der ganze Rost vergrößert werden. Auch mit einer dritten Beschickungsart, abwechselnd nur gewisse Teile der

Rostfläche mit frischer Kohle zu bewerfen, oder bei der Beschickung die Seiten des Rostes nur teilweise zu bedecken (Figur 9, 10 und 11), will man eine sparsame und rauchfreie Verbrennung dadurch erzielen, daß die aus den frisch aufgeworfenen Kohlen freiverdenden Gase sich beim Hinwegstreichen über hellbrennendes Feuer entzünden. Eine weitere, bei breiten Rostflächen mit mehreren Feuertüren gebräuchliche Bedienungsart, die auch bei Zweiflammkesseln zur Rauchverminderung angewendet werden kann, besteht darin, daß durch die einzelnen Türen abwechselnd beschickt wird.

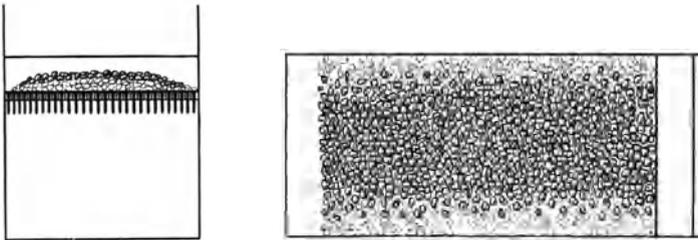


Fig. 10 und 11.

Bei allen diesen Heizmethoden muß der Heizer darauf achten, daß das Feuer hinten hell brennt. Für Kessel mit sehr stark beanspruchten Feuerungen eignen sie sich insofern weniger, als sie für den Heizer beträchtlich mehr Arbeit verursachen und dessen Aufmerksamkeit fortgesetzt in höherem Maße erfordern als die gewöhnliche gleichmäßige Beschickung des ganzen Rostes. Sie sind daher nur für nicht zu stark beanspruchte Kesselanlagen anwendbar.

#### IV. Die Feuerungsanlagen der Dampfkessel.

Die Feuerungsanlagen der Dampfkessel bestehen erstens aus der Feuerung, in welcher die Kohle verbrannt wird und die Heizgase entstehen zweitens aus den Heizkanälen oder Feuerzügen, in denen die Heizgase mit dem Kessel in Berührung treten und ihre Wärme abgeben, und drittens aus dem Schornstein, der die Bewegung der Heizgase veranlaßt und sie ins Freie ableitet.

**Der Feuerraum im allgemeinen.** Der Verbrennungs- oder Feuerraum soll so hoch und so groß sein, daß sich die Flammen frei darin entfalten können. Er muß um so höher sein, je höher die Kohlenschicht und je größer die Flamme der Kohle ist. Im übrigen bemißt man seine Höhe danach,

ob seine Decke gemauert ist oder von einer Kesselwandung gebildet wird. Ist die Decke des Feuerraumes eine Kesselwandung (die natürlich vom Wasser bespült sein muß), so ist der Feuerraum möglichst hoch anzulegen, da andernfalls das verhältnismäßig kühle Kesselblech die Verbrennung stört und von der heißen Flamme beschädigt werden kann. Der Feuerraum soll daher bei derartigen Feuerungen, das sind die später zu besprechenden Innen- und Untenfeuerungen, nicht zu niedrig und mindestens 40 Zentimeter hoch sein. Bei den Feuerungen mit gemauerte Decke, das sind die Vorfeuerungen und Treppenrostfeuerungen, wird der Feuerraum niedriger gehalten, da das hochehitze, glühende Mauerwerk als Wärmespeicher wirkt und auch beim Aufgeben frischer Kohle eine zu weit gehende Abkühlung des Feuerraumes verhindert, so daß sich die Rauchgase leichter entzünden können und derartige Feuerungen überhaupt weniger rauchen. Doch wachsen mit dem Umfange und der Größe des Feuerraumes auch die Verluste durch die Wärmeausstrahlung des Mauerwerkes. Diese Wärmeverluste fallen gänzlich weg, wenn der Feuerraum, wie bei den Innenfeuerungen der Flammrohrkessel, der Lokomobilen usw., von den Kesselblechen umschlossen ist, die die gesamte strahlende Wärme des Feuers in das Kohlenwasser überleiten.

**Die Planrostfeuerung.** Die gebräuchlichste Dampfkesselfeuerung, die unter allen Umständen und auch bei jedem Dampfkesselsystem anwendbar ist, ist die mit einem wagerechten, ebenen Roste, die sogenannte Planrostfeuerung. Je nachdem sie im Kessel, unter dem Kessel oder vor dem Kessel eingebaut ist, unterscheidet man

- Planrost-Innenfeuerungen,
- Planrost-Unterfeuerungen und
- Planrost-Vorfeuerungen.

Ihr Feuerraum wird nach unten durch den **Rost** begrenzt. Auf dem Roste liegt das Feuer. Er wird gebildet durch eine größere Anzahl gußeiserner Roststäbe, welche auf die hohe Kante gestellt sind und Spalten für den Luftzutritt zum Feuer freilassen. An den Enden der Roststäbe, die man Köpfe nennt, und mitunter auch in der Mitte werden an die Roststäbe seitliche Verstärkungen angegossen, deren Dicke gleich der Spaltweite des Rostes ist. Hierdurch ist die Spaltweite gesichert und bleibt dauernd gewahrt. Die Enden der Roststäbe ruhen auf eisernen im Mauerwerk des Feuerraumes gelagerten Querbalken, den sogenannten Rostträgern oder Rostbalken. Bei den Planrostinnenfeuerungen verbindet man die Rostbalken vorn mit der Schürplatte und hinten mit dem Unterteil der Feuerbrücke. Zuweilen versteht man auch die Rostträger zur Verringerung der toten Rostfläche mit Luftspalten. Der Rost soll folgende Eigenschaften haben:

1. Er soll die Verbrennungsluft mit Leichtigkeit und unter guter Verteilung auf die ganze Brennschicht zuströmen lassen.
2. Durch die Rostspalten soll zwar die Asche, nicht aber die unverbrannte Kohle in den Ascheraum hindurchfallen.
3. Durch passende Form und Weite der Rostspalten soll das Zusammenfließen der Schlacken möglichst verhindert werden.
4. Soll sich der Rost bequem und rasch im Betrieb reinigen (abschlacken) lassen.
5. Die Roststäbe sollen möglichst haltbar sein, im Feuer nicht verbrennen und nicht krumm werden.

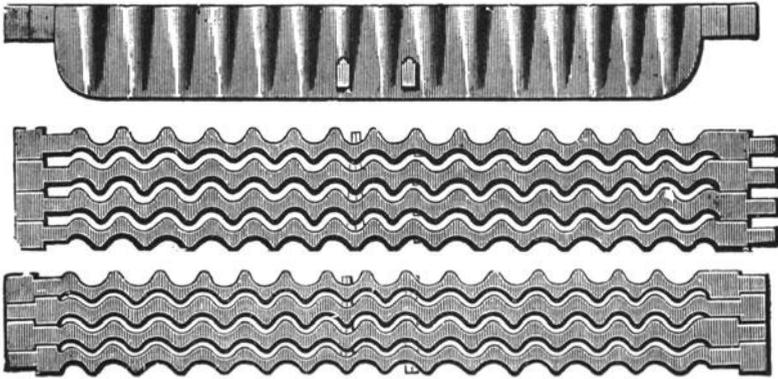


Fig. 12 bis 14.

Am gebräuchlichsten sind der einfache Flachstab und der Wellen- oder Schlangengroststab, die den nötigen Anforderungen in den meisten Fällen vollauf genügen. Außerdem gibt es eine sehr große Anzahl verschiedener Roststabkonstruktionen, welche dem Feuer die Luft durch kreuz und quer laufende Spalten oder in vielen fein verteilten Strahlen zuführen sollen. Im allgemeinen erfüllen jedoch auch die einfachen Roststäbe diesen Zweck, wenn ihre Spaltweite und Bahnbreite dem Brennstoffe und den Betriebsverhältnissen angepaßt sind. Die Verteilung der Luft im Feuer wird schließlich am besten durch die Kohlschicht selbst besorgt, deren gleichmäßige Beschaffenheit daher sorgfältig vom Heizer zu überwachen ist. Der nebenstehend abgebildete Wellengroststab der Firma *L h o st*, *Zwickau*, ist so angefertigt, daß man mit denselben Roststäben durch verschiedenes Aneinanderreihen einen Rost mit engen oder mit weiten Spalten erzielen kann (Fig. 12, 13 und 14).

Die Weite der Rostspalten richtet sich nach der Stüchtigkeit und Schlacke des Brennstoffes. Sie beträgt für grobstückige Kohle mit fließender Schlacke 10 bis 15 Millimeter, für magere Steinkohle mit stückiger Schlacke und für Braunkohle 4 bis 8 Millimeter, für Kohlengruß, Lohe und Sägespäne 3 bis 5 Millimeter. Man unterscheidet beim Roste die gesamte (totale) Rostfläche und die freie Rostfläche. Als freie Rostfläche bezeichnet man die gesamte Fläche der Spaltöffnungen im Roste. Je größer die freie Rostfläche ist, um so leichter und um so mehr kann Luft zum Feuer hinzutreten. Da indessen eine große freie Rostfläche nur durch weite Rostspalten und durch sehr schmale Roststäbe zu erzielen ist, durch weite Rostspalten aber viel Kohle hindurchfällt und schmale Roststäbe eine geringe Haltbarkeit besitzen, ist man hinsichtlich der Größe der freien Rostfläche an gewisse Grenzen gebunden. Beim Planrost beträgt die freie Rostfläche gewöhnlich die Hälfte bis ein Drittel der Gesamtrostfläche, das heißt, man wählt die Breite der einzelnen Rostspalte gleich der ganzen bis halben Breite der Rostbahn.

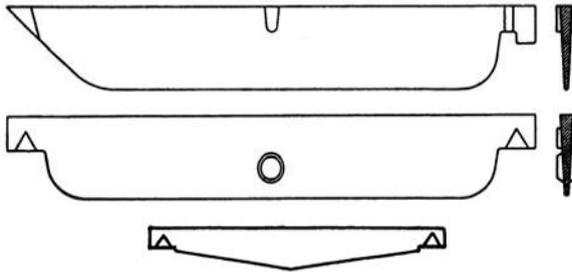


Fig. 15 bis 18<sup>1)</sup> = die richtige, Fig. 19 = die falsche Form des Roststabes.

Der Rost muß oben glatt sein und eine harte Bahn besitzen, damit ihn die Schlacke nicht angreift. Die Härte der Rostbahn wird erreicht, indem man die Stäbe aus Hartguß macht und in Kokillen (das sind eiserne Gießformen) gießt. Solche Roststäbe lassen eine leichte und rasche Entfernung der Schlacke zu; Querspalten im Roste können bei schlechter Ausführung der Roststäbe das Abschladen erschweren. Sehr wichtig ist, daß der Roststab auf seiner Länge zwischen den Auflagern genügend hoch gewählt wird, damit er große seitliche Flächen hat, die der daran vorstreichenden Luft ermöglichen, sich anzuwärmen und zugleich den Rost sowie die darauf liegende Schlacke kühl erhalten. Vollständig falsch ist es daher, die Höhe des Rostes

<sup>1)</sup> Fig. 15 bis 18 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Gaier, Dampfkesselfeuerungen, 2. Aufl.“, entnommen.

nach den Enden zu abnehmen zu lassen. Die Höhe des Rostes macht man gewöhnlich ein Fünftel bis ein Sechstel der Länge, etwa in den Grenzen von 70 bis 120 Millimeter (Fig. 15 bis 19).

Die gebräuchlichste Länge des Roststabes ist 500 Millimeter; sehr dünne Roststäbe mit engen Spalten (für Kohlengrus, Lohe und Sägepäne) macht man kürzer, etwa 300 bis 400 Millimeter lang; während sehr starke Roststäbe mit weiten Rostspalten (für grobstückige Kohle) eine Länge bis zu einem Meter erhalten. Sehr schwache Roststäbe brennen im Feuer schnell ab, sind leicht zerbrechlich und ziehen sich leicht krumm. Um sie haltbarer zu machen, nietet man 3 bis 5 solcher Stäbe zu einem Bündelroststab zusammen.

Damit die Asche nicht hängen bleiben kann, müssen die Rostspalten nach unten etwas weiter werden; man macht deshalb die Roststäbe unten dünner als oben.

Ferner nimmt man darauf bedacht, daß sich die Roststäbe nicht im Feuer verbiegen. Sie dürfen daher nicht stramm zwischen den Rostbalken sitzen, sondern müssen genügenden Spielraum haben, damit sie sich beim Erhitzen im Feuer ausdehnen können. Vielfach versteht man aus diesem Grunde die Roststäbe nur mit einem hakenförmigen Ende, während man das andere Ende abschrägt.

Der Rost soll bei Handbeschickung nicht über zwei Meter lang sein, weil längere Roste hinten schwieriger zu beschicken sind, das Abschladen erschweren und die Übersichtlichkeit der Feuerung beeinträchtigen. Bei sehr breiten Rostflächen — namentlich bei Unterfeuerungen macht man das — ist es vorteilhaft, die Rostfläche durch eine Mauerzunge in zwei völlig getrennte Feuerungen zu teilen.

Der Rost muß ferner in einer bequemen Höhe über dem Fußboden des Heizerstandes liegen. Eine praktische Höhe ist 80 Zentimeter. Der Rost liegt meist wagerecht; zweckmäßig ist es, ihn hinten etwas tiefer zu legen, weil er dadurch übersichtlicher und leichter bedienbar wird. Die Neigung des Rostes nach hinten kann auch deshalb notwendig sein, damit der freie Raum über der Feuerbrücke nicht zu sehr eingeengt wird, wie dies namentlich bei den Lokomobilkesseln mit ausziehbarem Röhrensystem der Fall ist.

Vor dem Roste befindet sich die gußeiserne **Schürplatte** von etwa 25 Zentimeter Breite und 20 Millimeter Dicke, die dem Heizer bei der Bedienung des Feuers als Auflage für Schaufel und Schürreißer dient. Sie darf nicht zu lang sein, damit der hintere Rostteil noch in bequemer Reichweite für den Heizer bleibt, andererseits soll sie aber auch — und das ist nämlich ihr Hauptzweck — eine zu starke Wärmeausstrahlung nach vorn ver-

hindern und dafür ausreichen, daß die Feuertüre, das Feuergeschränke und die vom Kesselwasser nicht gekühlten Flammrohranschlüsse nicht zu hoch erhitzt oder gar verbrannt werden.

An die Schürplatte schließt sich vorn das **Feuergeschränke** oder der gußeiserne Rahmen mit der **Feuertür** an. Letztere macht man gewöhnlich 30 Zentimeter breit. Damit sie besser schließt und in den Betriebspausen keine Luft nachsaugt, müssen ihre Anliegeflächen gut bearbeitet sein und die Angeln oben eine Neigung nach hinten haben. Zum Schutze vor der strahlenden Wärme des Feuers erhält die Feuertüre auf der Innenseite entweder einen Schuttschirm, oder man führt sie doppelwandig aus und versieht sie mit Öffnungen, so daß sich durch ihren Hohlraum ständig ein Luftstrom bewegt, der sie kühl hält. Zur Beobachtung des Feuers versieht man die Feuertür noch mit Schaulöchern oder Rosetten, damit der Heizer nicht immer nötig hat, zu diesem Zwecke die Feuertür zu öffnen. Die Schürplatte, das Feuergeschränke und die Feuertür müssen genügend dick sein, damit sie nicht zerspringen, was vielfach vorkommt.

Hinten wird der Feuerraum durch die **Feuerbrücke** begrenzt. Sie hat den Zweck, dem Feuerraum und dem Roste einen Abschluß zu sichern und soll verhindern, daß beim Beschießen oder Schüren des Feuers Kohle oder Schlacke vom Roste herunter in den ersten Feuerzug fallen. Sie soll ferner den Feuergasen einen gewissen Widerstand bieten und der Verbrennungsluft an allen Stellen des Rostes eine möglichst gleichmäßige Geschwindigkeit und eine senkrechte Richtung nach oben geben. Ihre Aufgabe besteht ferner darin, die Verbrennungsgase in dem Raume über der Feuerbrücke zusammenzudrängen, so daß sie gut durcheinander gemischt und möglichst vollkommen verbrannt werden. Sie wird aus feuerfesten Schamottesteinen mit möglichst engen Fugen hergestellt und ruht auf einem eisernen Unterteil, welches bei der Planrostinnenfeuerung zugleich den Aschefall hinten abschließt. Ihre obere Fläche verläuft meist wagerecht; bei Unterfeuerungen wird sie der Kesselform entsprechend abgerundet (siehe Fig. 65).

Unterhalb des Feuerraumes liegt der **Ascheraum** oder **Aschefall**, der vorn mit einer Klappe versehen ist, mittels welcher der Luftzutritt zum Feuer geregelt werden kann. Im übrigen ist darauf zu achten, daß sich die Asche nicht zu nahe den Roststäben ansammelt und den Luftzutritt zum Feuer erschwert oder gar versperrt. Bei Lokomotiven und Lokomobilen bildet der Ascheraum einen Wasserbehälter, in welchem die durch den Rost hindurchfallende glühende Kohle und Asche rasch gelöscht werden. Der dabei entstehende Wasserdampf zieht durch die Feuerung und dient zugleich zur Kühlung der Roststäbe. Bei den Planrostinnenfeuerungen erhält der Unterteil

der Feuerbrücke im Ascherraum eine Öffnung zum Herausziehen der Flugasche aus dem Flammrohr, die während des Betriebes durch einen leicht herausziehbaren Deckel verschlossen wird.

Die **Planroßvorfeuerung** (Fig. 20) ist dem Kessel vorgebaut. Ihre Wände sind immer aus feuerfestem Schamottegemäuer hergestellt, das viel Wärme aufzunehmen vermag und im Betriebe rot- oder weißglühend wird. Im

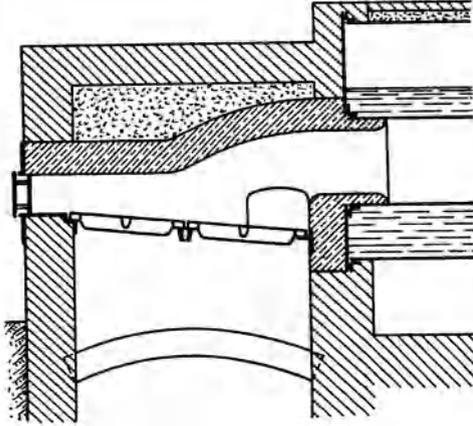


Fig. 20<sup>1)</sup>.

Verbrennungsraum herrscht daher eine höhere Temperatur als bei Innen- und Unterfeuerungen, so daß die beim Beschießen des Rostes unvermeidliche Abkühlung der Feuerung schnell wieder ausgeglichen und bei genügender Luftzufuhr eine sehr gute Verbrennung der Kohle erreicht wird. Trotzdem ist die Planroßvorfeuerung nicht wirtschaftlich und wenig eingeführt. Ihre Nachteile bestehen darin, daß zum Anheizen viel Kohle verbraucht wird, daß das Mauerwerk viel Wärme nutzlos nach außen strahlt, teuer ist und infolge Abbrand öfters kostspielige Reparaturen nötig macht. Ferner braucht die Vorfeuerung einen größeren Raum und beeinträchtigt den Übergang der strahlenden Wärme des Kesselfeuers in die ersten Kesselheizflächen. Die Wärmeausstrahlung des Mauerwerkes der Feuerung ist mitunter so beträchtlich, daß im ganzen Kesselhause eine sehr hohe Temperatur herrscht. Sie eignet sich nur für Brennstoffe mit verhältnismäßig niedrigem Heizwert, wie Braunkohle, Torf, Holz, usw. Verhältnismäßig häufig ist die

<sup>1)</sup> Fig. 20 ist mit Genehmigung des Verlages aus „Haier, Dampfkesselfeuerungen“, 2. Aufl., entnommen.

Planrostvorfeuerung in Sägewerken anzutreffen, denen in den Sägespänen und Holzabfällen ein billiges Brennmaterial zur Verfügung steht. Letzteres wird in einem an der vorderen Seite der Feuerung angebrachten Fülltrichter angesammelt, aus welchem es durch zeitweiliges Hochziehen einer beweglichen eisernen Verschlußklappe vor den Feuerraum fällt, von wo aus es vom Heizer auf den Rost geschoben wird. Doch wird auch für derartige Brennstoffe die reine Planrostvorfeuerung selten angewendet, sondern man gibt den Schüttfeuerungen mit muldenförmigem Roste oder der später zu

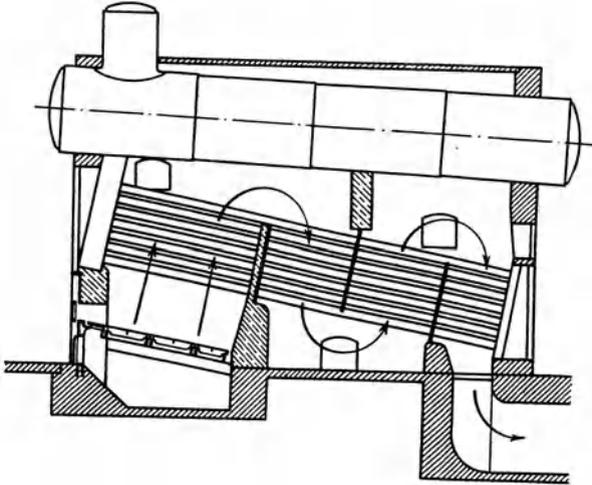


Fig. 21<sup>1)</sup>. Sentrechte Gasführung.

besprechenden Treppenrostfeuerung den Vorzug. Vollständig verkehrt sind aber die früher häufig gewesenen Planrostvorfeuerungen für hochwertige Steinkohle, da die hohe Temperatur im Feuerraum einen beträchtlichen Abbrand des Mauerwerkes und hohe Wärmeverluste durch Ausstrahlung verursacht. Auch für gasreiche Kohle ist die Vorfeuerung nicht vorteilhaft, da die großen, glühenden Mauerwerksflächen die Entgasung der frisch aufgeworfenen Kohle beschleunigen und während der Entgasungsperiode sehr leicht Luftmangel in der Feuerung entsteht.

Beim Betrieb der Vorfeuerung ist darauf zu achten, daß während der Pausen der Essenzug völlig abgesperrt ist, damit sich die Feuerung nicht zu weit abkühlt. Risse im Mauerwerk sind sorgfältig zu verschmieren. Beim

<sup>1)</sup> Fig. 21 bis 23 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Paier, Dampfkesselfeuerungen“, 2. Aufl. entnommen.

Stillstand steigt zunächst die Dampfspannung, weil das glühende Mauerwerk der Feuerung noch Wärme an den Kessel abgibt. Der Dampfdruck ist daher gegen Schluß der Arbeitszeit herunterzuarbeiten.

**Die Planrostunterfeuerung** (Fig. 21 und 22) liegt unter dem Kessel. Sie ermöglicht sehr breite Rostflächen und wird für Kesselarten, den Walzen-

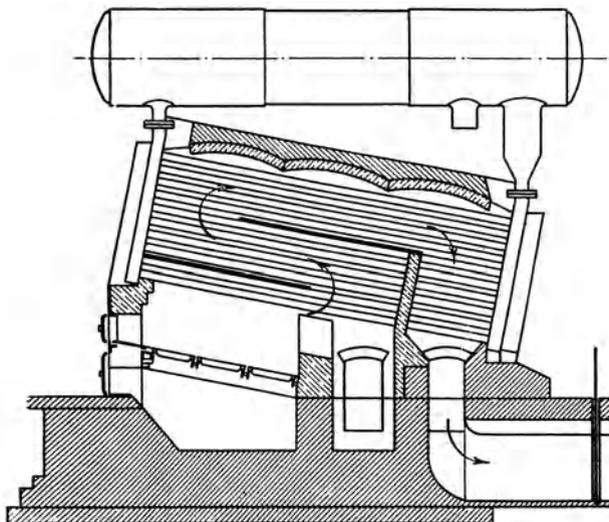


Fig. 22. Wagerichte Gasführung<sup>1)</sup>.

kessel, den Heizrohrkessel und den Wasserrohrkessel, angewendet, bei denen sich keine Innenfeuerungen anbringen lassen. Der Abstand des Rostes von der Kesselunterkante soll 50 bis 60 Zentimeter betragen, damit sich die Flammen frei entwickeln können, und die Bleche nicht durch die Feuerhitze beschädigt werden. Bei Walzenkesseln wird der untere Teil der vorderen Rundnaht zum Schutze gegen die Flammen mit Mauerwerk verkleidet, da anderenfalls im Bleche leicht Kantenrisse auftreten oder das Blech an diesen Stellen ausbeult oder durchbrennt. Unterfeuerungen mit sehr breiten Rostflächen teilt man zur Erleichterung ihrer Bedienung durch eine auf dem Rost aufgesetzte Mauerung in zwei Hälften.

**Die Planrostinnenfeuerung** (Fig. 23) ist entweder in das Flammrohr oder in die Feuerbüchse eingebaut. Die Decke und die Seitenwände des Feuerraumes sind vom Wasser bespülte Heizflächen. Die strahlende Wärme

<sup>1)</sup> Hat den Nachteil, daß sich im Winkel zwischen der wagerichten Platte und der vorderen Wasserkammer die Flugasche nieder schlägt.

des Feuers wird daher sehr gut ausgenutzt, während die Verluste durch Wärmeausstrahlung nach außen (durch das Feuergeschränt) sehr gering sind. Die kühlen Kesselwände haben jedoch zur Folge, daß der Feuerraum beim Beschicken leicht unter die Entzündungstemperatur der Rauchgase abgekühlt wird und die ganze Feuerung stark raucht. Durch die bereits besprochenen Beschickungsarten kann man jedoch die Rauchentwicklung und infolgedessen auch die hiermit verbundenen Wärmeverluste erheblich vermindern. Da die Planrostinnenfeuerung außerdem sehr einfach, übersichtlich und billig ist und wenig Reparaturen erfordert, ist sie die verbreitetste Feuerung überhaupt.

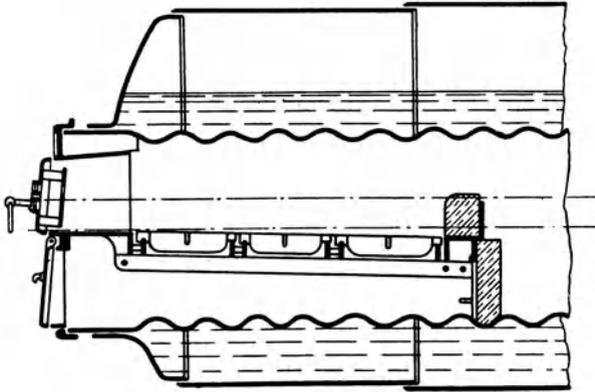


Fig. 23.

**Die Treppenrostfeuerung (Fig. 24).** Der Treppenrost besitzt die Form einer Treppe mit enggestellten Stufen, die meist wagerecht liegen, zuweilen aber auch, wie beim Münchener und Einbecker Stufenrost, schräg gestellt sind. Die Roststäbe bestehen beim Treppenrost aus rechteckigen Platten, die quer mit den flachen Seiten nach oben in der Feuerung liegen. Sie sind gewöhnlich 8 bis 12 Millimeter stark und 90 bis 120 Millimeter breit. Die lichte Weite zwischen ihnen, also die Spaltweite des Rostes, beträgt gewöhnlich 20 Millimeter. Die Länge der Roststäbe wählt man nicht über 400 bis 600 Millimeter, damit sie sich im Feuer nicht durchbiegen. An den Enden ruhen die Roststäbe auf gußeisernen Treppenwangen, die wieder auf eingemauerten, quer gelegten Rostträgern aus Rundeisen von etwa 40 Millimeter Durchmesser lagern. Am oberen Ende des Rostes ist ein eiserner, trichterförmiger Kasten angebracht, in welchen das Brennmaterial geschüttet und aus dem es je nach Bedarf durch Öffnen eines Schiebers der Feuerung zugeführt wird.

Das untere Ende des Treppenrostes wird durch einen wagerechten oder auch schrägen Planrost abgeschlossen, den man häufig etwas vertieft anlegt. Auf dem Schlackenrost soll das Brennmaterial noch vollständig durchbrennen und sich die Schlacke und Asche ansammeln. Damit sich letztere beseitigen lassen, muß der Schlackenrost vom unteren Ende des Treppenrostes absteigen und nach vorn geneigt liegen, oder er muß als Schieber ausgebildet

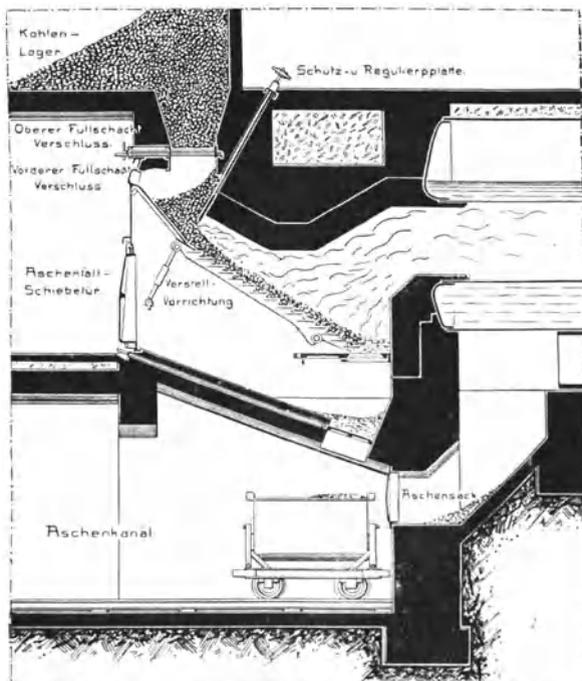


Fig. 24. Treppenrostfeuerung von Topf u. Söhne, Erfurt.

sein. In letzterem Falle besteht er aus einzelnen, ausziehbaren gußeisernen Platten, die man namentlich für Brennmaterial mit geringem Asche- und Schlackengehalt, wie Sägespäne, Lohe usw. anwendet. Soll die Schlacke aus dem Feuerraum entfernt werden, so schiebt der Heizer die einzelnen Platten der Reihe nach heraus und hinein, wodurch die Schlacke in den Aschefall herunterfällt. Die Plattenschieber erhalten vorn eine Verlängerung mit einem Loche, in welchem sie vom Heizer mittels eines Hafens erfaßt werden können. Hinterläßt die Kohle viel Schlacke, so ist es am

zweckmäßigsten, einen schrägen Schlackenrost anzulegen und die darauf sich anhäufende Schlacke zeitweise mit dem Schürhaken herunterzuziehen.

Der Treppenrost hat gegenüber den bereits früher besprochenen Planrosten den Vorteil, daß er wesentlich weniger Bedienung braucht, und daß seine Bedienung leichter und einfacher ist. Als beschickende Kraft dient beim Treppenrost die Schwerkraft der Kohle, das heißt, die Kohle muß auf dem Roste von selbst in dem Maße herunterrutschen, wie sie abbrennt. Es findet daher auf dem Roste ein fortwährendes Wandern der Kohle statt. Wird das selbsttätige Nachrutschen der Kohle gestört, so muß der Heizer nachhelfen, indem er vom Aschefall aus die Kohle durch die Rostspalten hindurch herunterstochert. Andernfalls entsteht ein ungleichmäßiges, stellenweise durchgebranntes Feuer. Beim Reinigen des Rostes von Asche und Schlacke hat der Heizer im Roste von unten nach oben, beim Nachhelfen der Kohle von oben nach unten zu stochern. Das Feuer ist insbesondere vom Aschefall aus zu beobachten, die innerhalb der Brennzone gelegenen Rostspalten müssen hell erscheinen. Dunkle Stellen zeigen an, daß der Rost mit Schlacke oder überhaupt nicht bedeckt ist.

Die günstigste Verbrennung erzielt man in der Treppenrostfeuerung, wenn die Verbrennungszone sich auf den unteren und mittleren Teil der Rostfläche erstreckt. Es soll also auf dem oberen Ende des Rostes eine Schicht unverbrannter Kohle liegen, die von der glühenden Decke des Feuerraumes entgast wird, bevor sie in die Brennzone heruntergelangt. Der Heizer muß daher beim Öffnen des Auslauffchiebers am Kohlenrichter vorsichtig verfahren; bedeckt er zeitweilig die ganze Rostfläche mit frischer Kohle, so ist eine starke Rauchentwicklung nach dem Beschicken auch bei den Treppenrostfeuerungen nicht zu vermeiden. Andererseits ist aber bei stark belasteten Kesselanlagen diese Beschickungsart kaum zu umgehen, da die Feuerung und der Kessel dadurch am leistungsfähigsten werden.

Der Feuerraum wird beim Treppenrost wesentlich niedriger als bei der Planrostfeuerung gemacht, damit das glühende Mauerwerk die Entgasung der Kohle beschleunigt. Im oberen Teil beträgt die Höhe des Feuerraumes etwa 25 bis 30 Zentimeter, der untere Teil wird aber beträchtlich höher und weiter angelegt, so daß sich die Rauchgase hier mit der Luft vermischen und entflammen können.

Sehr wichtig ist die Neigung oder Schräge des Treppenrostes. Sie muß derart sein, daß der Brennstoff möglichst selbsttätig nachrutscht und ohne viel Nachhilfe seitens des Heizers sich gleichmäßig über den ganzen Rost verteilt. Bei nassen Brennstoffen, wie wasserhaltiger Braunkohle, Sägespänen usw. muß der Rost steiler sein als bei trockenen Brennstoffen. Treppenrost-

feuerungen für zeitweilig wechselnde Brennstoffe erhalten daher Koste mit verstellbarer Schräge. Die Treppenwangen werden dann nicht eingemauert, sondern unten drehbar und oben auf einer wagerechten Stange gelagert, die an den Enden auf zwei Schrauben ruht (siehe Fig. 24). Durch Auf- und Niederdrehen der Schrauben kann man die Schräge des Kostes verändern. Die Kostschräge soll so eingestellt sein, daß die Kohlenschicht unten dünner liegt als oben. Ist der Kost zu steil, so stürzt die Kohle nach dem unteren Teil des Kostes, ist er flach, so fällt die Kohle nicht von selbst nach, und der Heizer muß zuviel im Feuer nachhelfen. Doch kann sich der Heizer in diesem Falle dadurch helfen, daß er den Absperrschieber des Füllrichters mehr öffnet, so daß auf dem oberen Teile des Kostes eine sehr dicke Kohlenschicht lagert.

Der Treppenrost läßt bedeutend weitere Kostspalten zu als der Planrost, ohne daß hierdurch etwa größere Verluste an durchfallendem Brennstoffe entstehen. Er eignet sich daher sehr gut für klares, leicht zerbröckelndes Brennmaterial, wie erdige Braunkohle, Torf, Sägespäne und Lohe, sowie auch für klare, magere Steinkohle. Beim Treppenrost setzen sich aber die Schlacken leichter zwischen den Stufen fest als beim Planrost. Ferner nützen sich die Koststäbe beim Verfeuern von hochwertiger Kohle durch Verbrennen stark ab, weil sie der Gutschicht eine größere Berührungsfäche darbieten. Es sind daher immer einige Koststäbe vorrätig zu halten, und namentlich die unteren Koststufen müssen leicht auswechselbar sein. Im übrigen ist es völlig verkehrt, wenn jemand auf dem Treppenrost bakende Kohle oder Steinkohle mit hohem Schlacken Gehalt oder von hoher Heizkraft verfeuert.

Bei der Treppenrostfeuerung ist das Anheizen infolge der schrägen Lage des Kostes schwieriger als bei der Planrostfeuerung; auch dauert es längere Zeit, bis der Feuerraum auf die genügende Temperatur gebracht ist. Das Feuer ist ferner nicht übersichtlich, und es können auch die ersten, der größten Hitze ausgesetzten Kesselpfatten während des Betriebes nicht beobachtet werden. Man wendet daher die Treppenrostfeuerung nur an, wenn die Planrostinnenfeuerung oder die Planrostunterfeuerung sich für das verfügbare Brennmaterial nicht eignen.

**Die Schrägroßfeuerung** (Fig. 25). Der Kost der Schrägroßfeuerung ist ein schräg gestellter Planrost, der oben an einen gußeisernen Schüttkasten und unten an einen kleinen Planrost anschließt. Der Schüttkasten hat, wie beim Treppenroste, einen Auslaufschieber, womit die Beschickung der Feuerung geregelt wird. Häufig werden der Schüttkasten und der Auslaufschieber weggelassen und dafür eine wagerechte eiserne Schürplatte angebracht, auf welche der Heizer soviel Kohle aufschüttet, bis die obere Öffnung

der Feuerung verdeckt ist. Beim Beschicken des Kofes schiebt dann der Heizer diesen inzwifchen entgasten Kohlenhaufen mit der umgedrehten Schaufel herunter auf den Schrägroft und legt dann auf die Schürplatte frifche Kohlen auf.

Die Kofstläbe der Schrägroftfeuerung erhalten meist die Länge der Feuerung. Da ihre unteren Enden fehr dem Abbrande unterworfen find,

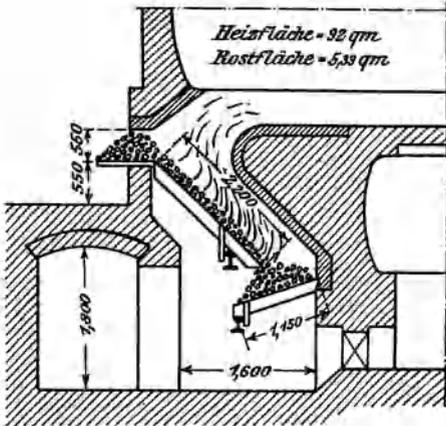


Fig. 25.

richtet man die Kofstläbe zum Umdrehen ein oder bringt an jedem Kofstabe unten einen auswechselbaren Kofschub an. Im übrigen ist die Betriebsweise die nämliche wie beim Treppenroste. Schrägroftfeuerungen verwendet man namentlich für Sägespäne und für feuchten Kohlen Schlamm aus den Kohlenwäschen. Der Schrägroft eignet sich nicht für schlackenhaltige und bakende Brennstoffe, da sich Störungen



Fig. 26.



Fig. 27.

im Feuer schwieriger als bei den anderen Feuerungen beseitigen lassen. Fig. 26 zeigt einen Schrägroft für Steinkohlenfeuerungen und Fig. 27 einen solchen für Braunkohlenfeuerungen. Der hauptsächliche Unterschied zwischen beiden besteht in den Kofspalten, die

ersterem nahezu wagerecht, bei letzterem senkrecht Richtung haben. Beide sind vorwiegend für klaren Brennstoff bestimmt. Sie haben vor den häufig angewendeten glatten Roststäben den Vorzug, daß sie das Hindurchfallen von klaren Brennstoffen besser verhüten. Wird die Schlacke von dem Schlackenroste (Fig. 25) heruntergezogen, so muß der Heizer, falls klare Kohle verfeuert wird, namentlich bei glatten Roststäben das Feuer weiter als sonst niederbrennen lassen, da bei einem leicht möglichen Nachrutschen der Kohlenglut beträchtliche Mengen derselben durch die Rostspalten hindurchfallen.

Für Sägespäne hat sich eine patentierte Schrägfeuerung bewährt, bei der der Rost aus dicht nebeneinander gelegenen U-Eisen von etwa 120 Millimeter Breite besteht. Die Rostbahn ist bei diesem Roste eine glatte Ebene. Die Feuerung muß in diesem Falle reichlich bemessene Luftzufuhr im Mauerwerk über dem Roste erhalten, weil eigentliche Rostspalten fehlen und die Verbrennung der Sägespäne sich unter der Wirkung der Glühhitze des Feuerraumes auf der oberen Fläche der Brennstoffschicht vollzieht. An Stelle des unteren Planrostes werden gelochte gußeiserne Platten von etwa 250 Millimeter Breite angebracht. Da sich die U-Eisen am unteren Ende durch Abbrand erheblich abnützen, wird dieses Ende — etwa auf eine Länge von 150 Millimeter — besonders angefestigt und zum Abschrauben eingerichtet, so daß es je nach Bedarf leicht ausgewechselt und der Rost ohne große Kosten in Ordnung gebracht werden kann.

**Die Muldenrostfeuerung.** Bei dieser Feuerung bildet der Rost eine Mulde, auf welcher die Kohle infolge des Abbrandes zum Teil selbsttätig nachrutscht oder heruntergeschoben werden muß. Der stärkste Brand findet an der tiefsten Stellen des Rostes statt, während die von oben nachstürzende Kohle zuerst an die höher gelegenen Seiten der Rostmulde gelangt und hier zunächst entgast. Hochwertige oder viel Schlacke enthaltende Kohle kann in der Muldenrostfeuerung wegen des zu starken Abbrandes des Mauerwerkes und der Unbequemlichkeit des Abschlackens nicht verfeuert werden. Nachstehende Abbildung (Fig. 28) zeigt eine patentierte Muldenrostfeuerung mit Reguliereinrichtung von Fränkel u. Wiebahn in Leipzig. Der Brennstoff wird durch die Öffnungen *e* aufgegeben, umgibt zunächst die Mauerbögen, welche die Feuerräume *d* umschließen, und sinkt je nach dem Abbrande und dem jeweiligen Verbrauche durch die Schächte *f* hindurch auf den Muldenrost *a*. Der Schüttwinkel des Brennstoffes und dessen Zufuhr werden durch die eisernen Regelungsglieder *i* eingestellt, die sich vom Heizerstande aus drehen lassen und vor dem Feuer möglichst geschützt sind. Mittels der Regelungsglieder kann

— etwa beim Abschlacken — der Brennstoff vollständig vom Feuerraume abgeschlossen werden. Muß der Kofst wieder frisch beschickt werden, so ist durch Drehen an den Gliedern die Kohle auf den Kofst herunter in die Hauptverbrennungszone zu schieben. Die Mauerbögen über den Feuerräumen sind doppelt gewölbt und nach oben spitz zulaufend mit Eisenplatten abgedeckt, so daß ein einwandfreies Nachgleiten der Kohle in die Schächte f

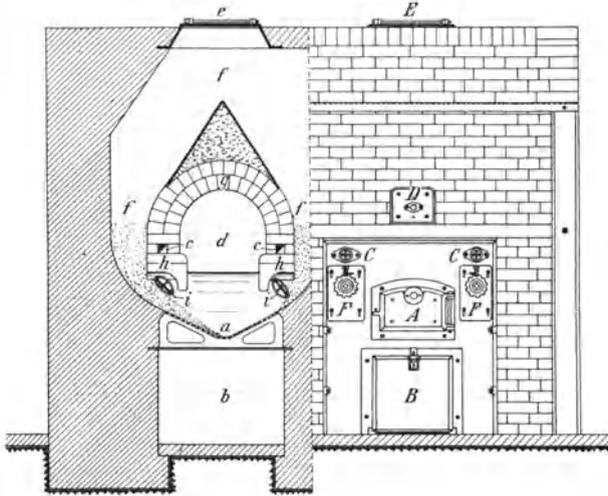


Fig. 28.

gesichert ist. Durch die Kanäle c werden den Feuerungen Luftströme zugeführt, die durch Schieber an der Stirnfläche des Mauerwerkes vom Heizer nach Bedarf eingestellt werden können. Die nähere Bedeutung derselben ist aus folgenden Abschnitten erklärlich. Die Regulie-muldenrostfeuerungen eignen sich nur für minderheizwertige Brennstoffe, wie Braunkohle, Lohe, Holzabfälle usw., woraus sich auch ihre vielfache Anwendung in dem mittel-deutschen Braunkohlengebiet erklärt.

## V. Die rauchverhütenden Dampfkesselfeuerungen.

Den Rauch aus den Dampfkesselfeuerungen sucht man deshalb zu verhüten, weil er für die Umgebung der Kesselanlage schädlich ist und weil er aus brennbaren Bestandteilen der Kohle besteht. Je rauchfreier das Feuer

brennt, um so mehr nimmt die Schädlichkeit der Verbrennungsgase für Menschen, Tiere und Pflanzen ab, und um so besser wird die Kohle ausgenutzt. Die Entstehung des Rauches kann darauf zurückzuführen sein, daß der Kessel zu klein ist und auf dem Roste viel Kohle verbrannt werden muß, ferner kann der Rost zu klein, die Feuerung fehlerhaft gebaut oder der Essenzug infolge eines zu niedrigen oder zu engen Schornsteins zu schwach sein. Der Rauch entsteht ferner leicht beim Verfeuern von Kohle mit hohem Gehalt an vergasbaren Bestandteilen und bei nachlässiger Bedienung des Feuers durch das Aufgeben von großen Kohlenmengen.

Soll daher dem Rauchen einer Dampfkesselfeuerung abgeholfen werden, so ist vor allem die eigentliche Fehlerquelle ausfindig zu machen; entweder ist ein größerer Dampfkessel aufzustellen oder seine Heizfläche zu vergrößern, die Feuerung abzuändern, der Rost zu vergrößern, der Essenzug zu verstärken, mit der Kohle zu wechseln oder das Feuer sorgfältiger zu bedienen.

Ein besonderes Gebiet der Feuerungstechnik befaßt sich nun damit, die Dampfkesselfeuerungen so zu bauen, daß die Kohle darin rauchfrei oder wenigstens rauchschwach verbrennt. Bedingung ist bei allen derartigen rauchverzehrenden Feuerungen eine sachgemäße Bedienung des Feuers durch einen Heizer, der über die im dritten Abschnitt geschilderten Verbrennungsvorgänge völlig unterrichtet ist.

Sowohl bei den Planrostfeuerungen als auch bei den Treppenrostfeuerungen besteht das älteste Mittel zur Rauchverhütung darin, daß man dem Feuer außer dem Luftstrom durch die Rostspalten noch einen zweiten (sekundären) Luftstrom, die sogenannte Zusatzluft, über dem Rost zuführt. Der (primäre) Luftstrom durch die Rostspalten soll die Verbrennung der festen, kohligen Bestandteile auf dem Roste, der andere Luftstrom die Verbrennung der flüchtigen, rauchigen Bestandteile über dem Roste und hinter dem Feuertraume bewirken. Man geht hierbei davon aus, daß der Luftbedarf im Verbrennungsraume gleich nach dem Verschicken des Feuers und während der darauf folgenden Entgasung der Kohle wesentlich größer ist als nach beendeter Entgasung. Während der Luftstrom zwischen den Rostspalten von einer Beschickung zur anderen nahezu gleichstark bleiben kann, muß die Zusatzluft nach dem Verschicken am reichlichsten zuströmen und dann allmählich in demselben Maße wie die Entgasung der Kohle abnehmen und abgestellt werden.

Wesentlich ist, daß die Zusatzluft nicht zu reichlich zugeführt wird, daß sie sich ferner mit den Rauchgasen innig mischt und letztere tatsächlich verbrannt werden. Anderenfalls verdünnt sie nur den Rauch und kühlt die Feuergase beträchtlich ab, so daß die rauchverzehrende Feuerung keine Kohlen-

ersparnis, sondern eine Kohlenvergeudung zur Folge hat. Die gewöhnliche Feuerung mit einfacher Luftzufuhr ist dann der Feuerung mit doppelter Luftzufuhr vorzuziehen. Werden aber die Rauchgase durch die Zusatzluft wirklich verbrannt, so arbeitet die Feuerung nicht nur rauchschwach, sondern auch sparsam.

Damit die Rauchverbrennung sicherer erzielt wird, erhitzt man die Zusatzluft, bevor sie mit den Rauchgasen zusammentrifft. Man leitet sie deshalb entweder durch Kanäle im Mauerwerk des Feuerraumes oder der Feuerbrücke, oder es werden auch hinter der Feuerbrücke Mauerbögen oder gitterartige Einsätze aus feuerfesten Steinen angebracht, die im Betriebe sehr heiß werden und hierdurch die Entzündung der mit Luft durchsetzten unverbrennten Gase fördern sollen. Die Zusatzluft kann auf sehr verschiedene Weise zugeführt werden: durch Öffnungen in der Feuertüre, durch Klappen in der Schürplatte oder durch Schlitze in der Feuerbrücke. Die oft gebräuchlichen Rosetten sowie Schieber und Klappen an der Feuertüre ermöglichen auch bis zu einem gewissen Grade eine Regelung der Luftzufuhr zum Feuer, in erster Linie dienen sie jedoch zur Beobachtung des Feuers und zur Abkühlhaltung der Feuertüre.

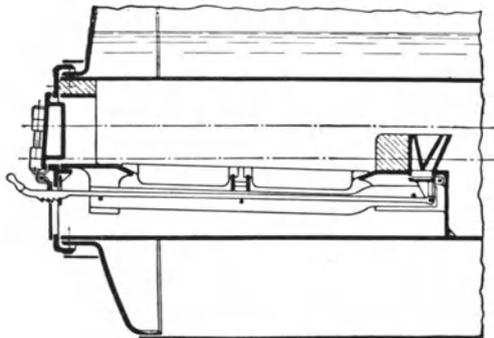


Fig. 29<sup>1)</sup>.

Sehr verbreitet ist die Zuführung der Zusatzluft durch die hohle Feuerbrücke, die mit mehreren über ihre ganze Breite sich erstreckenden Schlitzen versehen ist, durch welche die Luft aus dem Aschefall nach dem Feuerraum hindurchströmen kann. Die untere, nach dem Aschefall zu gelegene Öffnung der Schlitze ist mit einer Klappe verschließbar, welche durch eine Zugstange

<sup>1)</sup> Fig. 29, 31 u. 32 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Gaier, Dampfkesselfeuerungen“, 2. Aufl. entnommen.

vom Heizerstande aus mehr oder weniger geöffnet und geschlossen werden kann (Fig. 29).

Die Firma Thost in Zwickau fertigt eine sogenannte Heißluftfeuerbrücke (Fig. 30) an, bei welcher die Feuerbrücke gleichfalls hohl ist und von Verlängerungen der einzelnen Roststäbe gebildet wird. Die Zusatzluft wird durch zahlreiche feine Öffnungen im Kopfe der Feuerbrücke in viele dünne Strahlen zerlegt und an der eisernen Feuerbrücke sehr gut vorgewärmt. Unterhalb des Rostes ist an der Feuerbrücke gleichfalls eine von Hand ver-

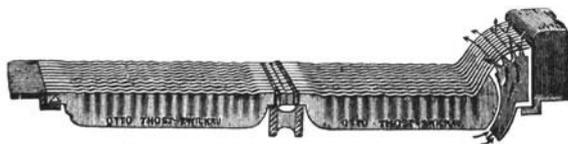


Fig. 30.

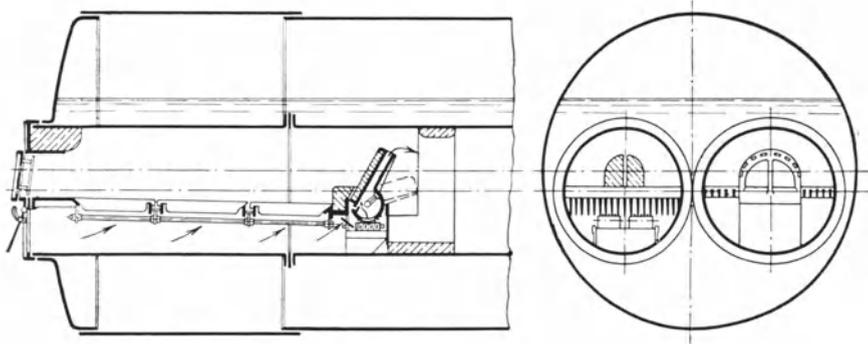


Fig. 31 und 32.

stellbare Regulierklappe angebracht. Vorzuziehen sind die Feuerungen, bei denen diese Klappe, wie dies die Firma Thost bei einer anderen Feuerung eingeführt hat, nach dem Beschicken automatisch geöffnet und langsam geschlossen wird. Die Firma Storbek in Dresden (Fig. 31 und 32) verwendet eine leichte Aluminiumklappe, die im Hohlraume der Feuerbrücke pendelnd aufgehängt ist und vom Schornsteinzug selbsttätig reguliert wird. Ist der Rost frisch beschickt, so stößt die Luft in dem Kohlenfeuer auf größeren Widerstand und es wird infolge der Saugwirkung des Schornsteines die Aluminiumklappe geöffnet, so daß für die Zusatzluft der Zutritt durch die hohle Feuerbrücke frei wird. Mit dem Abbrande des Feuers schließt sich die Klappe entsprechend dem abnehmenden Widerstand, den das Feuer der durchstreichen-

den Luft entgegensetzt. Die Feuerbrücke ist mit einem halbkreisförmigen Kopfstück ausgerüstet, welches vom Heizerstande mittels eines Steckschlüssels mehr oder weniger umgelegt werden kann. Hinter der Feuerbrücke befindet sich ein Schamottering, der durch seine, während des Betriebes aufgenommene Wärme die Verbrennung der Rauchgase befördert. Diese Feuerung soll sich gut bewährt haben.

**Feuerungen mit selbsttätiger und ununterbrochener Kohlenbeschickung.** Bei diesen Feuerungen wird die Kohle durch mechanische Kraft ununterbrochen, und zwar in einer dünnen Schicht auf den Kofst aufgegeben. Infolge der gleichmäßigen Kohlenzufuhr ist (abgesehen von der Zeit beim Abschlacken) im Feuerraum eine sehr gleichmäßige Temperatur vorhanden. Es wird daher eine solche Feuerung leichter rauchfrei arbeiten als eine Feuerung mit Handbeschickung. Anders wird es in dieser Beziehung, wenn eine sehr gasreiche Kohle verfeuert wird, und wenn der Feuerungsapparat nicht gleichmäßig arbeitet. In diesen Fällen muß der Heizer häufig im Feuer nachhelfen, und es geht dann beim Ausgleichen der Kohlenschicht auch nicht ohne starke Rauchentwicklung ab. Auch wird dann der Luftüberschuß in der Feuerung leicht zu groß, wenn in der ungleichmäßigen Kohlenschicht die zu dünn mit Kohle beworfenen Stellen durchbrennen. Der Heizer wird demnach durch diese Feuerungsapparate von der körperlichen Arbeit des fortwährenden Aufwerfens der Kohle befreit, er muß aber dafür den Feuerungsapparat und das Feuer mit eingehendem Interesse und Verständnis scharfer beaufsichtigen und mit größerer Sachkenntnis im Stand halten. Da diese Feuerungsapparate noch von Hand abgeschlackt werden müssen, nennt man sie auch die halbautomatischen Feuerungsapparate, im Gegensatz zu den automatischen, bei denen auch die Schlacke auf maschinellem Wege vom Kofste entfernt wird.

**Maschinelle Feuerungen, bei denen die Kohle gleichmäßig über den ganzen Kofst gestreut wird.** Von diesen Feuerungsapparaten hat der Leachapparat (Fig. 33) weite Verbreitung gefunden. Jedes Flammrohr hat zwei Schleuderräder *o*, die 300 bis 400 Umdrehungen in der Minute machen und die Kohle in das Feuer schleudern, dabei fliegt die Kohle gegen die vor dem Wurfrade befindliche, langsam auf- und niederschwingende Bremsklappe *k*, so daß sie von der freien Flugbahn abgelenkt wird und gleichmäßig auf allen Stellen des Kofstes niederfällt. Dem Wurfradgehäuse wird die Kohle aus dem Kohlentrichter durch die sehr langsam laufende Speisewalze *c* mit fünf Zellen zugeführt. Letztere füllen sich beim Durchgang durch den Kohlentrichter mit Kohle und entleeren sich wieder über den Wurfrädern. Die Speisewalze wird durch einen auf- und niedergehenden Hebel, der mit

einer Klinker in ein Klinkenrad auf der Speisewalze eingreift, in Umdrehung versetzt. Zwischen der Klinker und dem Klinkenrad ist ein Blech angeordnet,

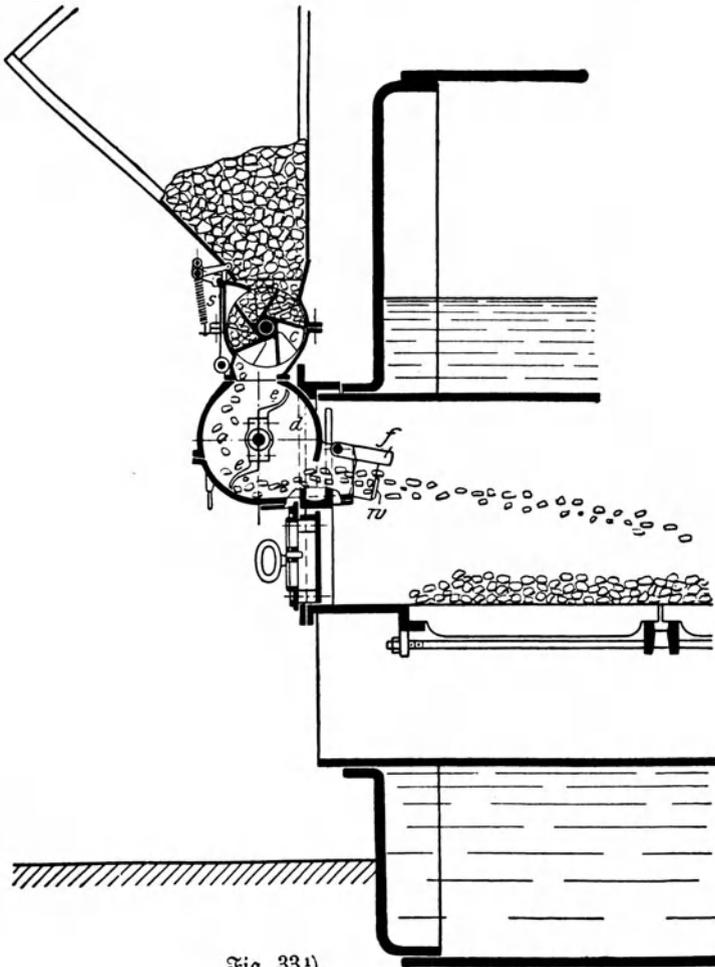


Fig. 33<sup>1)</sup>.

mit welchem man mehr oder weniger Zähne des Klinkenrades abdecken und die Umdrehungszahl der Speisewalze verringern oder vergrößern kann,

<sup>1)</sup> Fig. 33 ist mit Genehmigung des Verlages aus „Gaier, Dampfkessel-  
feuerungen 2. Aufl.“ entnommen.

je nachdem viel oder weniger Kohlen verbrannt werden sollen. Um zu vermeiden, daß grobe oder harte Kohlenstücke die Flügel der Speisewalze beschädigen, wird die äußere Gehäufewand vor der Speisewalze mit einer Feder *s* festgehalten. Beim Einklemmen kleinerer Kohlenstücke gibt die Wand nach, bei größeren Kohlenstücken, Steinen usw. klappt die Wand auf, so daß dann das Hindernis und zugleich auch die Kohle herausfallen. Damit die Flügel der Speisewalze die Kohle leichter abstreichen, macht man sie schraubenförmig, so daß die Vorderkante der Zelle nicht plötzlich, sondern allmählich an der Kante der Wand vorbeigeht. Die untere Wand des Wurfgehäufes ist zum Herausziehen eingerichtet, damit man etwaige Störungen im Wurftadengehäuse schnell beseitigen kann. Eine drehbare Plattfeder sichert die Wand gegen selbsttätige Lockerung. Leichte Klemmungen sind durch einfaches Rütteln zu beseitigen. Unten ist der Feuerungsapparat mit Feuerlöchern versehen, welche gestatten, daß der Kessel angeheizt, das Feuer abgeschlact und nötigenfalls auch mit der Hand bedient werden kann.

Die Apparate sollen die Kohle in möglichst gleichmäßigen Schichten auf den Kofst streuen, was allerdings viel von der Stückgröße der Kohle abhängt. Am besten eignet sich sortierte Steinkohle (Nußkohle) von 6 bis 25 Millimeter Korngröße, ferner die harte böhmische Braunkohle von gleicher Stückgröße und die neuerdings in den Handel gekommenen kleinen Industriebriketts. Je grus haltiger die Kohle ist, umso ungleichmäßiger wird die Kohlenschicht im Feuer, und umso öfter muß sie vom Heizer ausgeglichen werden. Erdige Braunkohle, die sich im Apparat leicht zerreibt und Klumpen bildet, kann mit diesem Apparate nicht verfeuert werden. Die Kohle ist auch möglichst trocken zu lagern, da nasse Kohle die Kanäle verstopft.

Werden die Kohlen nicht bis auf den hinteren Teil des Kofstes geschleudert, so muß der Heizer die Wurträder schneller laufen lassen. Zu diesem Zwecke erhält der Apparat einen Stufenscheibenantrieb. Der Apparat muß namentlich beim Verfeuern gröberer Kohle mit größerer Umdrehungszahl arbeiten, da grobe Kohlenstücke mehr Kraft, also eine größere Geschwindigkeit der Wurfschaufeln erfordern, um sie bis an das Kofstende zu schleudern. Die aufgeworfene Kohlenmenge kann der Heizer, falls sie infolge des schnellen Ganges des Apparates zu groß wird, durch langsames Laufenlassen der Speisewalze *c* verringern.

**Die Wurf- oder Katapultfeuerungen.** Da man mit den Rauchapparaten über eine bestimmte Korngröße der verfeuerten Kohle (etwa 25 Millimeter) nicht hinausgehen darf, bedient man sich, um in der Wahl der Kohle einen größeren Spielraum zu haben, der Feuerungsapparate mit schwingender Wurfschaufel. Diese Apparate (Fig. 34) unterscheiden sich von dem be-

prochenen Leachapparat im wesentlichen dadurch, daß man zum Beschicken des Feuers statt der schnell rotierenden Wurfäder eine hin- und her-schwingende Schaufel verwendet, die durch eine langsam rotierende Scheibe mit drei Anaggen (Fig. 35) allmählich zurückgedreht wird und hierbei

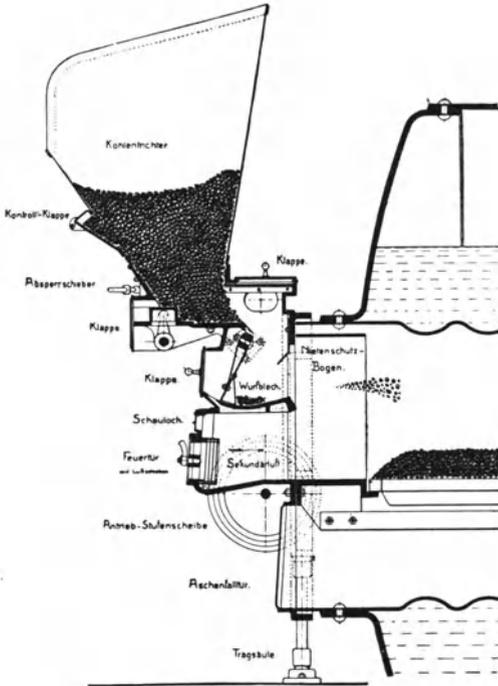
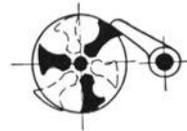


Fig. 34.

Katapultfeuerung von Topf u. Söhne, Erfurt.

zwei mit ihr fest verbundene Federn anspannt. Sobald eine Anagge frei wird, schnell die Schaufel infolge der Federkraft nach dem Feuer zu und wirft die vor ihr liegenden Kohlen auf den Kofst. Dadurch, daß die Anaggen in drei verschiedenen Höhen ausgeführt sind, erhalten die Federn an den Wurf-schaufeln während einer Umdrehung der Anaggen-scheibe drei verschieden starke Spannungen. In-folgedessen erfolgt die

Fig. 35<sup>1)</sup>.

Beschickung des Kofstes derart, daß die vor den Wurf-schaufeln auf-geschüttete Kohlenmenge abwechselnd einmal auf den hinteren, den mittleren und den vorderen Teil des Kofstes geworfen wird. Damit sich die Kohle auch gleichmäßig auf der Kofstbreite verteilt, verzieht man die Schaufeln auf der Wurfseite mit einem in der Mitte spitz zulaufenden An-satz, dessen Form und Größe nach der Art der Kohle und der Länge und Breite des Kofstes zu wählen ist.

<sup>1)</sup> Fig. 35 bis 37 sind mit Genehmigung des Verleges aus „Gaier, Dampf-fesselfeuerungen, 2. Aufl.“ entnommen.

Die Zuführung der Kohle aus dem Kohlentrichter nach dem Gehäuse der Wurffchaufel wird durch einen in wagerechter Richtung hin- und hergehenden Schieber besorgt. Der Schieber ist so angeordnet, daß er die Kohle gerade derjenigen Wurffchaufel zuführt, die sich schlagbereit in zurückgezogener Stellung befindet.

Soll das Feuer verstärkt werden, so zieht man den Essenschieber auf und läßt mittels des vorhandenen Stufenscheibenantriebes den ganzen Apparat schneller arbeiten, oder man vergrößert den Hub des Verteilungsschiebers, wodurch derselbe mehr Kohle vor die Wurffchaufel fallen läßt. Außerdem befinden sich an jedem Fülltrichter noch ein oder zwei Regulierschieber, die mit einem Handrade verstellbar sind, und womit man die Öffnung im Kohlentrichter über dem Verteilungsschieber vergrößern oder verkleinern und mehr oder weniger Kohle nach dem Feuerungsapparat fallen lassen kann. Diese Feuerungsapparate eignen sich für Bricketts und sortierte Kohle bis zu 60 Millimeter Korngröße und auch für weniger sortierte Kohle. Will man noch gröbere oder unsortierte Kohle verfeuern, so rüstet man den Apparat mit einer Wechwalze zum Zerkleinern der Kohlenstücke aus. Die Bedienung des Feuers ist ähnlich wie beim Leachapparat. Bei Wurffchaufelfeuerungen ist besonders darauf zu achten, daß die Federn an den Schaufeln gut im Stande sind; werden sie im Laufe der Zeit schlaff, so wirft der Apparat die Kohle nur auf den vorderen Teil des Rostes, während die hintere Rostfläche unbedeckt bleibt. Der Heizer muß dann das Feuer so oft ausgleichen, daß die eigentlichen Vorteile der mechanischen Feuerungen zum größten Teile zu nichte werden. In solchen Fällen sind daher die Federn sofort zu erneuern.

Im übrigen sind auch die Wurffchaufelfeuerungen mit einer Feuertüre versehen, welche das Abschladen und nötigenfalls auch die Handbeschickung des Feuers beim Anheizen oder bei Betriebsstörungen ermöglichen.

**Feuerungen mit wandernder Brennstoffschicht.** Zu diesen Feuerungen gehören der Wander- oder Kettenrost und die Schüttelrostfeuerungen. Bei ihnen wird die Kohle in der richtigen Schütthöhe auf den vorderen Teil des Rostes aufgegeben und während der Verbrennung allmählich nach hinten befördert. Während bei den eben besprochenen Feuerungsapparaten mit Schleuderrädern und Wurffschaufeln das Feuer beim Abschladen und zeitweiligem Ausgleichen der Brennschicht noch Handbedienung erfordert, fallen auch diese Handgriffe bei den Feuerungen mit wandernder Brennschicht weg. Die Schlacke wird am Ende des Rostes selbsttätig abgehoben oder von den in der Längsrichtung langsam hin- und herschwingenden Rosten (den Schüttelrosten) vom Roste heruntergestoßen. Das Feuer ist

bei diesen Rostanlagen keinerlei Störungen durch Abschladen usw. ausgesetzt, so daß andauernd eine sehr hohe Temperatur im Feuerraume herrscht. Da außerdem die Kohle langsam entgast wird und die aufsteigenden brennbaren Rauchgase über der hellbrennenden Kohlenglut hinwegstreichen müssen, sind bei diesen Feuerungen die Vorbedingungen für rauchfreie Verbrennung ohne weiteres erfüllt.

**Der Wander- oder Kettenrost** war schon vor 60 Jahren bekannt. Der

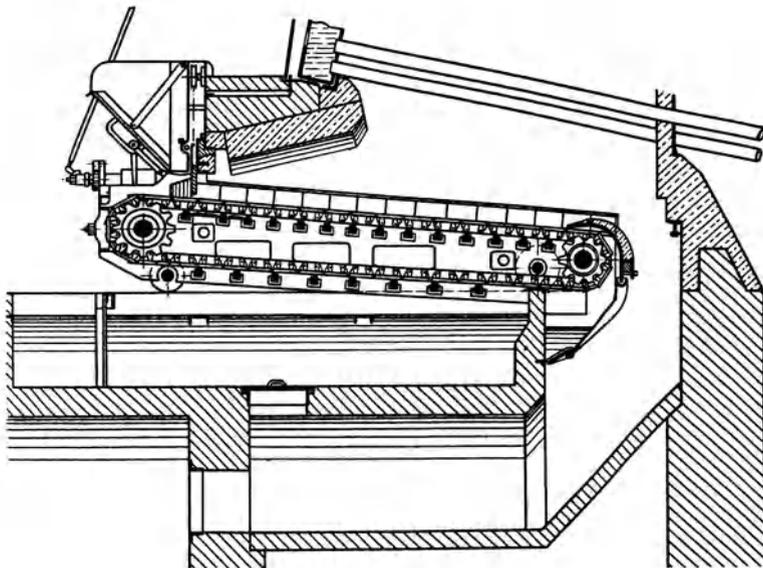


Fig. 36.

Fig. 36.

breitung gefunden hat, ist der, daß man für die jetzt vielfach üblichen sehr großen Wasserröhrenkessel eine sehr große Rostfläche braucht, die weder mit der Hand noch mit den besprochenen Wurffeuerungen in zufriedenstellender Weise beschickt werden kann. Er besteht aus sehr kurzen, etwa je 25 Zentimeter langen Roststäben, die, wie beim gewöhnlichen Plastrast, reihenweise nebeneinander liegen und an den Enden durch Bolzen zu einer endlosen Kette verbunden sind. Fig. 36 und 37 stellen den Kettenrost von Just im Schutte und in der Ansicht dar.

Die Kettenröste haben fast gleiche Bauart und sind als loses Band über zwei Kettenräder gelegt, von denen das vordere, außerhalb der Feuerung

gelegene mittels eines Riemenantriebes langsam gedreht wird, so daß der obere Teil des Kettenrostes fortwährend in die Feuerung hinein- und der

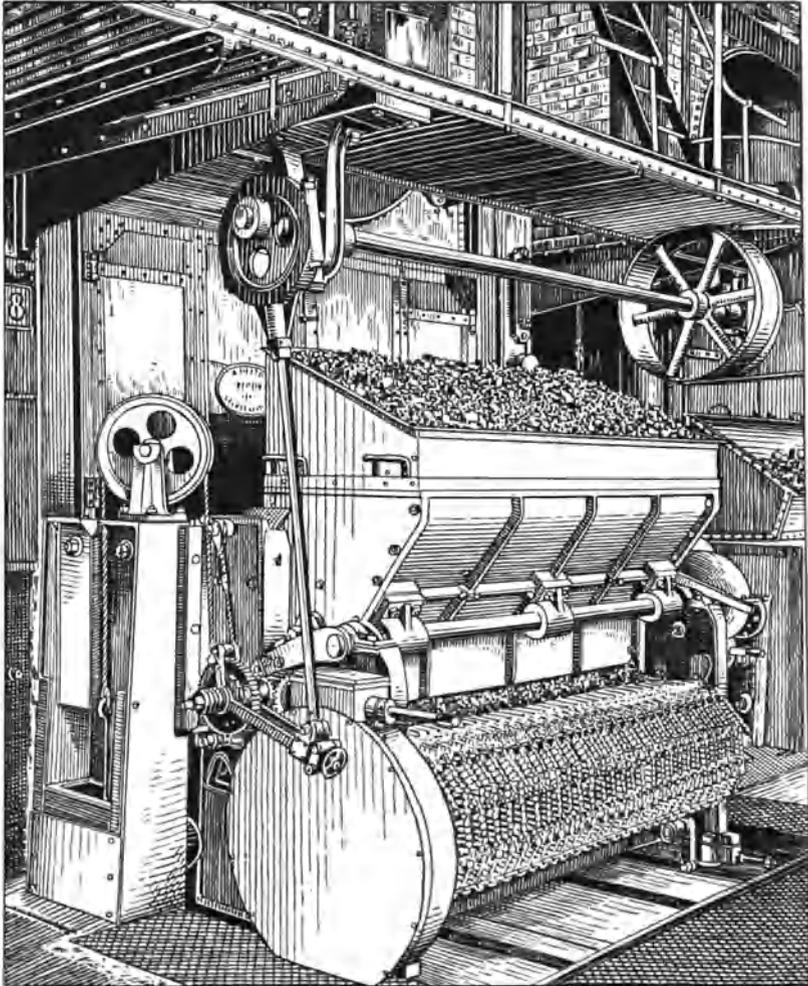


Fig. 37.

untere Teil desselben herauswandert. Über dem vorderen Teil des Rostes ist ein Fülltrichter angebracht, aus welchem die Kohle auf die ganze Rost-

breite herunterrutscht, um während der Rostwanderung im Feuerraume allmählich entgast, entzündet und verbrannt zu werden. Hinter der Auslauffstelle des Kohlentrichters ist eine mit Schamotte verkleidete, zweiflügelige Feuertüre angebracht, unter welcher hinweg die Kohle nach dem Feuerraume wandert. Durch Auf- und Niederstellen der Feuertüre in senkrechter Richtung, wozu seitlich zwei Schraubenspindeln angebracht sind, ist es möglich, die Kohlenschicht verschieden hoch einzustellen. Ferner kann durch Drehen der Feuertüre um ihre senkrechten Angeln der Feuerraum für das Anheizen zugänglich gemacht werden. Der vordere Teil des Feuerraumes ist mit Schamottemauerwerk überwölbt, das im Betriebe glühend sein muß, weil es den eigentlichen Träger der Verbrennung bildet. Dieses Gewölbe darf bei Wasserröhrenkesseln nicht zu nahe an die Siederohre heranreichen, da die Rohre andernfalls durch die intensive strahlende Wärme des Gemäuers Haarrisse bekommen und öfter erneuert werden müssen. Da das Gewölbe an seinen Auflageseiten niedriger als in der Mitte ist, würde die Kohlenschicht auch an den Seiten schneller herunterbrennen. Um dies zu verhindern, macht man die Feuertüre unten nach beiden Seiten schräg ansteigend, so daß die Kohlenschicht auf dem Roste nach den Seiten zu höher als in der Mitte wird. Am Ende der Rostbahn befindet sich ein gußeiserner Schlackenabstreicher, der mit seiner Unterkante auf einer Schiene lose gelagert ist und mit seiner oberen, messerartigen Kante vermöge seines Gewichtes auf dem Roste aufliegt (siehe Fig. 69). Die von dem Roste nach hinten gebrachte Schlacke oder etwaige noch nicht völlig verbrannte Kohlenglut fällt dann in den Raum hinter dem Abstreicher. Hier kann sie sich zunächst ansammeln. Durch die Ansammlung bezweckt man eine Erwärmung der hinteren Teile der Feuerung, auch können etwaige noch nicht völlig verbrannte Kohlenstücke durchbrennen. Unter dem Schlackenstau ist eine von außen drehbare Klappe angeordnet, mittels welcher man die Schlacke in den Aschefall herunter fallen lassen kann. Die Kohle entgast und verbrennt auf der vorderen Hälfte oder dem vorderen zweidrittelssten Teile des Rostes. Auf dem dahinter liegenden Teile soll der Rost nur noch mit Schlacken bedeckt sein. Damit nun durch die hintere Rostfläche nicht unnötige kalte Luft in den Feuerraum einströmt, bringt man auf der unteren Seite dieser Rostbahn Klappen an, die vom Heizerstande aus drehbar sind, und mittels welcher man die Zugluft an dieser Stelle absperrten kann. Wichtig ist, daß in einer frei liegenden Wand des Feuerraumes Schaulöcher zur Beobachtung des Feuers vorhanden sind, damit man die Geschwindigkeit des Rostes und die Schichthöhe des Feuers richtig einstellen und auch bei ungünstiger Schlackenbildung auf dem Roste mit einem Schürhaken nachhelfen kann.

Die Wanderroste nützen die Kohle sehr gut aus. Sie erfordern jedoch eine aufmerksame Bedienung; namentlich muß der Heizer darauf achten, daß der Luftüberschuß in der Feuerung nicht zu hoch wird, und daß sich im Schlackenstau nicht zu viel glühende Kohle anhäuft, da hierdurch diese Feuerungsteile zu rasch abgenutzt werden. Die Zugluft strömt zunächst durch den unteren Teil des Rostes, sie wird also gut vorgewärmt und hält dabei die Roststäbe kühl. Beim Anheizen ist das Mauerwerk des Feuerraumes auf genügend hohe Temperatur zu bringen, andernfalls ist beim Einrücken des mechanischen Rostantriebes ein allmähliches Verlöschen des Feuers nicht ausgeschlossen. Die körperliche Anstrengung des Heizers ist bei der Bedienung der Kettenroste sehr gering, und es kann bei großen Kesselanlagen wesentlich an Personal gespart werden. Die Wanderroste eignen sich auch für billige Kohlenforten, doch soll die Stückgröße der Kohlen nicht zu ungleichmäßig sein. Dadurch, daß das Feuer keine Unterbrechungen durch Verschicken und Abschladen erleidet und sich hieraus ergebende Wärmeverluste nicht entstehen kann auf den Kettenrosten eine größere Menge Kohle verbrannt und mehr Dampf im Kessel erzeugt werden als mit sonstigen Feuerungseinrichtungen.

Bei den **Schüttelrostfeuerungen** besteht der Rost aus nebeneinander liegenden Roststäben, deren Länge über die ganze Rostlänge reicht. Durch langsam rotierende Erzenten, die auf einer vor dem Roste quer liegenden gemeinsamen Welle sitzen, werden die einzelnen Roststäbe in ihrer Längsrichtung im Feuer hin- und hergeschoben und beim Einwärtszuge ein wenig gehoben, beim Rückzuge ein wenig gesenkt. Dabei sind die Erzenten so angeordnet, daß die nebeneinander liegenden Roststäbe zu gleicher Zeit entgegengesetzte Bewegungsrichtungen haben. Die Bewegung der Roststäbe hat zur Folge, daß die Kohle während der Verbrennung allmählich von vorn nach hinten wandert und daß die zurückbleibende Schlacke schließlich vom hinteren Rostende herunter in das Flammrohr oder in den ersten Feuerzug fällt, aus dem sie nach Bedarf herauszuziehen ist. Bei manchen derartigen Feuerungen ist auch jeder zweite Roststab unbeweglich; auch werden, um einer zu starken Abnutzung vorzubeugen, die Roststäbe mit Hohlräumen und mit Wasserkühlung ausgeführt.

**Die Unterwindfeuerungen.** Für schwer entzündliche oder geringwertige Brennstoffe, wie Kohlengruß, Schlamm oder Koksgruß, wendet man vielfach die Unterwindfeuerungen an. Ihr Zweck ist, auch mit diesen Brennstoffen noch eine genügende Menge Dampf zu erzeugen und dem Feuer viel Luft zuzuführen, damit die Kohle schneller verbrennt. Man benutzt deshalb derartige Feuerungen dort, wo man mit ungenügendem Schornsteinzug zu rechnen hat, wie dies beispielsweise bei Schiffskesseln der Fall ist, oder wo

der vorhandene Schornstein zu eng oder zu niedrig ist. Bei den Unterwindfeuerungen (Fig. 38, 39) ist der Aschefall ein geschlossener Behälter, an dessen vorderen Stirnwand ein gußeisernes Rohr mit einem Dampfstrahlgebläse angebracht ist. Durch das Gebläse wird die Außenluft injektorartig in den Behälter eingblasen. Letzterer ist in den meisten Fällen oben statt mit Roststäben mit gußeisernen Rostplatten von etwa 30 Millimeter Dicke abgedeckt, in denen anstelle von Rostspalten zahlreiche kleine düsenartige Löcher vorhanden sind, die an der oberen Seite etwa 3 bis 7 Millimeter, unten 20 bis

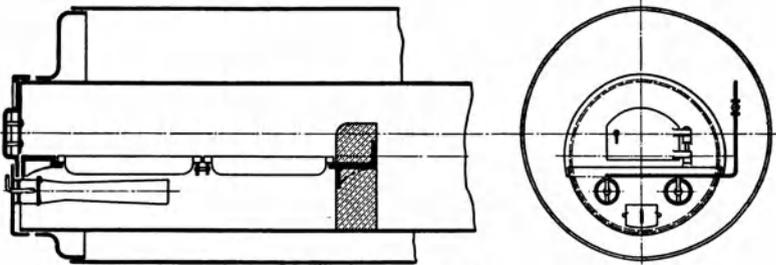


Fig. 38 u. 39. 1)

25 Millimeter im lichten Durchmesser weit sind. Werden Roststäbe verwendet, so macht man die Rostspalten nur 2 bis 3 Millimeter weit und erweitert sie gleichfalls nach unten. Durch die konische Form der Rostöffnungen will man erreichen, daß sich die hindurchtretende Luft kegelförmig im Feuer zerteilt. Die Roste sind gewöhnlich sehr kurz, etwa 500 bis 700 Millimeter lang. Bei einer anderen Bauart behält man den offenen Aschefall bei und bläst durch hohle Roststäbe oder durch Rohre, die dicht unterhalb des Rostes angebracht sind und oben Löcher haben, zusätzlich Luft in die Brennschicht. Ist die Gebläsevorrichtung zu stark, so kann es beim Verfeuern sehr klarer Kohle leicht vorkommen, daß durch den heftigen Luftzug eine beträchtliche Menge unverbrannter Kohle aus dem Feuerraum in die Züge, ja selbst durch den Schornstein mit fortgerissen wird. Hierdurch entsteht nicht nur ein Kohlenverlust, sondern es macht sich auch ein öfteres Ausräumen der Züge oder der Einbau von Flugaschefängern erforderlich, um die Umgebung vor dem lästigen Schornsteinauswurf zu schützen.

Bei fallender Dampfspannung ist die Wirkung des Gebläses durch Aufdrehen des daran angebrachten Dampfventils zu verstärken, damit das

1) Fig. 38 bis 39 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Paier, Dampfesselfeuerungen 2. Aufl.“ entnommen.

Feuer lebhafter brennt. Steigt die Dampfspannung zu hoch, so ist das Feuer durch Abstellen des Gebläses abzuschwächen, und man arbeitet dann nur noch mit dem Schornsteinzuge. In der vorderen Wand des Mischefalls ist zum Zwecke des zeitweiligen Ausräumens der durch den Kofst hindurchgefallenen Mische ein Handloch angebracht, welches während des Betriebes mittels eines Deckels luftdicht verschlossen ist.

Eine Kohlenersparnis will man bei den Unterwindfeuerungen häufig noch dadurch erreichen, daß man der Feuerung möglichst warme Luft zuführt. Da die warme Luft in die Höhe steigt, entnimmt man die vom Gebläse angesaugte Luft nicht unmittelbar über dem Fußboden, sondern an einer hoch gelegenen Stelle des Kesselhauses. Man schließt daher an den Saugstutzen des Gebläses einen Kanal oder eine Rohrleitung mit hoch gelegener Mündung an. Sind warme Betriebsräume vorhanden, so kann man auch daraus die erwärmte Luft durch das Gebläse der Unterwindfeuerungen absaugen. Bei manchen Unterwindfeuerungen ist der Dampfverbrauch des Gebläses so beträchtlich, daß hierdurch ihr Nutzen wieder aufgehoben wird. Neuerdings sind daher auch Unterwindfeuerungen im Gebrauche, bei denen man statt des Gebläses einen Ventilator verwendet. Der Betrieb der Feuerung wird dadurch zwar billiger, doch ist auch der erzeugte Luftdruck unterhalb der Kofstfläche geringer. Man macht deshalb bei derartigen Feuerungen die freie Kofstfläche größer. Im Feuerraume der Unterfeuerungen stauen sich die Feuergase bei ungenügendem Schornsteinzuge an, so daß die Feuerung viel Wärme nach vorn durch das Feuergeßchränke ausstrahlt, und mitunter das ganze Kesselhaus sehr heiß wird. Bevor der Heizer die Feuertüre öffnet, soll er das Gebläse abstellen, da er anderenfalls durch die aus der Feuerung herausschlagenden Flammen verbrannt werden kann. Wenn die Unterwindfeuerungen in einzelnen Betrieben auch ganz gute Betriebsergebnisse liefern, so sind sie im allgemeinen doch nur als Nothelf zu betrachten.

**Gasfeuerungen.** Bei den Gasfeuerungen ist zur Verhütung von Gasexplosionen darauf zu achten, daß sich während der Betriebsstillstände keine Gemische aus unverbrannten Gasen und Luft in den Gaskanälen und Feuerzügen bilden können. Die Absperrschieber für die Gasleitungen sind daher sorgfältig dicht zu halten. Das Feuer wird nach dem Aussehen der Flammen einreguliert, es müssen daher im Kesselmauerwerk gegenüber den Mischkanälen Schaulöcher angebracht werden.

Das Gas läßt man durch eine größere Anzahl Öffnungen im Mauerwerk des Verbrennungsraumes vor dem Kessel ausströmen, zwischen denen wieder in abwechselnder Reihenfolge Öffnungen für den Luftzutritt vorhanden sind. Die Gasströme vermischen sich infolgedessen innig mit der Luft

und verbrennen bei geringem Luftüberschuß mit hoher Temperatur und langer, in die Feuerzüge hineinschlagender Flamme ohne jede Rauchentwicklung. Zum Schutze gegen eine Überhitzung und um eine genügend hohe Temperatur im Verbrennungsraume zu unterhalten, werden die von den Heizgasen zuerst betroffenen Kesselheizflächen mit Schamotte-mauerwerk verkleidet. Die hohen Anlagekosten der Gasfeuerungen und der Umstand, daß sie sich nur für regelmäßigen Tag- und Nachtbetrieb eignen, hat zur Folge, daß sie nur angewendet werden, wo das Gas in erster Linie für die sonstigen Fabrikeinrichtungen (Schmelzöfen) erzeugt werden muß.

Unter der Bezeichnung „**flammenlose Oberflächenverbrennung**“ ist in letzter Zeit eine neue Gasfeuerung bekannt geworden, die, falls sie sich dauernd als praktisch erweist, einen hervorragenden Platz in der Feuerungstechnik einnehmen wird. Das Grundprinzip derselben besteht darin, daß man die Mündung eines Rohres mit einer porösen, d. h. für Luft und Gas durchlässigen, feuerfesten Schamotteplatte verschließt (Fig. 40). Läßt man das zu verbrennende Gas mit Luftvermischt unter einem schwachen Drucke austreten, so strömt das Luft- und Gasgemisch durch die Platte hindurch und verbrennt beim Anzünden mit der gewöhnlichen Flamme. Vergrößert man aber die zu dem Gas hinzutretende Luftmenge, so verliert die Flamme ihre Leuchtkraft und wird immer kleiner, bis sie sich schließlich ganz in die Platte zurückzieht und letztere allmählich in der Mitte bis zur hellen Glut erhitzt wird. Man hat nun Heizrohrkessel, ähnlich dem Fig. 65 und 66 abgebildeten, den man sich aber bedeutend kürzer und ohne Einmauerung vorstellen muß, mit dieser Feuerung ausgerüstet, indem man die Heizrohre mit feuerfesten Schamottekörnern von etwa 10 Millimeter Größe dicht ausfüllte und letztere in der eben beschriebenen Weise durch brennendes Gas zum Erglühen brachte. Die Feuerung arbeitet vollkommen rauchlos und infolge des auf ein ganz geringes Maß einstellbaren Luftüberschusses bedeutend wirtschaftlicher als alle bisherigen Feuerungen. Ein Dampfkessel von 3 Meter Durchmesser und 1,2 Meter Länge vermag den Dampf für eine Dampfmaschine von 500 Pferdekraften zu liefern; dabei ist die Wartung des Kessels sehr einfach und man erspart auch die Kosten und den Platz für die Kessel-einmauerung. Diese wichtige Erfindung ist gleichzeitig von dem deutschen Ingenieur Schnabel und dem englischen Professor Bone gemacht worden.

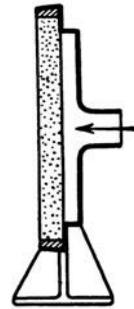


Fig. 40.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Fig. 40 ist mit Genehmigung der Redaktion aus der „Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1912, Nr. 46“ entnommen.

(daher der Name Bone-Schnabel-Kessel). In Deutschland hat seit einigen Monaten die Berlin-Anhaltische Maschinenbau-A.-G. ihre Verwertung übernommen. Es wird zunächst abgewartet werden müssen, wie sich diese Neuerung bewähren wird.

**Teerfeuerungen.** Der Teer wird in einem eisernen Behälter, der einige Meter über dem Fußboden des Kesselhauses steht, mittels einer Dampfheizschlange leichtflüchtig gemacht und in einem dünnen Rohre nach der Feuerung geleitet, wo er durch einen Dampfstrahl oder durch Preßluft zerstäubt wird. Der Feuerraum muß gleichfalls mit einem als Wärmespeicher dienenden Schamottemauerwerk ausgemauert und mit regelbarer Luftzufuhr versehen sein. Auch die Teerfeuerungen zeichnen sich ebenso wie die Gasfeuerungen durch hohe Temperatur im Feuerraume aus und arbeiten mit geringerem Luftüberschuß als die Kohlenfeuerungen, da sich der Teer infolge seiner feinen Zerfläubung sehr innig mit der Verbrennungsluft mischen läßt. Während bei Steinkohlenfeuerungen der für die praktischen Verhältnisse günstigste Kohlen säuregehalt der Heizgase 14 Prozent beträgt, steigt er bei Gas- und Teerfeuerungen auf etwa 18 Prozent.

Beim Anheizen der mit Teerfeuerungen ausgerüsteten Dampfkessel empfiehlt es sich, den Feuerraum zunächst durch ein Holz- oder Kohlenfeuer anzuwärmen. Der Umstand, daß der Teer (und auch andere flüssige Brennstoffe) im Feuerraum durch einen Dampfstrahl zerfläubt werden muß, erschwert das Anheizen derartiger Kessel, wenn sie kalt stehen und kein Dampf aus einem anderen Kessel verfügbar ist. In solchen Fällen muß durch ein im Feuerraume angezündetes Holz- oder Kohlenfeuer zunächst eine Dampfspannung im Kessel erzeugt werden, die zur Inbetriebnahme der Teerfeuerungen ausreicht. Wird der Teer mittels Preßluft zerfläubt, so vermag die Teerfeuerung natürlich auch erst nach Inbetriebsetzung des erforderlichen Luftkompressors zu arbeiten, was aber die vorherige Inbetriebnahme einer Dampfmaschine oder eine aus Hilfsweise Antriebskraft für den Kompressor, etwa einen Elektromotor, voraussetzt.

Fig. 44 zeigt eine vollständige Teerfeuerungsanlage für einen kombinierten Dampfkessel. Nähere Erläuterungen sind aus den Anmerkungen unter der Figur ersichtlich. Die Firma Gebr. Körting, A.-G., Hannover, von welcher diese Ausführung stammt, hat namentlich für Schiffsdampfkessel Feuerungsanlagen für flüssige Brennstoffe ausgeführt (siehe Seite 71).

## VI. Die Ausnützung der Heizgase.

Bisher sind die Bedingungen für die vollständige und rauchlose Verbrennung der Kohle in der Dampfkesselfeuerung besprochen worden. Es wäre nunmehr darauf einzugehen, auf welche Weise die Wärme der Feuer- oder Heizgase nutzbar gemacht, das heißt in das Kesselwasser übergeleitet wird. Man läßt zu diesem Zwecke die Heizgase an den Kesselwandungen hinstreichen, die innen vom Wasser bespült sind. Diese außen von den Heizgasen, innen vom Wasser benetzte Kesselfläche nennt man die Heizfläche des Kessels. Wenn man also sagt, ein Kessel habe 100 Quadratmeter Heizfläche, so heißt das, die Fläche des Kessels, die auf der einen Seite von den Heizgasen und auf der anderen Seite vom Wasser berührt wird, ist 100 Quadratmeter groß. Man darf demnach bei einem sogenannten Oberzugkessel, das ist ein solcher Kessel, über dessen Dampfraum die Heizgase hinwegziehen, die in dem Oberzug liegende Kesselfläche nicht zur Heizfläche des Kessels rechnen. Die Heizgase geben zwar im Oberzug auch einen Teil ihrer Wärme ab, diese Wärme kann jedoch nur den Dampf trocken halten, vermag aber nicht die Verdampfung des Wassers im Kessel wesentlich zu erhöhen. Auch die Heizfläche des Überhitzers und des Economisiers (siehe Fig. 51—53 u. 135) wird nicht zur Heizfläche des Kessels in diesem Sinne gerechnet, obgleich sie die Leistung der Kesselanlage beträchtlich steigern.

Bezüglich der Lage zum Feuer unterscheidet man direkte und indirekte Heizflächen. Direkte Heizfläche nennt man den über und dicht hinter dem Roste gelegenen Teil der Kesselwandung, der nicht nur von den Feuergasen, sondern auch von der strahlenden Wärme des Feuers getroffen wird. Die dahinter gelegenen Kesselwände, die nur von den Feuergasen erwärmt werden, nennt man indirekte Heizfläche. Ein Quadratmeter der direkten Heizfläche eines Zweiflammrohrkessels mit Innenfeuerung verdampft ungefähr dreimal so viel Wasser wie ein Quadratmeter der indirekten Heizfläche. Je weiter sich die Heizgase vom Kesselfeuer entfernen, desto mehr kühlen sie ab, und desto weniger wirksam wird die von ihnen bestrichene Heizfläche. In einer Kesselanlage mit einer solchen reichlich bemessenen, aber wenig leistenden Heizfläche wird zwar die Wärme der Heizgase gut ausgenutzt; doch ist der Wert einer derartigen Heizfläche nicht sehr hoch zu veranschlagen, da sie nur bei einem großen Kessel möglich ist, und die erhöhten Kosten der Kesselanlage den Vorteil der zu reichlichen Heizfläche wieder ganz oder teilweise verschlingen können.

Ist dagegen die Heizfläche zu klein, wie dies bei überlasteten Dampfkesseln der Fall ist, so muß auch die von den Heizgasen zuletzt bestrichene Heiz-

fläche noch übernormale Dampfmengen liefern und von sehr heißen Heizgasen berührt werden. Dies aber läßt sich nur durch ein verstärktes Feuer und durch erhöhten Kohlenverbrauch erreichen. Findet unter solchen Verhältnissen zwar noch eine gute Verbrennung im Feuerraume statt, so hat die zu kleine Heizfläche doch den Nachteil, daß die Heizgase schlecht ausgenutzt werden und mit zu hoher Temperatur durch den Schornstein abziehen. In derartigen Fällen empfiehlt es sich, die Kesselanlage dadurch zu verbessern, daß man in die Essenzüge Speisewasservormärmer einbaut und den Heizgasen auf diese Weise noch weitere Wärme entzieht. Wie man sich in derartigen Fällen hilft, zeigt die nebenstehende Fig. 41. Dieselbe stellt die

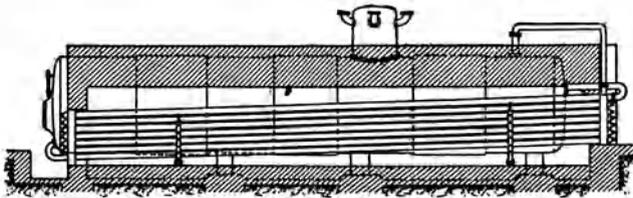


Fig. 41.

patentirte Heizflächenvergrößerung der Firma Gimert & Co., Leipzig, dar, die sich namentlich für Flammrohrkessel eignet. Sie besteht aus einer oder zwei Röhrenbatterien, deren hintere und vordere Wasserkammern mit dem Wasserraum des Kessels durch federnde Rohre verbunden sind; außerdem sind zur Ableitung des Dampfes aus den Röhren die hinteren Wasserkammern durch eine Rohrleitung mit dem Dampfraum des Kessels verbunden.

Wie groß die Wärmeverluste bei einer zu kleinen Heizfläche sein können, zeigt folgende Betrachtung. Bei Steinkohlenfeuerungen beträgt die Temperatur im Feuerraume je nach der Höhe des Luftüberschusses etwa 1000 bis 1500 Grad Celsius (Schmelzwärme des Gußeisens und Schmiedeeisens). Hinter dem Feuer kühlen sich die Heizgase rasch ab. Bei ihrem Austritte aus den Flammrohren sind sie etwa noch 500 bis 750 Grad warm und ziehen bei einer normal belasteten Kesselanlage mit 220 bis 250 Grad Celsius in den Essenfuchs ab. Bei einem Kessel von ungenügender Größe steigt die Temperatur der Essengase jedoch mitunter bis zu 450 Grad an. Was das für einen Wärmeverlust bedeutet, bedarf wohl keiner weiteren Erläuterung. Die Temperatur der Heizgase im Essenfuchs bietet daher immer einen wichtigen Anhaltspunkt für die Beurteilung der Kesselanlage. Hohe Temperaturen im Essenfuchs sind ein Zeichen für einen kostspieligen Kessel-

betrieb und deuten darauf hin, daß der Kessel für den notwendigen Dampfverbrauch zu klein ist.

Ein weiterer Nachteil einer zu kleinen Heizfläche ist, daß die Kesselbleche infolge des verstärkten Feuers stellenweise hoch erhitzt werden, und daß an den gefährdeten Stellen über dem Roste sehr leicht Beulen und Rantentriffe entstehen. Man hilft sich in solchen Fällen damit, daß man den Feuerraum durch Niederlegung des Rostes höher macht, was allerdings nur bei Unterfeuerungen möglich ist, während sich in dieser Hinsicht bei Innenfeuerungen an Flammrohrkesseln nicht viel machen läßt.

Die Heizfläche eines Dampfkessels ist daher so zu wählen, daß die Heizgase gut ausgenutzt werden und viel Dampf erzeugt werden kann, ohne daß der Kessel zu groß und zu teuer wird. Man verlangt daher von den Kesselfabrikanten bei Kaufabschlüssen eine Gewähr dafür, daß der Dampfkessel auf jedem Quadratmeter seiner Heizfläche eine bestimmte Mindestmenge Wasser verdampft, und daß dabei ein gewisser Teil der in der Kohle enthaltenen Wärme im Dampfe nutzbar gemacht wird. Oder mit anderen Worten: man verlangt beispielsweise von einem Zweiflammrohrkessel von 100 Quadratmeter Heizfläche, daß auf jedem Quadratmeter Heizfläche stündlich 30 Kilogramm, zusammen  $30 \times 100 = 3000$  Kilogramm = 3 Kubikmeter Wasser verdampft und dabei mindestens 70 % des Heizwertes der Kohle gebunden werden, das heißt, von je 100 Wärmeeinheiten der Kohle müssen mindestens 70 Wärmeeinheiten in das Kesselwasser übergehen.

Wieviel Wasser ein Dampfkessel auf einem Quadratmeter seiner Heizfläche verdampft, stellt man fest, indem man die Wassermenge, die er den Tag über, also in etwa 10 Stunden verdampft, in einem Gefäße abmißt oder auf einer Wage abwägt. Je nach der Kesselart ist die Leistung der Heizfläche verschieden. Bei Zweiflammrohrkesseln kann man eine stündliche Verdampfung von 30 Kilogramm, bei Heizrohrkesseln von 16—18 Kilogramm Wasser auf einem Quadratmeter Heizfläche erreichen. Es läßt sich daher von einem Kessel, von dem man weiß, wie groß seine Heizfläche ist, leicht im voraus berechnen, welche Dampfmengen er zu liefern vermag. Natürlich hängt die Leistungsfähigkeit eines Dampfkessels nicht nur von der Größe seiner Heizfläche, sondern auch noch von anderen Umständen, insbesondere von dem Heizwert der verfeuerten Kohle ab. Beim Verfeuern von geringwertiger Braunkohle ist es nicht möglich, in dem gleichen Dampfkessel auf dem Quadratmeter Heizfläche dieselbe Wassermenge zu verdampfen wie beim Verfeuern von guter Steinkohle.

Damit die Heizgase genügende Gelegenheit haben, ihre Wärme abzugeben, darf ihre Geschwindigkeit in den Heizkanälen oder Feuerzügen nicht

zu groß sein. Letztere müssen daher reichlich weit sein, was ja ohnehin für ihre zeitweilig vorzunehmende Reinigung von Flugasche und für die Untersuchung der Kesselbleche bei der Zugbefahrung erforderlich ist. Man unterbricht aber auch die Bewegungsrichtung und die Geschwindigkeit der Heizgase durch Einbauten in die Feuerzüge, durch Flammrohreinsätze, durch Quer-(Galloway-)Stützen in den Flammrohren oder dadurch, daß man die Flammrohre aus vielen kurzen Flammrohrschüssen von abwechselnd großem und kleinem Durchmesser zusammensetzt. Hierdurch werden die Heizgase kräftig durcheinander gewirbelt und gleichmäßig abgekühlt. Trotz dieser Vorzüge haben sich derartige Vorkehrungen doch nur dort eingeführt, wo sie die Reinigung der Feuerzüge nicht erschweren und die Feuerzüge nicht verengen, wie dies bei den halbkreisförmigen Flammrohreinsätzen hinter der Feuerbrücke der Fall ist. Am besten bewährt haben sich die Gallowaystützen, die sich indes nur bei glatten, jetzt weniger verwendeten Flammrohren anbringen lassen (siehe Fig. 63, 64 und 67).

Um die Heizgase in möglichst nahe Berührung mit den Kesselwänden und dem Kesselwasser zu bringen, hat man die verschiedensten Kesselarten gebaut. Namentlich bei den Heizrohr- und Wasserrohrkesseln wird durch die Rauch- und Siederohre eine große und innige Berührungsfläche zwischen Wasserinhalt und Heizgasen erreicht.

Man legt bei dem Bau der Feuerzüge noch darauf Wert, daß die Heizgase den Wasserumlauf im Kessel fördern. Das Wasser ist bei 4 Grad Celsius am schwersten; wird es erwärmt, so dehnt es sich aus und wird leichter. Kaltes Wasser wird sich daher immer auf der tiefsten Stelle des Kessels, das wärmste Wasser dagegen dicht unter dem Wasserspiegel ansammeln. Tritt nun zwischen den kalten und warmen Stellen im Kesselwasser kein Wärmeausgleich ein, so übertragen sich die Temperaturunterschiede aus dem Wasser auch auf die Kesselbleche. Diese ungleichmäßige Erwärmung hat aber zur Folge, daß sich die Kesselbleche an den höher erwärmten Stellen viel, an den kälteren Stellen wenig ausdehnen, und daß Spannungen im Kessel entstehen, die im Laufe der Zeit zu Undichtheiten der Nietnähte oder auch zu Rantentrissen im Bleche führen können. Dies verhütet man dadurch, daß das Wasser im Kessel durch eine richtige Anordnung der Züge so erhitzt wird, daß es fortwährend im Kessel zirkuliert und sich überhaupt keine kühlen und heißen Wasserschichten darin bilden können. Durch diesen Wasserumlauf wird auch die Verdampfung ganz außerordentlich erhöht. Das Wasser verwandelt sich zunächst an der Heizfläche in kleine Dampfblasen, die in ruhen dem Wasser das Kesselblech mit einer dichten Schicht überziehen und den Wärmeübergang nach dem Kesselwasser verhindern, da die Dampfschichten

schlechte Wärmeleiter sind. Erst nachdem die an der Kesselwand sitzenden Dampfblasen eine gewisse Größe erreicht haben, reißen sie sich von der Kesselwand los, steigen in den Dampfraum empor und lassen wieder Wasser an die innere Seite der Heizfläche herantreten. Findet im Kessel ein kräftiger Wasserumlauf statt, so werden die Dampfblasen sofort nach ihrem Entstehen von der Kesselwand fortgespült, die Kesselwände geben ihre Wärme schneller an das Wasser ab und die Dampferzeugung wird gesteigert.

Man hat versucht, den Wasserumlauf durch besondere Einbauten in die Kessel zu erhöhen. Eine derartige Vorrichtung war die seinerzeit mit großen Erwartungen auf den Markt gebrachte Dubiau-Pumpe, die aber keine eigentliche Pumpe war, sondern aus einer entweder geraden oder gekrümmten Blechplatte mit einer großen Anzahl dünner Röhre von etwa 25 Zentimeter Länge bestand. Bei Flammrohrkesseln wurde die Vorrichtung über dem ersten Schuß der Flammrohre angebracht. An den Probekesseln konnte man sich durch Schaugläser in der Kesselwand davon überzeugen, wie die aufsteigenden Dampfblasen von der Rohrplatte aufgefangen wurden und in den kurzen Röhren einen hoch aufsteigenden Wasserstrahl erzeugten. Trotzdem diese Vorrichtung ihren Zweck gut erreichte, hat sie sich nicht eingebürgert, weil sie die Reinigung und Befahrung des Kessels erschwerte. Besondere Aufmerksamkeit muß dem Wasserumlauf bei den engrohrigen Wasserrohrkesseln zugewendet werden, und zwar dürfen die Siederohre nicht zu lang sein und nicht zu flach liegen, da andernfalls der Dampf nicht schnell genug aus den Röhren entweichen kann, und das Wasser zu langsam nachströmt. Die Folge ist dann bei derartig schlecht gebauten Kesseln ein öfteres Aufreißen und Krümmwerden der Siederohre.

Bei Flammrohrkesseln wird der Wasserumlauf durch die bereits erwähnten Gallowaystutzen sehr lebhaft. Im übrigen wird der Wasserumlauf in den Kesseln schon durch die reichliche Verdampfung auf der Heizfläche über dem Roste von selbst erzeugt. Die Heizgase geben umsomehr Wärme an das Kesselwasser ab, je größer der Temperaturunterschied zwischen beiden ist. Man speist deshalb das Wasser an der Stelle in den Kessel, wo sie schon viel Wärme abgegeben haben, also dort, wo sie den Kessel verlassen und in den Essenfuchs eintreten. Das Wasser strömt dann bei seiner Bewegung im Kessel an immer heißeren Feuergasen vorbei, wodurch der Wasserumlauf im Kessel selbst und mit ihm auch die Verdampfung günstig beeinflusst werden. Man nennt diese Anordnung, die sich allerdings nicht immer mit völliger Genauigkeit durchführen läßt, einen Gegenstrom, der auch bei den Trockenprozessen in Trockenmaschinen von Spinnereien, Tuchfabriken usw. angewendet wird.

Das Kesselmauerwerk muß dicht halten, damit die Heizgase nicht durch einströmende kalte Luft abgekühlt werden. Zur Verminderung der Wärmeausstrahlung ist es ratsam, das Mauerwerk wenigstens 40 Zentimeter dick zu machen. Außerdem ist es gut zu verankern. Da es sich ferner im Laufe der Zeit infolge der häufigen Erhitzung ausdehnt, muß es von den Kesselhauswänden, von festen Säulen usw. wenigstens 8 Zentimeter abstehen. Diese 8 Zentimeter sind gesetzliche Vorschrift. Der verbleibende freie Zwischenraum wird zweckmäßigerweise oben mit einer Ziegelschicht abgedeckt, damit er sich nicht vollsetzen kann. Undichte Stellen im Kesselgemäuer sind leicht durch Ableuchten mit einer offenen Flamme aufzufinden. Wo der Luftzug die Flamme in einen Mauerriß hineinzieht, ist das Kesselgemäuer undicht und sofort mit Lehm auszusmieren. Die Feuerzüge sind öfter von Flugasche zu reinigen. Liegt die Flugasche zu hoch, so hat die Verengung der Feuerzüge einen schlechten Essenzug zur Folge. Die Einsteigöffnungen und Puklöcher in den Essenzügen bringt man am besten an den Stellen an, wo die Gase ihre Bewegungsrichtung ändern, weil sich hier und an den weiten Stellen der Züge die meiste Flugasche absetzt.

Bei eingemauerten Kesseln durchziehen die Heizgase, nachdem sie die Kesselzüge verlassen haben, zunächst einen kurzen Kanal, den sogenannten Fuchs. Hier befindet sich eine sehr wichtige Vorrichtung, durch deren Gebrauch der Kesselheizer viel Kohlen sparen kann, nämlich der Essenschieber. Derselbe besteht aus einer eisernen Platte, die sich in einem eingemauerten eisernen Rahmen auf- und niederschieben läßt. Durch das Heben und Senken des Schiebers wird die Durchgangsöffnung für die abziehenden Heizgase im Fuchs erweitert und verengt und hierdurch die Zugkraft des Schornsteins und die Luftzufuhr durch den Rost nach Belieben beeinflusst. Der Schieber wird an einer Kette oder einem Drahtseil aufgehängt, die über Rollen laufen und nach dem Heizerstande geführt sind, von wo aus der Heizer die richtige Schieberhöhe einzustellen hat. Damit sich der Schieber leicht bewegen läßt, wird er durch ein Gegengewicht ausbalanciert.

Die Heizgase werden schließlich durch den Schornstein in hoch gelegene Luftschichten abgeleitet. Der Schornstein muß die Heizgase selbsttätig abziehen. Seine Wirkung beruht darauf, daß die in ihm befindliche Gassäule infolge der Ausdehnung durch die Wärme wesentlich dünner und leichter ist, als eine in gleicher Höhenlage befindliche freie Luftschicht von demselben Durchmesser und derselben Höhe. Die Schornsteingase folgen daher dem Naturgesetz vom Auftrieb der Körper und nehmen eine Aufwärtsbewegung an. Diese Bewegung wird unterstützt durch die erheblich kältere und deshalb dichtere und schwerere freie Luft, die durch die Rost-

spalten hindurch auf die Gase in den Feuerzügen und im Schornstein drückt und sich mit diesen in eine Gleichgewichtslage zu bringen sucht. Die Kraft, mit welcher die Außenluft durch die Rostspalten hindurchströmt, oder mit welcher die Schornsteingase in die Höhe steigen, nennt man die natürliche Zugkraft der Kesselanlage. Sie wird demnach um so größer sein, je größer der Gewichtsunterschied zwischen der Rauchgasssäule im Schornstein und einer außen gegenüber stehenden, gleich hohen und gleich dicken Luftsäule ist. Die Aufwärtsbewegung der Schornsteingase hört zwar auch noch nicht auf, nachdem sie die obere Schornsteinmündung verlassen haben, sie werden jedoch alsdann von der freien Atmosphäre verweht und vermögen keine Zugkraft auf die Heizgase in den Kesselzügen und im Schornstein auszuüben. Wir ersehen also, daß ein Schornstein umso besser zieht,

1. je größer der Hohlraum des Schornsteins ist,
2. je heißer die Schornsteingase sind und
3. je kälter die Außenluft ist.

Die Temperatur der Schornsteingase sucht man der besseren Ausnützung der Kohle halber soweit wie möglich abzukühlen; auf die Temperatur der freien Luft haben wir keinen Einfluß, so daß zur Erreichung eines möglichst kräftigen natürlichen Essenzuges kein weiteres Mittel als die Errichtung eines reichlich bemessenen Schornsteines übrig bleibt. Rein theoretisch betrachtet, müßten zwei Schornsteine von gleichem Hohlraum, von denen der eine aber hoch und eng und der andere niedrig und weit ist, dieselbe Zugkraft in der Feuerung ausüben. In der Praxis haben sich bestimmte Grundsätze herausgebildet, nach denen man die Höhe bei mittleren Schornsteinen mindestens 25 mal, bei sehr hohen Schornsteinen höchstens 50 mal so groß wie den oberen lichten Schornsteindurchmesser macht. Niedrige und dabei weite Schornsteine vermeidet man, weil die Gase darin eine langsame Aufwärtsbewegung erhalten und sehr leicht vom Winde am Austritte verhindert oder in den Schornstein zurückgetrieben werden. Einen zuverlässigeren Betrieb gewährleistet dagegen ein höherer Schornstein, obgleich die Schornsteingase an der Schornsteinwand einen größeren Reibungswiderstand zu überwinden haben.

Je wärmer die Heizgase und je kälter die Außenluft ist, umso dünner und leichter ist erstere und um so dichter und schwerer letztere und um so stärker ist der Essenzug. Hieraus erklärt sich auch, daß die Schornsteine bei kaltem Wetter besser ziehen als bei heißem. Tritt einmal der Fall ein, daß — etwa nach einem längeren Betriebsstillstande — der Schornstein

und die Kesselzüge zu weit abgekühlt sind, so besitzt die Schornsteinfluft keine Auftriebskraft. Es kann dann beim Anheizen vorkommen, daß der Schornstein nicht zieht. Derartige Betriebsstörungen können auch während der Betriebspausen (häufig kommt dies nach Sonntagen vor) dadurch verursacht werden, daß die Abdeckungen der Einsteigöffnungen im Essenfuchs undicht sind, so daß sich der Schornstein mit kalter Luft füllt. Man hilft sich dann in der Weise, daß man direkt im Schornstein ein sogenanntes Lockfeuer aus Stroh, Hobelspänen oder Holz macht, bis die Zugwirkung bemerkbar wird. Dann öffnet man den Essenschieber und läßt durch den Schornstein die im Essenfuchs stehende Luft absaugen.

Wir ersehen also, daß es beim natürlichen Essenzuge nicht möglich ist, die Wärme der Heizgase vollständig zur Erzeugung von Dampf im Kessel auszunützen. Der Auftrieb der Heizgase im Schornstein muß unbedingt vorhanden sein und setzt voraus, daß die Heizgase mit einer Temperatur von mindestens 200 bis 250 Grad Celsius aus den Kesselzügen abziehen. Bei ganz gut gebauten Kesselanlagen (mit genügend weiten und richtig angelegten Zügen) beträgt die Wärme der Essengase etwa 16 bis 18 %, für gewöhnlich etwa 25 % der Wärme der Heizgase. Man nennt diesen Wärmeverlust kurz den Schornsteinverlust.

Ein weiterer Verlust entsteht durch Ausstrahlung von Wärme in der Feuerung und durch das Kesselgemäuer. Dieser Verlust beträgt, wenn die Anlage gut instand gehalten wird, auch etwa 8 bis 10 Prozent der Heizgaswärme. Bei ungünstigen Verhältnissen und schlechten Einmauerungen kann er bis auf 20 Prozent ansteigen.

Im allgemeinen kann man annehmen, daß bei einer sachgemäß betriebenen Feuerungsanlage, wenn ferner der Kessel richtig eingemauert ist, und die Heizfläche im richtigen Verhältnis zur Koflfläche steht, etwa zwei Drittel des Heizwertes der Kohle zur Erzeugung von Dampf nutzbar gemacht werden. Bei ganz vollkommenen Kesselanlagen kann man aber diese Ausnützung bis auf drei Viertel des Heizwertes der Kohle steigern.

**Künstliche Zuganlagen.** Wir haben gesehen, daß zur Erzielung eines ausreichend starken Essenzuges die Heizgase im Essenfuchs eine Temperatur von etwa 200 bis 250 Grad Celsius haben müssen, und daß demnach ein beträchtlicher Teil der in der Kohle enthaltenen Wärme als Betriebskosten für den natürlichen Zug aufgewendet werden muß. Wollte man die Heizgase weiter ausnützen und ihnen etwa durch eingebaute Speisewasservorwärmer soviel Wärme entziehen, daß ihre Temperatur auf beispielsweise 120 Grad Celsius herabsänke, so würde dementsprechend auch ihre Auftriebskraft im Schornstein abnehmen, das heißt, der Schornstein würde schlecht

ziehen. Die Folgen würden dann Luftmangel und Kohlenverluste durch unvollkommenere Verbrennung in der Feuerung sein.

Da ein Schornstein unter derartigen Verhältnissen sehr hoch werden müßte, ist es in solchen Fällen angebracht, den erforderlichen Luftzug künstlich zu erzeugen, indem man die Heizgase aus den Esseuzügen durch einen Exhaustor oder einen Ventilator absaugt; und zwar unterscheidet man direkten und indirekten Saugzug. Die verwendeten Exhaustoren und Ventilatoren werden elektrisch angetrieben. Durch Veränderung ihrer Umdrehungszahl, die sich durch Drehen an dem Anlasser für den Elektromotor leicht bewerkstelligen läßt, kann auch die Zugstärke im Feuer innerhalb weiter Grenzen verändert werden.

**Der direkte Saugzug** wird durch ein Gebläse erzeugt, das bei den älteren Konstruktionen im Schornstein aufgestellt war. Dies hatte den Nachteil, daß es schwer zugänglich war, und daß die Lager der Gebläseachse eine ständige Wasserkühlung erforderten, wodurch die Betriebskosten erhöht wurden. Die neueren Gebläse stellt man daher außerhalb des Essezugses und des Schornsteines auf und verbindet die beiden letzteren durch kurze, leicht zugängliche Blechkanäle mit dem Gebläse. Auch werden die Gebläse so gebaut, daß ihre Achsenlager außerhalb des Heizgasstromes liegen und daher keiner Wasserkühlung bedürfen. Der häufig gegen den direkten Saugzug geltend gemachte Einwand, die Exhaustorflügel würden infolge der hohen Temperatur der Essegase zerstört, ist nicht zutreffend; denn es handelt sich hierbei um Temperaturen, die wesentlich niedriger sind als diejenigen, denen die Kesselbleche in den Esseuzügen ausgesetzt sind. Der Schornstein erhält bei den direkten Saugzuganlagen eine derartige Höhe, daß die Umgebung nicht unter den ausströmenden Schornsteingasen zu leiden hat; besondere düsenartige Schornsteineinbauten, wie dies bei den indirekten Saugzuganlagen der Fall ist, sind hingegen nicht erforderlich.

Bei dem neuerdings viel angewendeten **indirekten Saugzug** bläst ein im Kesselhaufe aufgestellter Ventilator, der mit den Heizgasen überhaupt nicht in Berührung kommt, durch ein Rohr frische Luft in den Schornstein (Fig. 42). Der Schornstein und das Ende dieses Rohres bilden eine Düse, so daß der von dem Ventilator erzeugte Luftstrom die Heizgase — genau wie ein Injektor das Wasser — aus den Kesselzügen ansaugt und mit dem Frischluftstrom durch den Schornstein ins Freie befördert. Der Schornstein ist beim indirekten Saugzugsystem nicht gemauert, sondern aus Schmiedeeisen angefertigt und in der Nähe der Mündung des Druckrohres vom Ventilator konisch zusammengezogen. Bei einer patentierten Ausführung kann die

Mündung des Ventilatorrohres im Innern des Schornsteins durch eine außen angebrachte Drehvorrichtung mit Handkurbel auf drei verschiedene Weiten eingestellt werden, wodurch der Essenzug verstärkt oder abgeschwächt werden kann. Doch kann auch zur Verstärkung des Saugzuges ein Dampf-

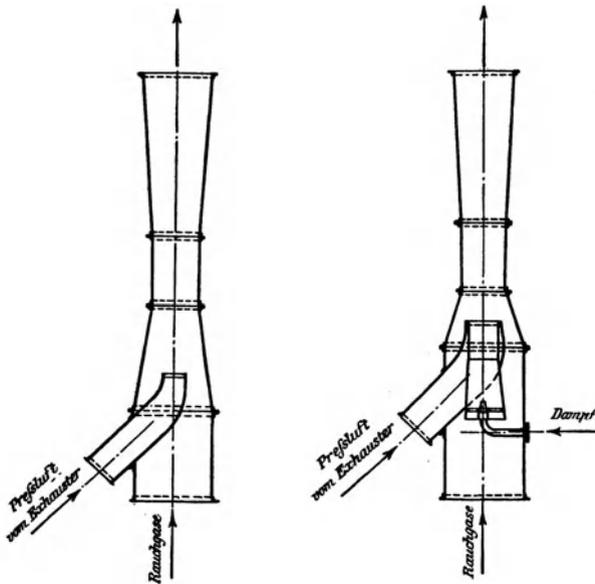


Fig. 42 u. 43.

strahl angebracht oder die Umdrehungszahl des Exhaustors erhöht werden (Ausführung von Gebr. Körting, Fig. 42 u. 43).

Die Saugzuganlagen haben verschiedene Vorteile, wodurch sie für manche Dampfkesselbetriebe außerordentlich gut geeignet werden. Zunächst wird bei großen Dampfkesselanlagen, wie sie für Färbereien, Papier- und Zellulosefabriken, Spinnereien usw. erforderlich sind, eine wesentliche Kohlenersparnis dadurch erzielt, daß die Heizgase an den Economisern bis auf 130° Celsius abgekühlt werden. Ferner kann man die Zugstärke so beträchtlich erhöhen, daß auf dem Roste die doppelte Kohlenmenge verbrannt und im Dampfkessel noch einmal soviel Wasser verdampft werden kann wie bei gewöhnlichen Zuganlagen. Die Saugzuganlagen werden daher für Kesselanlagen in Elektrizitätswerken, Zuckerfabriken usw. mit Vorteil angewendet, bei denen der Dampfverbrauch im Laufe des Tages stark schwankt, so daß sich zu gewissen Tagesstunden die

Inbetriebnahme weiterer Kessel nötig machen würde. Ferner gestattet der wesentlich schärfere Essenzug die Verfeuerung von geringwertigen Brennstoffen. Durch die lebhaftere Verbrennung wird ferner die Temperatur im Feuerraum gesteigert und infolgedessen bei geeigneter Kofbeschichtung die Rauchverbrennung erleichtert. Bei den indirekten Saugzuganlagen werden außerdem die Rauchgase durch die eingeblasene Frischluft stark ver-

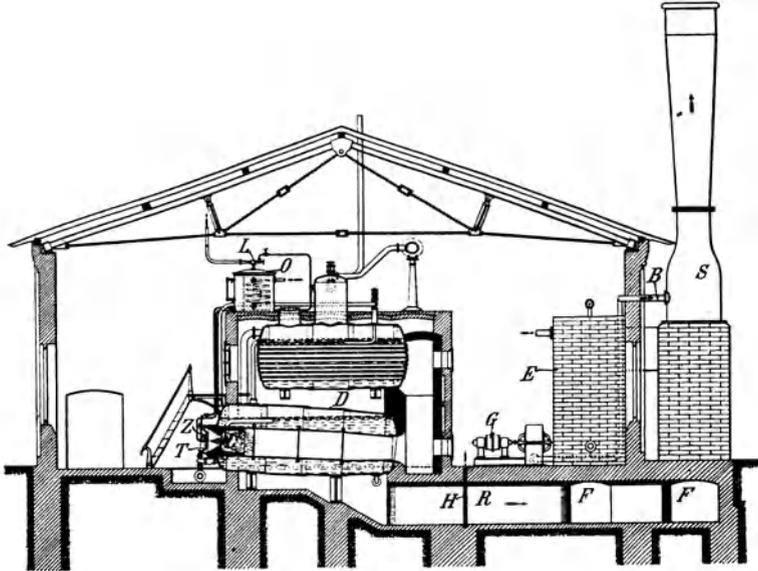


Fig. 44.

Z = Leerzerstäuber, T = Trommelschieber im Feuergeschrank, der ein genaues Einstellen der für jede Belastung des Kessels erforderlichen Verbrennungsluft ermöglicht; C = ringförmige Feuerbrüden aus Schamotte, O = Leerbehälter mit Dampfheizschlange zur Flüssighaltung des Leers, L = Dampfstrahlsauger zum Füllen des Behälters O mit Leer.

S = Saugzugschornstein, G = Gebläse mit Elektromotor gefuppelt, B = Gebläseleitung vom Gebläse nach dem Schornstein, E = Economiser, F = Rauchkanal durch den Economiser, F' = direkter Rauchkanal nach dem Schornstein, H = Essenschieber.

dünnt und erheblich abgekühlt, so daß an der Schornsteinmündung überhaupt kein oder doch nur sehr wenig Rauch sichtbar wird und die Anwohner auch nicht unter der Wärme der Schornsteingase zu leiden haben. Die Schornsteine werden infolgedessen wesentlich niedriger gemacht und haben nur einen Teil des Gewichtes der gemauerten Schornsteine. In manchen Kesselhäusern

sind sie deshalb auch auf dem Gemäuer des Economisers, also ohne besonderes Fundament aufgestellt. Dieses geringe Schornsteingewicht macht die Anwendung der indirekten Saugzuganlagen namentlich dort möglich, wo es an dem nötigen Platz für einen gemauerten Schornstein fehlt, oder wo der Baugrund nicht durch schwere Bauten (Bergwerke) belastet werden darf. Fig. 44 zeigt die Gesamtanordnung einer Kesselanlage mit Saugzuganlage in der Ausführung der Firma Körting, Hannover.

Nach einigen bisherigen Betriebserfahrungen ist der Schornsteinverlust durch die indirekten Saugzuganlagen bis auf etwa 10 Prozent der im Kesselfeuer erzielten Wärme herabgedrückt worden, wobei die im Offenruch gemessene Abgastemperatur 180 Grad Celsius betrug. Dem Schornsteinverlust ist allerdings noch der Kraftverbrauch für den Ventilator hinzuzurechnen, der nach den Angaben der Hersteller etwa nur 1 Prozent des gesamten Kohlenverbrauches betragen soll. Derart günstige Betriebsergebnisse können sich aber nur auf sehr gut angelegte und äußerst sorgfältig bediente Kesselanlagen beziehen. Bei den direkten Saugzuganlagen mittels eines im Schornstein aufgestellten Ventilators ist der Kraftverbrauch allerdings erheblich kleiner als bei den indirekten Zuganlagen, so daß man ihnen in neuerer Zeit den Vorzug zu geben scheint.

Bei den Lokomotiven und Lokomotiven kann der niedrige eiserne Schornstein den nötigen Zug in der Feuerung überhaupt nicht allein erzeugen. Man bringt deshalb in den hinteren Rauchkammern des Kessels, dicht unterhalb des Schornsteins, eine Blaserohreinrichtung an, durch welche der Abgangsdampf von der Dampfmaschine hindurchgeht. Der mit großer Geschwindigkeit aus dem Mundflüße des Blaserohres austretende Dampfstrahl reißt die in der Rauchkammer befindlichen Heizgase kräftig mit sich fort und zum Schornstein hinaus, wodurch auch in der Feuerung ein sehr lebhafter Zug entsteht. Damit das Feuer beim Stillstand der Lokomotiven angefaßt werden kann, erhält das Blaserohr, auch Puffer genannt, eine Zuleitung von direktem Dampf aus dem Kessel.

**Der Gitterschornstein.** Während die festen Bestandteile des Rauches, das ist der Ruß und die Flugasche, besonders für die Lungen der Menschen und Tiere schädlich sind, verursachen die unsichtbaren Gase des Rauches, die schwefelige Säure, die Salzsäure, die Fluorsäure usw. Schädigungen der Pflanzen. Namentlich die empfindlichen Nadelhölzer weisen in der Nähe großer Städte oder Industriezentren Rauchschäden in der Hauptwindrichtung auf. Das billigste und für praktische Zwecke allein anwendbare Mittel zur Bekämpfung der Rauchgaschädlinge ist eine weitgehende Verbünnung der Rauchgase. Da sich diese Verbünnung sogar in der freien bewegten Luft

zu langsam vollzieht, hat man in neuerer Zeit die Rauchschwaden durch besondere Schornsteine schon bei ihrem Austritt aus dem Schornstein aufzulösen versucht. Hierher gehört der patentierte Gitter- oder Dissipator-Schornstein (Fig. 45<sup>1)</sup>).

Ein Dissipator-Schornstein besteht aus einem gewöhnlichen Industrie-Schornstein, der oben einen mehrere Meter langen, gitterartig durchlöcherten Teil (den Dissipator = Rauchverdünner, Gitterschaft) trägt. Die Luft, die durch diese Öffnungen von der Windseite her in den Schornstein eintritt, bewirkt eine völlige Durchwirbelung der Rauchgase schon im Schornsteine. Zeigen die bisherigen Industrieschornsteine oft eine kilometerweit geschlossene Rauchfahne, so macht sich beim Dissipator-Schornstein nur noch ein Nebeldunst von Rauch bemerkbar. Die Aufgabe der Gitterschornsteine besteht aber nicht in der Unsichtbarmachung des Rauches, obgleich sie diesen Vorgang erheblich beschleunigen, sondern in der Unschädlichmachung der Rauchgase durch Verwirbelung mit der Luft im Augenblicke, wo sie den Schornstein verlassen. Bestehende Schornsteine können meist ohne weiteres um einen solchen Gitterschaft erhöht werden.

Dem Dissipator-Schornstein ähnlich sind die Schornsteine mit Schlitz in der Längsrichtung die sich über den oberen dritten bis vierten Teil des Schornsteinschachtes erstrecken. Einzelne Konstrukteure gehen sogar so weit, daß sie die Schornsteinmündung mit einem Deckel abschließen, damit den Rauchgasen als einziger Ausweg die seitlichen Öffnungen im Schornsteine verbleiben.

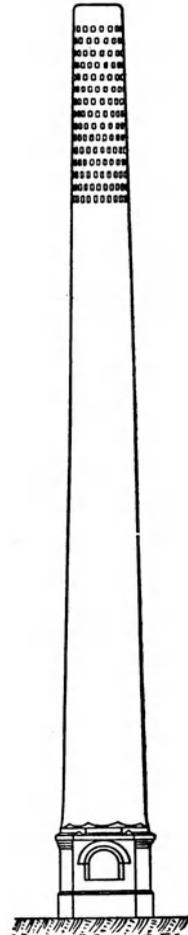


Fig. 45.

## VII. Die Verhütung und Beseitigung des Kesselsteins.

Wir verfolgen nunmehr den Weg, den die Wärme aus den Heizgasen nach dem Kesselwasser zu durchlaufen hat. Sehr erleichtert wird die Wärme-

<sup>1)</sup> Fig. 45 ist mit Genehmigung der Redaktion aus der „Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1911, Nr. 23“, entnommen. Patentinhaberin ist die Metallbank u. Metallurgische Gesellschaft A.-G. Frankfurt a. M.

entziehung der Heizgase dadurch, daß das Eisen, also das Kesselblech, die Wärme schnell aus den Heizgasen aufnimmt und ebenso schnell an das Kesselwasser abgibt. Man nennt derartige Stoffe, welche die Wärme schnell fortpflanzen, **gute Wärmeleiter**, im Gegensatz zu den Stoffen, welche die Wärme langsam fortpflanzen, und die man als **schlechte Wärmeleiter** bezeichnet. Beide, die guten und schlechten Wärmeleiter, spielen im Dampfkesselbetrieb eine bedeutende Rolle. Gute Wärmeleiter sind die Metalle, z. B. Schmiedeeisen, Gußeisen, Kupfer, Messing usw.; schlechte Wärmeleiter sind die erdigen und pflanzlichen Stoffe, wie Kiesel-erde, Mauerwerk, Kesselstein, Holz, Sägespäne, Kork und die Gase (Luft). Wie die guten und schlechten Wärmeleiter wirken, erkennt man am besten aus dem Verhalten einer Trennwand zwischen einem erwärmten und einem kühleren Raume. Würde man diese Trennwand zwischen beiden Räumen aus einer Eisenplatte herstellen, so würde die Wärme aus dem erwärmten Raume schnell durch das Eisen hindurch nach dem kühleren Raume treten und letzteren bald erwärmen. Errichtet man hingegen die Trennwand aus einem schlechten Wärmeleiter, etwa aus Korksteinen, oder führt man sie gar als hohle Wand mit einem inneren Luftraume aus, so würde die Wärme aus dem warmen Raume nur ganz langsam in den Nachbarräume übertreten, und letzterer würde sich nicht merklich erwärmen. Die nachstehende Tabelle gibt an, wieviel Wärmeeinheiten durch eine solche Trennwand von einem Quadratmeter Fläche und einem Millimeter Dicke in einer Sekunde hindurchgehen, wenn der Temperaturunterschied zwischen beiden Seiten der Trennwand ein Grad Celsius beträgt.

Tabelle.

Gute Wärmeleiter		Schlechte Wärmeleiter	
Name des Körpers	durch 1 Platte von 1 qm Fläche und 1 mm Dicke gehen in der Sekunde Wärmeeinheiten:	Name des Körpers	durch 1 Platte von 1 qm Fläche und 1 mm Dicke gehen in der Sekunde Wärmeeinheiten:
Silber . . . . .	110	Kesselstein . . .	0,16
Kupfer . . . . .	88	Wasser . . . . .	0,16
Aluminium . . . . .	36	Kork . . . . .	0,07
Messing . . . . .	25	Glas . . . . .	0,04
Schmiedeeisen . . . . .	18	Holz längs zur Faser . . . . .	0,03
Stahl . . . . .	14	Holzquer zur Faser . . . . .	0,009
Blei . . . . .	8	Sägespäne . . . . .	0,01
Zinn . . . . .	14	Kiesel-erde . . . . .	0,01
Zink . . . . .	31	Luft . . . . .	0,005

Je größer der Temperaturunterschied zu beiden Seiten der Fläche ist, um so schneller geht die Wärme durch eine derartige Trennwand hindurch. Für die Geschwindigkeit, mit welcher die Wärme durch das Kesselblech hindurchtritt, ist es von ganz unbedeutendem Einflusse, ob dessen Dicke 5, 10, 15 oder 20 Millimeter beträgt. Erst bei ganz starken Kesselblechen, etwa von 25 Millimeter Dicke an, die nur bei großen und für hohen Dampfdruck bestimmten Kesseln nötig sind, könnte man vielleicht von einem Wärmeverlust infolge der erheblichen Blechdicke sprechen. Ein besserer Wärmeleiter als das Eisen ist Kupfer, doch ist es infolge seines hohen Preises und seiner geringen Festigkeit, die außerdem bei höheren Temperaturen sehr abnimmt, nur in beschränktem Maße als Kesselblech verwendbar.

Bei Dampfrohrleitungen ist nun die Eigenschaft des Eisens, die Wärme schnell zu leiten, nicht von Nutzen. Ein gußeisernes Dampfleitungsrohr von 100 Millimeter lichtigem Durchmesser, 10 Millimeter Wanddicke und 20 Meter Länge strahlt, wenn die Temperatur des Dampfes 130 Grad, die Temperatur des Werkstättenraumes 20 Grad Celsius beträgt, in einer Stunde 4024 Wärmeeinheiten aus, das ist dieselbe Wärmemenge, die sich etwa aus 1 Kilogramm Steinkohle von mittlerem Heizwerte nutzbar machen läßt. Liegt das Dampfrohr im Freien, so ist der Wärmeverlust noch größer. Man umwickelt deshalb die Rohrleitungen mit einem schlechten Wärmeleiter. Solche Isoliermittel sind, wie auch aus der obigen Tabelle hervorgeht, Kiesel-erde, Kork, Seidenzöpfe usw. Die Art des jeweilig zu verwendenden Isoliermittels richtet sich nach der Temperatur des Dampfes. Bei Rohrleitungen mit hocherhitztem Dampfe von etwa 300 Grad Celsius darf man z. B. etwaige Schutzkästen gegen Kälte und Regen nicht mit Holzabfällen ausfüllen, da die Temperatur des Dampfes in diesem Falle gleich der Entzündungstemperatur des Holzes ist, und Brände entstehen können.

Ungünstiger als das Eisen beeinflusst der Ruß den Durchgang der Wärme von den Heizgasen nach dem Kesselwasser. Gleich beim ersten Anheizen des Kessels setzt sich in den Feuerzügen eine Rußschicht auf den Kohlenblechen fest. Da der Ruß schwer brennbar ist, bleibt er während des Kesselbetriebes haften, und nur im Feuerraume direkt über dem Roß kann er sich infolge der hohen Temperatur nicht halten und verbrennt. Von den übrigen Kesselwandungen kann man den Ruß natürlich nur gelegentlich der Kesselreinigung entfernen. Bei den aus vielen engen Rohren zusammengesetzten Speisewasservorwärmern in dem Essenzuge — den sogenannten Economisern — beseitigt man, um eine höhere Erhitzung des Speisewassers im Vorwärmer zu erreichen, den Ruß durch mechanisch angetriebene auf- und abwärtsgehende Rußtrager. Die Dampfüberhitzer und Heizrohre der Rauchrohrkessel,

bei denen die blankfe, rußfreie Oberfläche von großem Einflusse auf ihre Wirkungsweise ist, muß der Heizer mit dem Dampfstrahlapparat oder mit der Drahtbürste wöchentlich wenigstens zweimal die anhaftende Rußschicht entfernen.

Noch mehr als durch Ruß wird aber der Wärmedurchgang durch den Kesselstein erschwert. Der Kesselstein ist ein ganz schlechter Wärmeleiter. Er verursacht infolgedessen nicht nur einen hohen Kohlenverbrauch, sondern es können unter den dicken Kesselsteinkrusten auch die Bleche überhitzt und beschädigt werden. Es ist daher für den Dampfesselbetrieb sehr wichtig, ob das Kesselspeisewasser viel oder wenig Kesselstein absetzt.

**Die Entstehung des Kesselsteins.** Das Wasser macht in der Natur einen beständigen Kreislauf. Das an der Oberfläche der Erde befindliche Wasser verdunstet teilweise unter dem Einflusse der Sonnenwärme; das hochgezogene Wasser wird in höheren Luftschichten abgekühlt und bildet hier die Wolken, aus denen es als Regen wieder zur Erde niederfällt und in das Erdreich eindringt. Das Regenwasser ist sehr reines Wasser. Es nimmt aber aus der Luft und der mit Pflanzenresten durchsetzten Erdoberfläche Kohlenäure auf. Dieser Kohlenäuregehalt befähigt das Wasser, gewisse Steinarten, und zwar den kohlenfauren Kalk und die kohlenfaure Magnesia, in sich aufzulösen. Es enthält dann doppeltkohlenfauren Kalk und doppeltkohlenfaure Magnesia. Erhitzt man ein solches Wasser, so scheidet die anfängliche Kohlenäure wieder in Gasform aus; die Fähigkeit des Wassers, den kohlenfauren Kalk und die kohlenfaure Magnesia in Lösung zu behalten, geht verloren, und diese Bestandteile setzen sich an den Kesselwänden als Kesselstein fest.

**Die Härte des Wassers.** Dieselbe Wirkung wie das Kesselfeuer übt auch, allerdings in viel langsamerem Maße, die Sonnenwärme auf das Wasser in den Flüssen und Bächen aus. Daher kommt es, daß das Flußwasser weich ist und in den meisten Fällen weniger Kesselstein ansetzt als Grundwasser aus Brunnen usw. Wasser mit viel gelösten Bestandteilen nennt man hartes Wasser mit wenig derartigen Bestandteilen nennt man weiches Wasser. Enthalten 100 Liter Wasser 1 Gramm an Kalk, so sagt man, das Wasser hat einen Härtegrad. Da 1 Gramm Kalk zum Ausscheiden dieselbe Menge Seife braucht wie 0,7 Gramm Magnesia, so würde ein anderes Wasser, welches in 100 Liter Wasser 0,7 Gramm Magnesia enthält, gleichfalls einen Härtegrad haben. Während Wasser, in dem Kalk oder kohlenfaure Magnesia enthalten ist, durch Kochen weich wird, ist dies bei gipshaltigem Wasser nicht der Fall. Gips bleibt auch in kochendem Wasser in Lösung, und es scheidet nur der Gipsgehalt aus, der über 2,7 Gramm ist

100 Litern Wasser hinausgeht. Man nennt deshalb die durch Gips hervorgerufene Härte des Wassers auch bleibende oder permanente Härte.

**Verschiedene Verfahren zur Kesselsteinverhütung.** Da der Kesselstein Wärmeverluste verursacht und sich bei manchen Kesselarten, z. B. bei den Heizrohrkesseln und bei den Wasserrohrkesseln, durch Ausklopfen von Hand nicht beseitigen läßt, wendet man verschiedene Verfahren zu seiner Verhütung an. Man versucht, ihn als Schlamm im Kessel niederzuschlagen, oder man reinigt das Kesselwasser vor dem Eintritt in den Dampfkessel, so daß es beim Verdampfen überhaupt keinen oder doch nur sehr wenig Kesselstein absetzt. Nachstehend seien einige dieser Verfahren besprochen.

Bringt man in das Kesselwasser **B i m s s t e i n**, der so fein gemahlen sein muß, daß er im Wasser schwimmt, so setzen sich die aus dem Kesselwasser auscheidenden Kesselsteinkristalle im Augenblicke ihrer Entstehung an den schwimmenden Bimsstein, an und die Kesselwände bleiben frei vom festem Kesselsteinansatz. Es bildet sich dann im Kessel mit der Zeit ein loser, pulveriger Schlamm, der sich durch Ausspülen des Kessels mit Wasser beseitigen läßt. Nach einem patentierten Verfahren soll der Zusatz an Bimsstein zu dem Kesselwasser etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Kilogramm für je einen Quadratmeter Heizfläche betragen. Dieses Verfahren ist jedoch vom praktischen Standpunkte aus wegen der erheblichen Verunreinigung des Kesselwassers nicht zu empfehlen.

Alle stärkehaltigen Stoffe wie Mehl, Kartoffelpräparate sowie alle Gerbstoff enthaltenden Mittel verhindern, wenn sie dem Kesselwasser beigemischt werden, daß sich die Kesselsteinbildner in Kristallform niederschlagen und feste Krusten bilden. Als solche gerbstoffhaltigen Mittel kommen hauptsächlich Fichten-, Eichen- und Kastanienrinde in Betracht, die man auskocht. Die ausgekochte Flüssigkeit wird noch mit Chemikalien (Ammoniaklösung oder kohlensaures Ammonium) vermischt und dann in bestimmten Mengen dem Kesselwasser hinzugegeben. Eine Wirkung ist diesen Mitteln insofern nicht abzuspreehen, als sich der Kesselstein unter ihrem Einflusse gleichfalls als Schlamm absetzt; doch verursachen sie eine so erhebliche Verunreinigung des Kesselwassers, daß von ihrer Verwendung nur abzuraten ist.

Ein anderes Verfahren zur Kesselsteinverhütung beruht auf der Anwendung einer petroleumhaltigen Flüssigkeit, in der das **P e t r o l e u m** in sehr feinen Tropfen verteilt ist (eine sogenannte Emulsion). Dieses Mittel ist für den Kessel und die Armatur vollkommen unschädlich. Seine Wirkung besteht darin, daß es eine Vereinigung und Kristallisation der Kesselsteinbildner im Augenblicke ihres Auscheidens aus dem Wasser verhindert und

deren Abcheidung als Schlamm bewirkt. Schon vorhandener alter Kesselstein wird durch dieses Mittel mürbe und bröcklig gemacht und kann beim späteren Ausklopfen des Kessels leicht entfernt werden.

Die beste, sicherste und billigste Enthärtung des Kesselspeisewassers erreicht man jedoch durch Zusatz von Soda und gelöschtem Kalk. Soda und Kalk wandeln die im Wasser gelösten Kesselsteinbildner in unlösliche Stoffe um, die sich nicht als fester Kesselstein, sondern als Schlamm auf dem Kesselboden niedersetzen. Diese Umwandlung geht sehr schnell vonstatten, wenn das Kesselspeisewasser heiß ist. Die Soda und der Kalk werden in Wasser gelöst und gleichzeitig mit dem Kesselspeisewasser in den Kesseln gespeist. Bei dieser Methode behält man den ganzen Schlamm im Kessel, und letzterer muß öfters ausgeblasen werden. Um dies zu vermeiden, reinigt man das Wasser, bevor es in den Kessel gelangt. Das Wasser muß dann in einem Vorwärmer erhitzt werden und nach dem Zusatz der Soda- und Kalklösung durch ein Filter (Sandfilter, Rostfilter, Leinwandfilter) laufen, in welchem der Schlamm zurückgehalten wird. Man erhält dann im Kessel ein vollständig reines, Kesselsteinfreies Wasser. Zur gründlichen Ausschcheidung des Kesselsteins durch Soda und Kalk sind auch in heißem Wasser jedoch etwa 2 bis 3 Stunden Zeit erforderlich. Filtriert man das Wasser schneller, so ist eine nachträgliche Schlammausfällung aus dem Speisewasser im Kessel unausbleiblich. Will man auch diese, an sich meist unbedenkliche Schlamm- bildung im Kessel vermeiden, so muß ein genügend großer Wasserbehälter vorhanden sein, in welchem dem heißen Speisewasser die Soda und der Kalk zugesetzt werden. Verdampft im Kessel z. B. in 2 bis 3 Stunden 4 Kubikmeter Wasser, so müßte der erforderliche Wasserbehälter denselben Inhalt haben. Damit nun nicht zu große Behälter erforderlich werden, suchen einige Firmen die schnellere Ausschcheidung des Kesselsteins durch innige Vermischung des Speisewassers mit dem Soda- und Kaltwasser zu erreichen. Zu diesem Zwecke verwenden sie hohe, senkrecht aufgestellte Gefäße von zylindrischer Form mit mehreren im Innern übereinander liegenden Brettellern, gegen welche das mit dem Soda- und Kalkzusatz versehene Kesselspeisewasser bei seinem Laufe nach dem Kessel stößt. Eine völlige Enthärtung des Speisewassers ist nur durch einen sehr reichlichen Soda- und Kalkzusatz möglich. Man gibt aber nicht zu viel von diesen beiden Stoffen zu und begnügt sich dafür damit, die Härte des Kesselwassers auf etwa 3 bis 4 Grad zu vermindern.

Untenstehende Fig. 46 stellt einen Wasserreinigungsapparat der Firma Meifert, Köln-Braunsfeld, dar. Das Kesselspeisewasser tritt durch das Rohr H in den Behälter R ein und fließt von diesem nach dem Behälter D,

wo es mit Kalk- und Sodawasser vermischt und der Kesselstein als Schlamm ausgeschieden wird. Hierauf strömt das Wasser durch das Gefäß M mit dem Kiesfilter F, der den vom Wasser mitgeführten Schlamm zurückbehält. Durch das Rohr T strömt dann das Wasser nach der Speisevorrichtung. Das Filter ist je nach der Menge des abgesetzten Schlammes täglich ein-

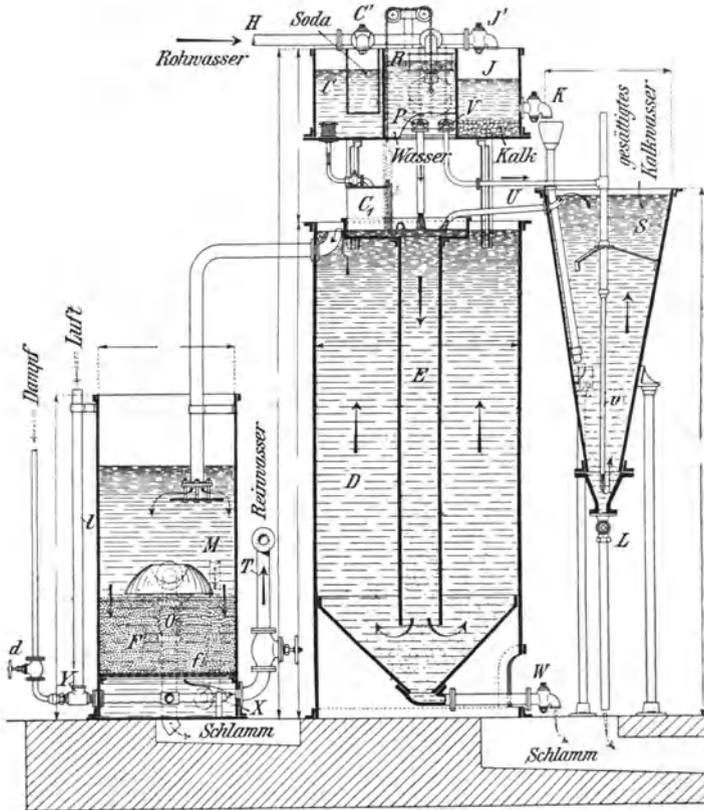


Fig. 46.

bis zweimal zu reinigen, indem man den Schlammhahn O öffnet und die Hähne so umstellt, daß das Wasser nicht in den Behälter R, sondern unter das Filter fließt. Hierauf setzt man durch Öffnen des Dampfventiles d die Luftdrüse y in Tätigkeit, so daß das Filtermaterial gründlich aufgewühlt und der Schlamm durch den geöffneten Hahn O fortgeschwemmt wird. Nach

2 bis 3 Minuten stellt man die Luftdüse y wieder ab und läßt das Wasser so lange nachströmen, bis es aus dem Hahn O in reinem Zustande abfließt. Alsdann kann der Apparat wieder regelrecht in Gebrauch genommen werden.

Soda und Kalk werden in den Behältern C und I aufgelöst. Das Kalkwasser wird zunächst in den unteren Teil des Kalkfättigers S geleitet. Dadurch, daß letzterer nach oben zu beträchtlich weiter wird, verlangsamt sich beim Aufwärtsströmen die Bewegung des Wassers, und es fallen infolgedessen die vom Wasser mitgerissenen Kalkteile nach unten, wo sie durch das eintretende Kalkwasser immer wieder aufgewirbelt werden, bis sie völlig aufgelöst sind. Der Hahn L dient zum zeitweiligen Ablassen des Schlammes aus dem Kalkfättiger. Im Behälter R befindet sich ein Schwimmer, durch den die Zufußmengen des Soda- und Kalkwassers genau nach der Menge des durch das Rohr H zufließenden Wassers geregelt werden. Wird die Speisepumpe abgestellt, so hört der Wasserzufluß durch das Rohr H auf und es werden zugleich und selbsttätig die Zuflüsse des Soda- und des Kalkwassers abgestellt. Welche Kalk- und Sodamengen zugesetzt werden müssen, richtet sich nach der Härte des Wassers und nach der chemischen Zusammensetzung des Kesselsteins. Sie müssen in einem chemischen Laboratorium festgesetzt werden. Der Kesselwärter erhält dann eine Anleitung, wie er die Wasserreinigung täglich zu kontrollieren und nötigenfalls mehr oder weniger Soda und Kalk zuzusetzen hat. Langandauernde Trockenheit oder heftige Regengüsse haben natürlich zur Folge, daß die Härte eines jeden Wassers schwankt.

**Enthärtung von Wasser nach dem Permutit-Verfahren.** In neuerer Zeit ist die Wasserenthärtung nach dem Natriumpermutitverfahren auf den Markt gekommen. Dasselbe ist weniger abhängig von der Temperatur des Wassers als das Soda-Kalkverfahren und enthärtet das Wasser auch in der Kälte bis auf wenige Härtegrade. Das Natriumpermutit wird durch Zusammenschmelzen bestimmter Mengen von Feldspat, Kaolin, Ton und Soda hergestellt, hierauf mit heißem Wasser ausgelaugt und durch Waschen und Schleudern noch weiter von alkalischen Endlaugen befreit. In feuchtem Zustande ist es ein körniges oder auch blättriges Material von perlmuttartigem Aussehen. Die Enthärtung erfolgt durch einfache Filtration des Speisewassers über das Natriumpermutit. Letzteres wird zu diesem Zweck in ein geschlossenes Gefäß gefüllt, welches in die Speiseleitung eingeschaltet wird, so daß das Speisewasser beim Anstellen der Pumpe durch das Permutitfilter hindurchfließt. Das Natriumpermutit ist in Wasser vollständig unlöslich und vereinigt sich nur mit den darin befindlichen Kesselsteinbildnern. Hat es eine gewisse Menge davon aufgenommen, so wird es unwirksam und

muß regeneriert, d. h. wieder wirkungsfähig gemacht werden. Dies geschieht, indem man das Permutitfilter mit einer dünnen Kochsalzlösung ausspült, wodurch die ausgefangenen Kesselsteinbildner wieder gelöst sowie fortgeschwemmt werden und das Natriumpermutit wieder seine alte Kraft erhält. Das Ausspülen des Filters mit Kochsalzlösung erfolgt am besten bei Nacht und verläuft automatisch und ohne besondere Aufsicht. Das Permutit ist unbegrenzt haltbar; nur bei dem Ausspülen geht ein geringer Teil des Permutits verloren, der jährlich etwa 5 % der gesamten Permutitmenge ausmacht. Im allgemeinen gilt von dem Permutitverfahren, daß das Wasser umso besser enthärtet wird, je langsamer es durch das Permutitfilter fließt, und je feiner die Korngröße des Permutits ist. Der Name Permutit heißt eigentlich Tauschmittel und stammt von permutieren, d. h. umtauschen, verwechseln, umstellen (die Kesselsteinbildner werden vom Speisewasser, dem Natriumpermutit und der Kochsalzlösung umgetauscht). Die praktische Erfahrung muß noch zeigen, wie sich das Permutitverfahren im Kesselbetriebe bewährt.

Zur **Bestimmung der Härtegrade eines Wassers** sind (in Apotheken) eine ganz bestimmte alkoholische Lösung von Marseiller Seife und in Grade eingeteilte Meßgläser käuflich. Aus dem Meßglase setzt man dem zu untersuchenden Kesselwasser so lange Seife zu, bis sich beim Umschütteln ein feinblasiger Schaum bildet. Muß man in 100 Kubikzentimetern Wasser 5 Grad Seifenlösung aus dem Meßglase bis zur Schaumbildung zugießen, so hat das Wasser 5 Härtegrade. Es sei noch bemerkt, daß die Soda und der Kalk dem Kesselblech nicht schaden und, wenn sie nicht im Übermaß zugesetzt werden, auch die Armaturen nicht angreifen.

**Die Gefährlichkeit des ölhaltigen Speisewassers.** Häufig wird wegen seiner hohen Temperatur auch das Kondensationswasser aus der Dampfmaschine zum Kesselspeisen verwendet. Hiermit wird zweifellos eine Kohlenersparnis erzielt; doch muß das Wasser vorher sorgfältig vom Ölgehalt befreit werden. Öle, Fette, Talg sind dem Kessel schädlich und höchst gefährlich. Sie zersetzen sich im Kessel teilweise zu Ölsäure, welche die Bleche zerfrisst, oder sie verdicken zu einer schwärzlichen Kruste, die außerordentlich hart und für Wasser völlig undurchdringlich ist. Die Folge ist schließlich, daß die Bleche unter der Kruste erglühen und ausbeulen.

**Die Entölung des Speisewassers.** Die Abwässer aus den Ausblasehähnen der Dampfmaschinenzylinder, die besonders viel Schmieröl enthalten, dürfen überhaupt nicht als Kesselspeisewasser benutzt werden. Zum Entölen des Kondensationswassers aus der Dampfmaschine kann der nebenstehend skizzierte Behälter (Fig. 47) mit Quерwänden benutzt werden,

der im letzten Abteil einen herausnehmbaren Filtereinsatz von 250 bis 300 Millimeter Höhe enthält. Als Filtermaterial eignen sich vorzüglich Sägespäne, doch können auch gebrochener Koks oder Holzwolle verwendet werden. Das Filtermaterial ist zeitweilig zu erneuern. Geht die Speise-

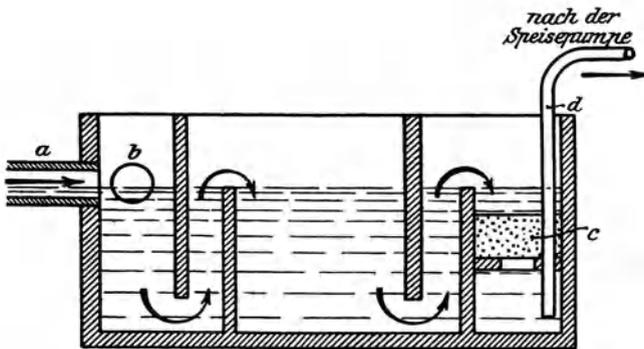


Fig. 47. Das Überlaufrohr b kann auch wegfallen <sup>1)</sup>.

pumpe, so durchströmt das Wasser den Behälter in der Richtung der eingezeichneten Pfeile. Wird die Pumpe ausgesetzt, so fließt das bei a eintretende Wasser durch das Überlaufrohr b aus dem Behälter wieder ab.

**Die Dampftöler.** Seit etwa 12 bis 15 Jahren begnügt man sich nicht mehr mit der Dabscheidung aus dem Kondensationswasser, sondern man entölt den Abdampf der Dampfmaschine, sobald er den Dampfzylinder verlassen hat, mögen es nun Auspuff- oder Kondensationsdampfmaschinen sein. Diese Dampftöler haben eine weite Verbreitung gefunden und sind für große Dampfanlagen nahezu unerlässlich. Man erzielt mit diesen Apparaten ein ziemlich ölfreies, zur Kesselspeisung verwendbares Kondenswasser und eine Ersparnis bis zu 90 Prozent des verbrauchten Oles. Geringe Ölmengen wird allerdings auch der durch einen Dampftöler hindurchgegangene Dampf enthalten. Nach den Versuchsergebnissen des Bayerischen Dampfkessel-Überwachungsvereins enthält bei gut wirkenden Entölarparaten das aus dem entölten Dampf durch Abkühlung niedergeschlagene Wasser auf 1 Kubikmeter nur 10 bis 15 Gramm Öl. Dieser Ölgehalt ist so gering, daß er keinen Nachteil für die Kesselspeisung ausüben kann; ist er größer, so ist das Wasser vor dem Einspeisen in den Kessel nochmals durch ein Filter zu leiten (siehe Fig. 47). Der Stoßkraftentöler der A.-G. Seiffert

<sup>1)</sup> Nach Angaben des Sächsischen Dampfkessel-Revisions-Vereines Chemnitz.

Co., Berlin (Fig. 48, 49), ist ein weites, zylindrisches, mit einem aufgeschraubten Deckel verschlossenes Gefäß, in welchem eine große Anzahl von Winkel- oder U-Eisenschienen untergebracht ist. Seine Wirkung beruht darauf, daß der in der Pfeilrichtung hindurchströmende Dampf einen scharfen Richtungswechsel erfährt und durch die Eisenstäbe in viele Einzelstrahlen zerlegt wird, so daß die im Dampfe enthaltenen feinen Öltropfen an den Eisenschienen abgestoßen werden. Das Öl läuft an den Winkelschienen herunter und tropft auf den Gefäßboden, von wo aus es durch ein

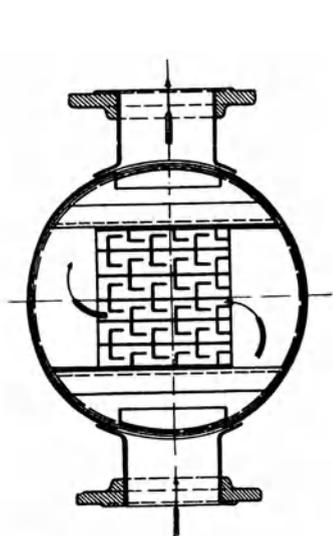


Fig. 48.

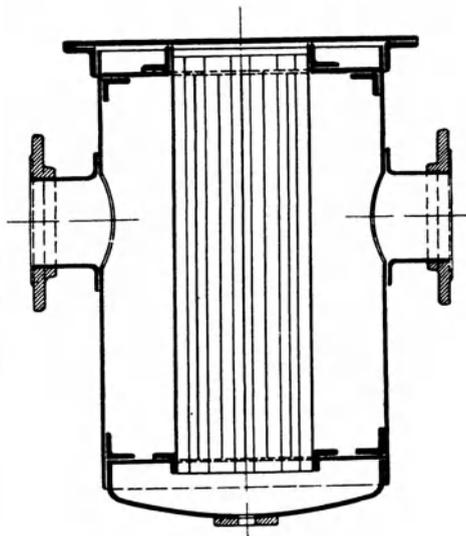


Fig. 49.

Rohr nach einem Ölkärfäß abgeleitet wird. Hier trennt es sich vom mitgerissenen Wasser und etwaigen Verunreinigungen.

Fig. 50 zeigt einen sogenannten Schleuderentöler der Firma Scheibe Söhne, Leipzig. Derselbe besteht aus einem gußeisernen Gehäuse, welches der Dampf in der Richtung des eingezeichneten Pfeiles durchströmt. Er setzt hierbei eine im Innern des Gefäßes befindliche Zentrifuge in Bewegung, durch welche die im Dampfe enthaltenen Öltropfen gegen eine schnell rotierende Trommel geschleudert werden. Da sich die Trommel nach unten konisch erweitert, gleitet das Öl nach dem unteren Trommelrand zu, wo es durch Löcher (siehe die kleinen Pfeile in der Abbildung) gegen die Innenwand des Apparatgehäuses gesprüht wird. Das auf dem Apparat-

boden sich ansammelnde Öl und Wasser werden durch eine Rohrleitung nach einem Separationskasten geleitet, in welchem Öl und Wasser durch Stillstehen selbsttätig voneinander getrennt werden.

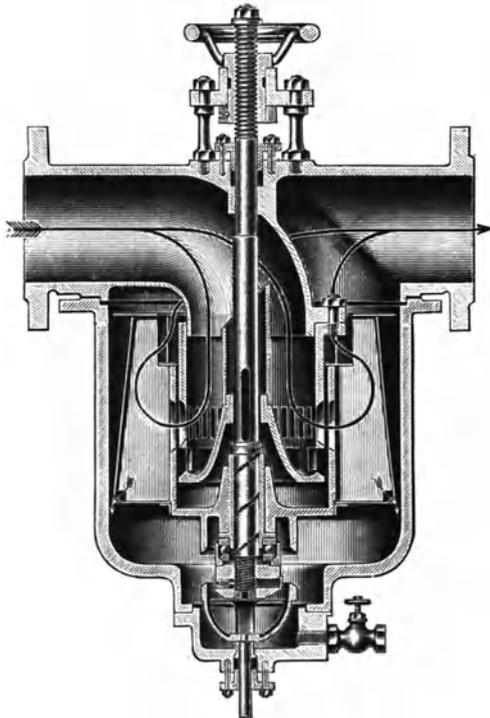


Fig. 50.

Das Wasser läßt man aus dem Separationskasten ununterbrochen nach der Schleuse ablaufen. Das Öl sammelt sich auf dem Wasserpiegel an, wird zeitweilig abgeschöpft und kann nach einer nochmaligen Filtration wieder verwendet werden.

Ist der Dampfentöler zwischen den Dampfzylindern und die Kondensationsanlage einer Dampfmaschine eingebaut, so muß das Ölwasser mittels einer Pumpe abgesaugt werden, da eine offene Rohrleitung das Vakuum in der Kondensation stören würde.

Die Dampfentölungsapparate sind zeitweilig zu öffnen und nötigenfalls etwaige darin angefestete Schmutzteile zu entfernen, da diese den Abfluß des ausgeschiedenen Öles erschweren und letzteres (allerdings nur bei

manchen Arten) wieder vom Dampf mit fortgerissen wird, so daß der Entöler in solchem Falle überhaupt schlecht arbeiten würde.

Es sei noch besonders bemerkt, daß nur das aus dem entölteten Dampfe (in Kochgefäßen, Heizrohren usw.) sich niederschlagende Wasser als Kesselspeisewasser verwendbar ist, nicht aber das aus dem Labscheider ablaufende Wasser, da dieses zu viel Öl enthält.

**Das Ausklopfen des Kessels.** Damit sich der Kesselstein beim Ausklopfen leicht ablöst, streicht man den Kessel vor der Inbetriebnahme innen mit einem Anstrich aus, der aus 1 Kilogramm Graphit, 2 Kilogramm Milch und 20 Gramm Karbolsäure besteht. Der Graphitanstrich verhindert das Festbrennen des Kesselsteins, so daß letzterer beim Klopfen mit dem Hammer leicht abblättert. Nach dem Anstreichen ist mit dem Füllen des Kessels mit Wasser zu warten, bis der Anstrich eingetrocknet ist. Nicht zu empfehlen ist das Ausstreichen des heißen Kessels mit Teer, da diese Anstriche giftige und entzündliche Gase entwickeln und schon schwere Unfälle der dabei beschäftigten Arbeiter verursacht haben.

Bevor mit dem Ausklopfen des Kesselsteins begonnen wird, ist der Kessel gründlich abzukühlen. Das Füllen und Abkühlen des heißen Kessels mit kaltem Wasser bewirkt zwar ein Abfallen und Abblättern des Kesselsteins, es schreckt aber auch die Kesselbleche so schnell ab, daß die Rietnähte häufig undicht werden.

Die Schneide der Klopfhämmer darf nicht zu schlank, sondern muß eher kolbig sein, damit die Bleche nicht durch scharfe Hammerhiebe beschädigt werden. Wenn die Kesselsteinkruste dünn ist, darf mit den Klopfhämmern nicht heftig zugeschlagen werden. Hiebfurchen dürfen beim Kesseln klopfen keinesfalls in den Blechen entstehen, da die Kesselbleche an derartigen beschädigten Stellen schon wiederholt aufgerissen sind. Der Kesselstein ist möglichst überall und auch an den Rietköpfen abzuklopfen. An den schwierig zugänglichen Stellen ist er mit passend geformten Meißeln loszuschlagen.

**Entlüftung des Kessels bei der Reinigung.** Während der Reinigung ist der Kessel zu entlüften. Man kann hierzu einen kleinen elektrisch betriebenen Exhaustor benutzen, der bei Flammrohrkesseln vor das untere Mannloch gestellt wird und die schlechte Luft aus dem Kessel heraussaugt. Vielfach wird aber auch ein Rohr von etwa 150 Millimeter lichter Weite verwendet, das durch das obere Mannloch in den Kessel hineintragt und mit dem anderen Ende in den Essenfuchs mündet, so daß die Entlüftung durch den Schornsteinzug bewerkstelligt wird. In Betrieben, wo Preßluft zur Verfügung steht, z. B. in Brauereien, Kesselschmieden usw., genügt es auch, die Luft im Kessel durch Einblasen von Druckluft zu verbessern.

## VIII. Die Verdampfung des Wassers.

Die Umwandlung des Wassers in gespannten Dampf ist der Zweck des Dampfkessels. Das Wasser kommt in drei verschiedenen Formen oder Aggregatzuständen vor, als Eis, Wasser und Dampf. In diese drei Aggregatzustände, also in die feste, flüssige und gasige Form, können alle Stoffe entweder durch Abkühlung oder durch Erwärmung und zum Teil unter Anwendung von Druck übergeführt werden. Quecksilber z. B. ist gleich dem Wasser bei gewöhnlicher Temperatur flüssig; während aber Wasser schon bei null Grad zu Eis erstarrt, also von dem flüssigen in den festen Aggregatzustand übergeht, wird Quecksilber erst bei 40 Grad Kälte fest; auch verwandelt es sich, normalen Luftdruck vorausgesetzt, erst bei 360 Grad Wärme in Quecksilberdampf, während das Wasser unter gleichem Luftdruck schon bei 100 Grad Celsius siedet. Bei gewöhnlicher Temperatur verdunstet das Quecksilber, wenn auch in geringerem Maße als Wasser und andere Flüssigkeiten, z. B. Benzin, Spiritus usw.

**Die Schmelzwärme des Eises.** Erwärmt man Eis oder Schnee in einem offenen Gefäße, so beginnt das Eis- und Schneegemisch zu schmelzen. Ein im Schmelzwasser befindliches Thermometer bleibt so lange auf dem Nullpunkt stehen und beginnt erst dann zu steigen, wenn sämtliches Eis und sämtlicher Schnee zu Wasser geworden sind. Die zugeführte Wärme ist in diesem Falle nicht zu einer Temperaturerhöhung des Gefäßinhaltes, sondern zur Umwandlung des Eises und Schnees aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand aufgebraucht werden.

Man nennt nun die Wärmemenge, die nötig ist, um 1 Kilogramm Eis von null Grad in Wasser von null Grad umzuwandeln, die Schmelzwärme des Eises. Sie beträgt 80 Wärmeeinheiten (Kalorien).

**Die Flüssigkeitswärme des Wassers.** Erwärmt man das Wasser, nachdem sämtliches Eis geschmolzen ist, weiter, so steigt die Temperatur. Die Steigerung der Temperatur hört aber auf, sobald das Thermometer auf 100 Grad Celsius zeigt. Bei dieser Temperatur bleibt das Thermometer stehen, unbekümmert um das Feuer, das unter dem Gefäße fortbrennt. Alle Wärme dient von diesem Augenblicke dazu, das siedende Wasser in Dampf zu verwandeln. Bei normalem Luftdruck liegt die Siedetemperatur des Wassers bei 100 Grad Celsius. Steht das siedende Wasser unter einem höheren Drucke, wie dies im Dampfkessel der Fall ist, so liegt der Siedepunkt über 100 Grad Celsius. Wenn man z. B. einen Dampfkessel bedient, der mit 6 Atm. Druck arbeitet, so geht das Wasser in diesem Kessel nicht etwa bei 100 Grad Celsius, sondern erst bei 157 Grad in Dampfform über. Bei

10 Atm. liegt der Siedepunkt bei 178 Grad, bei 12 Atm. bei 186 Grad Celsius (siehe Spalte 3 der Tabelle auf Seite 88). Umgekehrt liegt der Siedepunkt des Wassers unter 100 Grad Celsius, wenn der darauf lastende Druck weniger als eine Atmosphäre beträgt. Auf hohen Bergen ist z. B. der Luftdruck bedeutend niedriger als im Tale, und es siedet daher auch das Wasser auf dem Berge nicht erst bei 100 Grad, sondern schon bei etwa 97 Grad Celsius, je nach der Höhe des Berges. Noch tiefer liegt der Siedepunkt des Wassers, wenn man es unter einem Vakuum (Luftleere) verdampft. Zum Beispiel erreicht man in den Milchcondensieranstalten dadurch, daß man den Wasserdampf über der einzukochenden Milch mit einer Luftpumpe absaugt, in dem Kochgefäß also eine Luftleere oder eine beträchtliche Luftverdünnung erzeugt, daß das Wasser in der Milch bereits bei 60 Grad Celsius siedet und in Form von Dampf aus der Milch ausscheidet.

Die Wärmemenge, die man braucht, um 1 Kilogramm Wasser von null Grad auf den Siedepunkt zu erhitzen, ist demnach sehr verschieden groß und hängt von dem Drucke ab, unter dem das Wasser bei der Verdampfung steht. Man nennt sie die Flüssigkeitswärme des Wassers (Spalte 4 der Tabelle auf Seite 88).

Dieser Satz gilt natürlich auch für andere Flüssigkeiten als Wasser. Für den Dampfesselbetrieb bemerkenswert ist seine Anwendung auf Quecksilber. Quecksilber siedet unter normalem Luftdruck bei 360 Grad Celsius, im luftleeren Raum schon eher. Höhere Temperaturen, etwa Heizgase von 450 Grad Celsius, kann man daher mit einem gewöhnlichen Quecksilberthermometer nicht mehr messen. Auch werden in der Nähe des Siedepunktes die Angaben unsicher. Man hat daher für Temperaturen bis 500 Grad Celsius Thermometer aus sehr schwer schmelzbarem Glase hergestellt, deren Röhre über dem Quecksilberfaden mit Stickstoff oder mit Kohlenäure von etwa 20 Atmosphären Druck gefüllt ist. Infolge dieses Druckes steigt die Siedetemperatur des Quecksilbers so hoch, daß auch noch Temperaturen über 360 Grad Celsius sicher gemessen werden können. Man darf jedoch derartige Thermometer nicht zu lange diesen hohen Temperaturen aussetzen, da selbst schwer schmelzbares Quarzglas doch etwas aufweicht und infolge des Stickstoff- oder Kohlenäuredruckes ausgedehnt wird, so daß die Instrumente bei einer nicht sorgsamten Behandlung mit der Zeit immer unrichtigere Angaben liefern.

Das Wasser verwandelt sich, nachdem es den Siedepunkt erreicht hat, nicht nur an der Oberfläche, sondern auch im Innern in Dampf. Sobald der ganze Wasserinhalt mit Dampf durchsetzt ist, hebt sich der Wasserspiegel, was man beim Anheizen jedes Dampfessels beobachten kann, während um-

gekehrt nach dem Verlöschen des Feuers, wenn die Dampftwicklung verlangsamt oder aufhört, auch der Wasserspiegel wieder sinkt. Das Heben des Wasserspiegels ist allerdings auch auf die Ausdehnung des Wassers beim Erwärmen zurückzuführen. 1000 Liter Wasser von 4 Grad Celsius nehmen bei der Erwärmung auf 25 Grad 1002 Liter und bei 100 Grad 1042 Liter Raum ein.

**Die Verdampfungswärme des Wassers.** Die Wärmemenge, die man braucht, um siedendes Wasser in Dampf von derselben Temperatur zu ver-

Tabelle über die Eigenschaften des gesättigten Dampfes.

Überdruck in Atmo- sphären	Absolute Spannung in Atmo- sphären	Temperatur in Grad Celsius	Flüssigkeits- wärme in Wärme- einheiten	Ver- dampfungswärme in Wärme- einheiten (Kalorien)	Wieviel 1 kg Dampf Raum ein- nimmt in Kubikmeter	Wieviel Kilogramm ein Kubik- meter Dampf wiegt
—	0,1	45,58	45,7	574,7	14,9	0,06
—	0,5	80,90	81,2	550	3,3	0,31
0	1,0	100	100,5	537,5	1,7	0,59
0,5	1,5	110,8	111,4	528,9	1,2	0,86
1	2,0	119,6	120,4	522,6	0,89	1,12
1,5	2,5	126,7	127,7	517,5	0,72	1,39
2	3	132,8	133,9	513,2	0,61	1,65
2,5	3,5	138,1	139,3	509,5	0,52	1,9
3	4	142,8	144,1	505,9	0,46	2,16
4	5	151	152,5	500,1	0,38	2,66
5	9	158	159,6	495	0,32	3,16
6	7	164	165,9	490,7	0,27	3,65
7	8	169,5	171,5	486,7	0,24	4,14
8	9	174,4	176,6	483,1	0,22	4,62
9	10	179	181,2	479,8	0,20	5,11
10	11	183	185,6	476,8	0,18	5,58
11	12	187	189,6	473,9	0,16	6,06
12	13	191	193,4	471,3	0,15	6,53
13	14	194	196,9	468,7	0,14	7,00
14	15	197	200,3	466,3	0,13	7,47

wandeln, nennt man die Verdampfungswärme des Wassers. Will man z. B. 1 Liter (= 1 Kilogramm) Wasser von 100° Celsius in Dampf von derselben Temperatur verwandeln, so muß man dieser Wassermenge 537 Wärmeinheiten zuführen. Will man Dampf von 6 Atm. Druck erzeugen, so siedet das Wasser erst bei 157° Celsius (obige Tabelle Spalte 3), und es sind zur Verdampfung des 157° warmen Wassers nur 494 Wärmeinheiten nötig, d. h. die Verdampfungswärme des Wassers beträgt bei 6 Atm. Druck 494 Wärmeinheiten.

Man hat ganz eingehende Versuche angestellt und die Flüssigkeitswärme und die Verdampfungswärme des Wassers für die verschiedenen Dampfdrucke genau festgestellt. Man benutzt die Werte, um bei Verdampfungsversuchen auszurechnen, wieviel Wärme aus der Kohle nutzbar gemacht worden ist, ferner wie groß der Nutzen von Speisewasservorwärmern und von Dampfüberhitzern ist usw. Die Tabelle Seite 88 zeigt diese Werte an.

**B e i s p i e l:** Hat das Kesselspeisewasser eine Temperatur von  $20^{\circ}\text{C}$ ., und beträgt die Dampfspannung im Kessel 7 Atm. Überdruck, so sind zur Verdampfung von 1 Kilogramm Wasser erforderlich: zur Erwärmung des  $20^{\circ}$  warmen Speisewassers auf seinen Siedepunkt  $171,49 - 20 = 151,49$  Wärmeeinheiten. Man muß nämlich in diesem Falle in der Tabelle die Zahlen in Spalte 4 hinter 8 Atm. nachsehen, da die absolute Dampfspannung 8 Atm. beträgt (1 Atm. für die äußere Spannung und 7 Atm. als Überdruck). Zur Verdampfung von 1 Kilogramm Wasser sind bei einem Drucke von 8 Atmosphären 486,7 Wärmeeinheiten nötig (Spalte 5 der Tabelle). Die insgesamt erforderliche Wärmemenge würde sich also auf  $151,49 + 486,81 = 638,3$  Wärmeeinheiten belaufen.

**B e i s p i e l:** Welchen Wirkungsgrad (Nutzeffekt) besitzt eine Dampfkesselanlage, wenn dieselbe mit jedem Kilogramm Steinkohle von 7000 Wärmeeinheiten 8 Kilogramm Wasser von  $15^{\circ}$  Celsius Eintrittstemperatur auf 11 Atmosphären Überdruck verdampft? Die absolute Spannung des Dampfes beträgt dann  $11 + 1 = 12$  Atmosphären. Die Erzeugung von 1 Kilogramm Dampf mit einer absoluten Spannung von 12 Atmosphären erfordert nach der vorstehenden Tabelle Spalte 4 und 5:  $193,4 + 471,3 = 664,7$  Wärmeeinheiten. Da das Speisewasser aber von Anfang an  $15^{\circ}$  Celsius warm ist, und demnach in jedem Kilogramm Wasser schon 15 Wärmeeinheiten enthalten sind, bedarf es nur noch  $664,7 - 15 = 649,7$  Wärmeeinheiten zur Erzeugung von 1 Kilogramm Dampf. Die Steinkohle von 7000 Wärmeeinheiten müßte dann theoretisch  $7000 : 649,7 = 10,7$  Kilogramm Wasser verdampfen können. Wenn aber, wie angenommen, nur 8 Kilogramm Wasser damit verdampft werden, so besitzt die Kesselanlage einen Wirkungsgrad von  $8 : 10,7 = 0,75$ , d. h. es gehen 25 Prozent der Wärme durch die abziehenden Gase, durch unvollkommene Verbrennung, Strahlung und Wärme in der Asche verloren.

**Gesättigter und überhitzter Dampf.** Solange Wasser und Dampf miteinander am Wasserpiegel in Berührung stehen, haben beide stets dieselbe Temperatur; es ist unmöglich, im Dampftraume über dem Wasser etwa erhitzten Dampf erzeugen zu können. Die Naturgesetze lassen nicht zu, daß das Wasser und der Dampf im Kessel verschiedene Temperaturen haben.

Würde etwa der Dampf im Kessel durch eine besondere Anordnung der Kesselzüge überhitzt, so würde er sofort aus dem Wasser weiteren Dampf aufnehmen, bis sich ein Temperatenausgleich zwischen beiden vollzogen hat. Der Dampf würde sich sofort mit weiterem Wasserdampf sättigen, und man nennt ihn deshalb *gesättigten Wasserdampf* oder *Sattdampf*. Der gesättigte Wasserdampf findet sich in jedem Dampfkessel vor, er hat vor allem die Eigenschaften, daß er keinen weiteren Wasserdampf aufnehmen kann, und daß er bei jeder Abkühlung, z. B. in den Rohrleitungen vom Dampfkessel nach der Dampfmaschine, sofort Wasser ausscheidet. Um diesen Dampfverlust, der sich namentlich bei langen Rohrleitungen bemerkbar macht, zu vermeiden, verwendet man *überhitzten Dampf*. *Überhitzter Dampf*, auch *Edeldampf* genannt, entsteht aber erst, wenn man gesättigten Dampf dem Kessel entnimmt und für sich noch weiter überhitzt, was in den sogenannten Dampfüberhitzern geschieht. Der überhitzte Dampf besitzt also eine höhere Temperatur als gesättigter Dampf von gleicher Spannung. Er ist sehr reiner, völlig wasserfreier Dampf und je nach der Höhe der Überhitzung wesentlich leichter als gesättigter Dampf. Er hat ferner den Vorteil, daß er in den Rohrleitungen nach der Dampfmaschine usw. keinen Wasser- und Druckverlust erleidet, auch wenn er sich etwas abkühlen sollte. Nur darf die Abkühlung nicht unter die Temperatur des gesättigten Dampfes von der Kesselspannung gehen; denn dann hat er sich wieder in Sattdampf verwandelt und verhält sich wie dieser. Die Überhitzung des Dampfes bietet daher wesentliche Vorteile. Es kommt häufig vor, daß durch einen richtig angeordneten Dampfüberhitzer eine Kohlenersparnis bis zu 20 Prozent erzielt wird. Dampf von mäßiger Überhitzung kann in den gewöhnlichen Dampfmaschinen ohne weiteres verwendet werden; bei hohen Temperaturen über 320 Grad Celsius sind die Maschinen jedoch besonders zu konstruieren. Anfänglich — vor etwa 20 Jahren — stieß die Einführung des überhitzten Dampfes vielfach auf Widerstand. Man befürchtete eine rasche Abnutzung der Dampfmaschinen, weil der trockene und doch überhitzte Dampf die Schmiermittel zerlegen würde. Diese Befürchtungen waren zwar nicht ganz unberechtigt; man hat jedoch geeignete Schmiermittel für hohe Temperaturen ausfindig gemacht und auch das Eisen für die Dampfmaschinenzylinder und Kolben entsprechend verbessert.

**Die Dampfüberhitzer.** Bei den ersten Dampfüberhitzern begnügte man sich mit einer verhältnismäßig geringen Überhitzung des Dampfes, und man baute daher die Überhitzer am Kessellende ein, wo sie von den auf etwa 220 bis 300 Grad Celsius abgekühlten Heizgasen bestrichen wurden. Die damit erreichbare Dampfüberhitzung erwies sich jedoch namentlich für

hochgespannten Kesseldampf nicht genügend wirksam, und es mußten auch die Überhitzer eine verhältnismäßig große Oberfläche erhalten. Man machte daher die Überhitzer bald kleiner und verlegt sie gegenwärtig etwa in die Mitte der Essenzüge, wo sie sehr heißen Heizgasen mit einer Temperatur von etwa 500 bis 700 Grad Celsius ausgesetzt sind, also bei Flammrohrkesseln dicht hinter die Flammrohre und nicht etwa dorthin, wo die Heizgase in den Essenzug eintreten. Auf diese Weise erreicht man eine sichere Überhitzung des Dampfes. Die Dampferhitzer werden ferner so eingebaut, daß sie ganz oder teilweise von den Heizgasen abgesperrt werden können. Man bringt deshalb in den Kesselzügen bewegliche Schieber oder drehbare Klappen, meistens aus Schamottesteinen, seltener aus Gußeisen, an, die von außen mehr oder weniger geöffnet und geschlossen werden können. Läßt man sämtliche Heizgase durch die Überhitzerkammer hindurchziehen, so wird die Überhitzung am größten, sie wird geringer, wenn nur ein Teil der Heizgase den Überhitzer berührt. Diese Schieber oder Klappen werden daher auch benutzt, um die Temperatur des überhitzten Dampfes zu regulieren. Eine zu hohe Überhitzung muß man mit Rücksicht auf die Abnutzung der Dampfmaschine und die Zersetzung der Schmieröle bei hoher Temperatur vermeiden. Auch erhält der zu hoch überhitzte Dampf die schmiedeeisernen Überhitzerrohre nicht genügend kühl, so daß letztere erglühen und ausbeulen, was bei etwa 500 Grad Celsius der Fall ist.

Eine andere, und zwar bei allen Überhitzern mögliche Einrichtung zur Verhütung einer zu hohen Temperatur des überhitzten Dampfes ist die Zuleitung von gesättigtem Dampf zu dem überhitztem Dampf. Man erhält dann den sogenannten gemischten Dampf, dessen Temperatur zwischen den Temperaturen der beiden Dampfstrahlen vor der Mischung liegt und der im Grunde genommen auch weiter nichts ist, als einfach überhitzter Dampf. Je nachdem man mehr oder weniger gesättigten Dampf zu dem überhitzten Dampf hinzutreten läßt, kann man die Temperatur des gemischten Dampfes regulieren. Hierin liegt der eigentliche Hauptvorteil des Mischungsverfahrens gegenüber der direkten Erzeugung des überhitzten Dampfes, bei welcher der gesamte verbrauchte Dampf durch den Überhitzer geführt wird. In letzterem Falle ist die Überhitzungstemperatur vom Gange der Heizung abhängig und kann, da sie schwer regulierbar ist, leicht so hoch werden, daß Störungen im Dampfmaschinenbetriebe auftreten.

Eine dritte Methode der Regulierung der Temperatur des überhitzten Dampfes besteht darin, daß man den überhitzten Dampf in einer Rohrleitung durch Wasser leitet, wo er einen Teil seiner Wärme abgibt und seine Tem-

peratur infolgedessen einen Abfall erleidet. Nach dem patentierten Verfahren der deutschen Babcock- u. Wilcox-Werke wird der aus dem Überhitzer austretende Dampf durch ein Regulierventil geleitet, in welchem der überhitzte Dampf in zwei Teilströme zerlegt wird, von denen der eine durch eine Rohrleitung strömt, welche im Wasserraume des Kessels liegt. Der in dieser Rohrleitung abgekühlte Dampf, der aber immer noch bis zu einem gewissen Grade überhitzt ist, trifft nach seinem Austritte aus dem Kessel wieder mit dem anderen Teilströme des überhitzten Dampfes zusammen und kühlt diesen bei der Vereinigung entsprechend seiner Temperatur ab. Je nachdem nun der Heizer mittels des Regulierventils mehr oder weniger Dampf durch die im Kessel liegende Rohrleitung hindurchströmen läßt, erzielt er eine niedrigere oder höhere Temperatur des überhitzten Dampfes.

Ein ähnliches, gleichfalls patentamtlich geschütztes Verfahren benutzt die Sächsische Maschinenfabrik in Chemnitz. Bei diesem wird der gesamte überhitzte Dampf durch einen Behälter geleitet, der von einer großen Anzahl von Rohren durchzogen und wie der Abdampfspeisewasservorwärmer Fig. 134 gebaut ist. Der überhitzte Dampf bespült die Außenseite der Rohre. Innen sind die Rohre mit Wasser gefüllt. Durch Drosselung eines Absperrventils in der Speiseleitung kann der Wasserstand in den Rohren verschieden hoch eingestellt werden. Ist der Wasserstand hoch, so strömt der überhitzte Dampf an einer großen wasserberührten Fläche der Rohre vorbei und wird mehr abgekühlt als bei niedrigem Wasserstand in den Rohren. Das Wasser in den Rohren wird hierbei hoch erhitzt und geht zum Teil in Dampf über, der durch eine Rohrleitung nach dem Dampftraume des Kessels abgeleitet wird. Der Heizer hat durch richtige Einstellung des Drosselventils in der Speiseleitung für ausreichenden Wasserzufluß und für genügend hohen Wasserstand in den Rohren des Behälters zu sorgen, zu dessen Erkennung ein Wasserstandsglas angebracht ist.

Zur Beobachtung des überhitzten Dampfes werden am Überhitzer und an der Dampfmaschine Thermometer angebracht. Außerdem rüstet man die Überhitzer mit Manometer, Sicherheitsventil und Ablaufventil aus. Das Sicherheitsventil wird häufig für einen Druck eingestellt, der eine Atmosphäre höher als der höchste Kesseldruck ist.

Die Thermometer erhalten mitunter einen elektrischen Kontakt für ein Läutewerk, welches durch ein Glockenzeichen anzeigt, daß die Überhitzung das höchste zulässige Maß erreicht hat. Zum Schutze gegen äußere Beschädigungen werden die Thermometer mit metallenen Schutzhüllen versehen. Ihr Tauchrohr ist von einer eisernen Hülse umgeben, welche im Dampfstrom liegt und gut abgedichtet in die Wand des Dampfrohres ein-

geschraubt ist. Der Zwischenraum zwischen Thermometertauchrohr und Eisenhülle wird der besseren Wärmeübertragung halber mit Quecksilber ausgefüllt. Die Eisenhülle bleibt ständig in der Rohrleitung für den überhitzten Dampf. Man kann daher jederzeit das Thermometer herausnehmen. Will man das Thermometer auf richtigen Gang prüfen, was von Zeit zu Zeit nötig ist, so schaltet man kurze Zeit den Überhitzer aus und setzt das Thermometer einem Sattdampfströme aus. Es muß dann die dem jeweiligen Dampfdruck entsprechende, aus Tabelle Seite 88 ersichtliche Temperatur anzeigen. Thermometer für hohe Dampftemperaturen werden über dem Quecksilberfaden nicht luftleer, sondern mit einer hochgespannten Stickstoff- oder Kohlen säurefüllung ausgefüllt (siehe auch S. 87).

Die Rauchkammer mit dem Überhitzer ist während des Anheizens des Kessels durch Verstellen der Schamotteschieber von den Heizgasen abzuschließen und darf erst geöffnet werden, wenn dem Kessel Dampf entnommen wird. Um das Überreißen von etwa kondensiertem Wasser aus den Überhitzerrohren in die Dampfleitung nach der Dampfmaschine zu verhüten, muß der Überhitzer kurz vor der Inbetriebnahme durch Öffnen des Abflaßhahnes ausgeblasen werden. Gut zu entwässern sind namentlich Überhitzer aus Gußeisen oder mit gußeisernen Kammern, da sie durch Wasser schläge leicht zerstört werden können.

Sind in den Essenzügen keine Drehklappen oder keine Schieber zur Absperrung des Überhitzers von den Heizgasen vorhanden, so muß der Überhitzer bei längere Zeit andauerndem Anheizen vorher mit Wasser gefüllt werden. Man verbindet ihn zu diesem Zwecke durch eine Rohrleitung von etwa 25 bis 30 Millimeter lichtem Durchmesser mit dem Wasserraume des Kessels. Durch einfaches Öffnen eines Ventils in dieser Rohrleitung läßt der Heizer den Überhitzer voll Wasser laufen. Diese Einrichtung ist namentlich an den Wasserrohrkesseln mit Wasserkammern (Fig. 69 und 72) gebräuchlich, da bei diesen Kesselsystemen der Einbau von Absperrschiebern für die Beheizung des Überhitzers weniger gebräuchlich ist. Sie hat den Vorzug, daß sie die Heizfläche des Kessels um etwa ein Drittel vergrößert, so daß sich der Kessel schneller anheizen läßt. Die Verbindung des Überhitzers mit dem Dampftraume des Kessels muß während des Anheizens offen bleiben, damit der im Überhitzer entstehende Dampf nach dem Kessel übertreten kann. Soll der Betrieb beginnen, so schließt der Heizer zunächst die Verbindung des Überhitzers mit dem Wasserraum des Kessels wieder ab und bläst hierauf den Überhitzer durch den daran befindlichen Abflaßhahn sorgfältig aus. Erst dann kann das Absperrventil am Überhitzer geöffnet und der Dampf nach der Dampfmaschine usw. fortgeleitet werden.

Dauert das Anheizen nur kurze Zeit, wie dies bei den Dampfkesseln zutrifft, die nur nachts nicht befeuert werden, so sind keine besonderen Maßnahmen zur Schonung des Dampfüberhitzers nötig. In diesem Falle genügt der darin stehende Dampf, um die Überhitzerschlangen kühl zu halten und vor einer Beschädigung durch die Heizgase zu bewahren. Dasselbe gilt auch für kurze Betriebsunterbrechungen, die Vor- und Nachmittags- und die Mittagspause. Einzelne Kesselfirmen verlangen jedoch auch unter solchen Verhältnissen, namentlich früh vor dem täglichen Anheizen des Kessels die Abstellung der Heizgase von den Rauchkammern des Überhitzers mittels der

vorhandenen Absperrschieber oder Drehklappen.

Die Überhitzer sind wöchentlich zwei- oder dreimal von dem anhaftenden Ruß mittels eines Dampfrohres auszublasen, da, wie bereits früher erwähnt, die Rußschicht den Durchgang der Wärme und die Dampfüberhitzung aufhält. Das Überhitzergemäuer erhält zu diesem Zwecke eine Anzahl Öffnungen, die für gewöhnlich mit drehbaren Klappen zugedeckt sind. Das Rohr zum Ausblasen, mit welchem man durch die Öffnungen nach den Überhitzerrohren hindurchfährt, muß handlich sein und hat

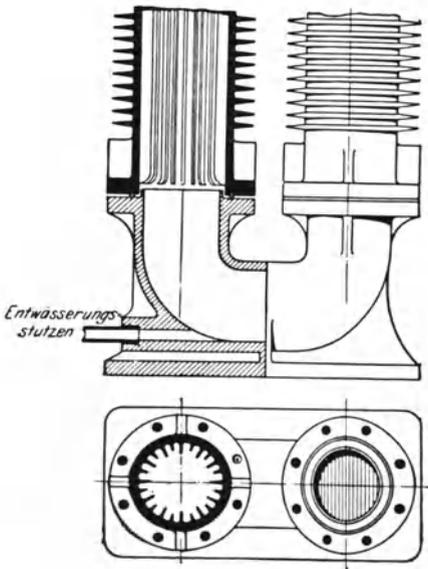


Fig. 51 u. 52.<sup>1)</sup>

einen lichten Durchmesser von etwa 10 Millimeter.

Die Dampfüberhitzer werden entweder aus gegossenem Eisen (Gußeisen oder Stahlguß) oder aus schmiedbarem Eisen (Flußeisen oder Stahl) hergestellt. Die Brauchbarkeit des Gußeisens für Überhitzer hängt sehr von seiner Zusammensetzung ab, jedenfalls läßt sich nur ein ganz besonderes Gußeisen verwenden, dessen Herstellung die Fabrikanten jedoch geheim-

<sup>1)</sup> Fig. 51 und 52 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Techner, Dampfkessel 4. Aufl.“ entnommen.

halten. Die vertrettesten gußeisernen Überhitzer sind von E. Schwoerer in Kofmar (Fig. 51 und 52).

Diese Überhitzer sind nach der Art der Rippenheizrohre mit äußeren Querrippen versehen, innen haben sie dagegen Längsrippen, die die Wärme der Heizgase auch in den inneren Kern des Dampfstromes übertragen sollen.

In neuerer Zeit werden zumeist Überhitzer aus einer Anzahl nebeneinander liegender, schmiedeeiserner, nahtlos gewalzter Rohre von 30 bis 45 Millimeter äußerem Durchmesser und 3 bis 4 Millimeter Wandstärke verwendet (Fig. 53). Die Rohre sind schlangen- oder spiralförmig gebogen und an den freien Enden mit querliegenden Dampfkammern oder Sammelrohren durch Verschraubung oder Schweißung verbunden. Die beiden Dampfkammern oder Sammelrohre liegen außerhalb der Kesselzüge und bilden die Rohranschlüsse für die Rohrleitungen nach dem Kessel und nach der Dampfmaschine. Durch die vielen engen Rohrstrahlen wird der Kesseldampf in viele schwache Strahlen zerteilt und infolgedessen schneller erhitzt als in den aus einzelnen weiten Rohren bestehenden gußeisernen Überhitzern. Die Dampfüberhitzer werden auch mit nur einer Dampfkammer ausgeführt, die aber durch eine innere Zwischenwand in zwei Teile geteilt ist. Wagericht liegende Überhitzer (siehe Fig. 61) lassen sich leichter als senkrecht stehende (siehe Fig. 67) entwässern, doch werden auch letztere, je nachdem die Kesselbauart dies erfordert, angewendet. Dampfüberhitzer mit direkter Feuerung werden nur aufgestellt, wenn sich wegen Platzmangels keine Überhitzer in die Kesselzüge einbauen lassen. Man bringt sie bei langen Dampfrohrleitungen in einem kleinen Anbau nahe dem Dampfmaschinenhause an. Ihre Bedienung ist umständlich und erfordert viel Aufmerksamkeit, wenn die Temperatur des überhitzten Dampfes nicht allzusehr schwanken soll und öftere Reparaturen infolge Ausglühens der Überhitzerrohre vermieden werden sollen. Sie brauchen nur ein geringes Feuer und können, trotzdem sie den Brennstoff schlecht ausnutzen, zu Ersparnissen beim Kohlenverbrauch im Dampfkesselfeuer und zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Kesselanlage viel beitragen.

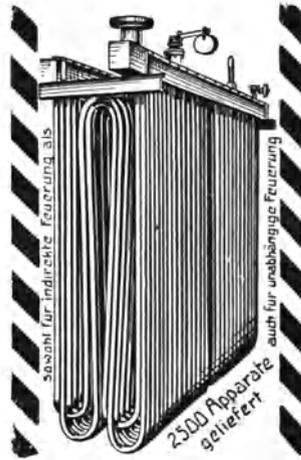


Fig. 53

**Der Dampfdruck.** Der im Dampfkessel erzeugte Dampf kann nur dann zum Betriebe einer Dampfmaschine verwendet werden oder in einen außerhalb des Kesselhauses aufgestellten Heizkörper fortgeleitet werden, wenn seine Spannung größer als der äußere Luftdruck ist. Wenn der Dampfkessel nur so weit befeuert worden ist, daß Dampfdruck und Luftdruck einander gleich sind, so strömt der Dampf auch beim Öffnen der Ventile oder des oberen Mannlochdeckels nicht aus. Es ist daher der Dampfdruck im Kessel nur so weit wirksam, als er den äußeren Luftdruck übersteigt. Man bewertet und mißt daher den Dampfdruck nach seinem sogenannten Überdruck, im Gegensatz zu seinem absoluten Drucke, das ist der Druck, den der Dampf ausüben würde, wenn man den äußeren Luftdruck etwa mit Hilfe einer Luftpumpe einmal hinwegnähme.

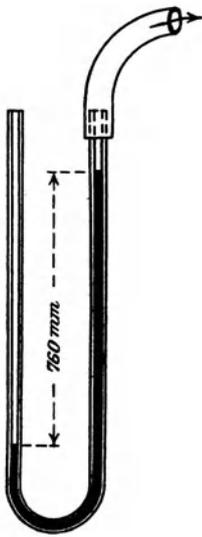


Fig. 54.

Den von der **Luft** ausgeübten **Druck** nennt man den Druck einer **Atmosphäre**. Das Wort Atmosphäre heißt auf deutsch die Lufthülle, die die Erde umgibt. Der von dieser Lufthülle oder Atmosphäre ausgeübte Druck beruht darauf, daß die Luft wie jeder andere feste, flüssige oder gasförmige Stoff ein gewisses Gewicht oder eine gewisse Schwere hat, womit sie auf anderen Körpern auf der Erdoberfläche lastet. Wie groß der Druck der Atmosphäre ist, er-

sieht man am besten aus folgendem Beispiel. Ein U-förmig gebogenes, an beiden Enden offenes Glasrohr (Fig. 54) sei etwa zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt. Da die Luft in beiden aufwärts stehenden Rohrschenkeln mit gleicher Schwere auf dem Quecksilber lastet, muß letzteres auch in beiden Rohrschenkeln gleich hoch stehen. Zieht man über das eine Glasrohrende den Gummischlauch einer Luftpumpe, und saugt man die über dem Quecksilber befindliche Luft mit der Luftpumpe ab, so wird das Quecksilber in dem anderen, offenen Rohrschenkel einseitig vom Gewicht der Luft belastet und in dem Rohrschenkel, der an die Luftpumpe angeschlossen ist, in die Höhe gedrückt. Im günstigsten Falle, das ist bei völliger Luftleere im Rohrschenkel b, beträgt der Höhenunterschied zwischen den Oberflächen des Quecksilbers in beiden Rohrschenkeln 760 Millimeter. Diesen Höhenunterschied nennt man den normalen Luftdruck. Füllt man das Glasrohr nicht mit Quecksilber, sondern mit Wasser, so wird das Wasser vom Luftdruck  $13\frac{1}{2}$  mal so hoch wie das Quecksilber gehoben, da letzteres  $13\frac{1}{2}$  mal so schwer wie das Wasser ist.

Die Wasserfäule, die dem normalen Luftdruck das Gleichgewicht hält, würde dann  $13\frac{1}{2} \times 760 = 10,3$  Meter betragen. Höher kann aber der Luftdruck das Wasser nicht heben, und es bildet sich, wenn der an die Luftpumpe angeschlossene Rohrschenkel länger als 10,3 Meter ist, über der Wasserfäule ein luftleerer Raum oder, wie man mit dem lateinischen Worte sagt, ein Vakuum.

**Die Saughöhe** der Pumpen, der Injektoren usw. dürfen daher theoretisch die Höhe von 10 Meter nicht übersteigen; praktisch dürfen sie jedoch, da der Luftdruck das Wasser bis in den Pumpenstiefel heben muß und eine vollständige Luftleere darin nicht erreichbar ist, höchstens 8 Meter betragen. Bedingung ist hierbei, daß die Temperatur des Wassers null Grad beträgt. Ist das Wasser wärmer, so sammelt sich über dem Wasserspiegel im Saugrohr Wasserdunst an, der mit zunehmender Wassertemperatur immer dichter und schwerer wird und die erreichbare Saughöhe der Pumpe entsprechend verringert.

**Die Atmosphäre als Maßeinheit im Dampfkesselbetriebe.** Der Luftdruck ist örtlich verschieden. Er ist umso größer, je höher die Luftkugel über der Erdoberfläche ist. Auf einer Bergspitze ist der Luftdruck niedriger als am Bergfuß, da die Luftkugel um die Bergeshöhe größer ist als dort. Die zum Messen des Luftdruckes benutzte Vorrichtung heißt Barometer. Näheres darüber siehe in den Erläuterungen. Bei Dampfmaschinen und Dampfturbinen mißt man die Luftleere in den Kondensationsanlagen mit einer dem Röhrenbarometer ähnlichen Vorrichtung, bei welcher aber das obere Ende der Glasröhre nicht zugeschmolzen, sondern mit dem Kondensationsraume für den Abgangsdampf verbunden ist.

Angenommen, der lichte Querschnitt eines eben besprochenen U-förmigen Glasrohres sei gerade 1 Quadratcentimeter groß, so würde eine darin stehende Wasserfäule von 10,3 Meter Höhe, die nach dem vorher Gesagten dem atmosphärischen Luftdruck das Gleichgewicht hält, einen Rauminhalt haben = 1 Quadratcentimeter  $\times$  1030 Centimeter = 1030 Kubikcentimeter = 1,03 Liter. Da nun ein Liter Wasser genau ein Kilogramm schwer ist, so würde der normale Luftdruck gleich dem Drucke von 1,03 Kilogramm auf ein Quadratcentimeter Fläche sein. Dieses genaue Maß des atmosphärischen Luftdruckes hat man der Bequemlichkeit halber für praktische Rechnungen abgerundet und man versteht allgemein unter einer Atmosphäre den Druck von einem Kilogramm auf ein Quadratcentimeter. Der Dampfkesselatmosphärendruck ist demnach eine Kleinigkeit geringer als der mittlere atmosphärische Luftdruck, und zwar ist er gleich dem Drucke einer 735 Millimeter hohen Quecksilberfäule oder einer 10 Meter hohen Wasserfäule

Wenn man also sagt, der Betriebsdruck eines Dampfkessels beträgt 7 Atmosphären Überdruck, so heißt das, auf jeden Quadratcentimeter der inneren Kesselfläche lastet ein Druck von  $7 + 1 = 8$  Kilogramm.

## IX. Die hauptsächlichsten Bauarten der Dampfkessel.

**Allgemeine Anforderungen an einen Dampfkessel.** Die Bauart der Dampfkessel richtet sich nach den jeweilig in Betracht zu ziehenden Platz- und Betriebsverhältnissen. Da die beiden letzteren außerordentlich verschieden sind, erklärt sich auch die große Mannigfaltigkeit der gebräuchlichen Kesselarten, von denen jede einzelne ihre besonderen Eigentümlichkeiten hat. Ein Dampfkessel für eine große Kraftzentrale mit vielen hundert oder mit mehreren tausenden von Pferdekraften wird natürlich anders gebaut sein müssen als ein Dampfkessel für einen kleinen oder mittleren Betrieb. Ebenso wird ein Dampfkessel, der täglich nur einige Stunden oder wöchentlich nur einige Tage in Benutzung ist, eine andere Bauart als ein Dampfkessel für regelmäßigen Tages- oder Nachtbetrieb haben müssen. Die im allgemeinen an einen Dampfkessel zu stellenden Anforderungen sind folgende:

1. Der Dampfkessel soll möglichst viel Dampf entwickeln und, soweit dies mit anderen nötigen Anforderungen vereinbar ist, eine recht wirksame Heizfläche bei möglichst kleiner Bodenfläche haben.

2. Es soll beim Betriebe des Kessels leicht sein, die Dampfspannung auf gleichmäßiger Höhe zu halten. Man kann zwar, wie dies bereits früher eingehend besprochen worden ist, bei stärkerer Dampfentnahme aus dem Kessel das Feuer verstärken; doch ist es trotzdem in vielen Fällen nicht möglich, das Fallen des Dampfdruckes zu verhüten, da der Wärmeübergang von den Heizgasen in den Kessel ziemlich gleichmäßig vonstatten geht und sich nicht plötzlich steigern läßt. Man benutzt daher in Betrieben, in denen zu gewissen Tagesstunden große Dampfmen gen verbraucht werden, oder wo mit Rücksicht auf einen gleichmäßigen Gang der Arbeitsmaschinen auch ein gleichmäßiger Dampfdruck für die Dampfmaschinen vorhanden sein muß — das sind z. B. Färbereien, Spinnereien und Webereien — Kessel mit einem großen Wasserinhalt, die man auch Großwasserraumkessel nennt, im Gegensatz zu den Wasserrohrkesseln mit kleinem Wasserraum. Der große Wasserinhalt der Großwasserraumkessel wirkt bei plötzlich vermehrtem

Dampfverbrauche als Regulator für die Dampferzeugung und verhütet eine geschickte Bedienung der Kesselanlage durch den Heizer vorausgesetzt, bei solchen Betriebsunregelmäßigkeiten ein zu starkes und zu schnelles Fallen des Dampfdruckes. Wird einem Dampfkessel plötzlich mehr Dampf entnommen, als er zu erzeugen vermag, so geht die Dampfspannung zurück, das Kesselwasser gibt infolge dieser Druckabnahme einen Teil seiner Wärme ab und geht teilweise in Dampfform über. Die Temperatur im Kessel nimmt also, wie auch aus der Tabelle Seite 88 ersichtlich ist, ab, sobald die Dampfspannung fällt. In einem Dampfkessel mit großem Wasserinhalte wird aber die aufgespeicherte Wärmemenge bei einer Nachverdampfung nicht so schnell erschöpft werden können wie bei einem Dampfkessel mit kleinem Wasserinhalt. Hat z. B. ein Dampfkessel 20 Kubikmeter Wasser- und 6 Kubikmeter Dampfinhalt, so sind nach der Tabelle Seite 88 bei einem Betriebsdruck von 8 Atm. im Wasserraum  $20 \times 171\,490$  Wärmeeinheiten, im Dampftraume hingegen nur  $6 \times 2015$  Wärmeeinheiten enthalten. Es müßte daher bei einem plötzlich gesteigerten Dampfverbrauche der Dampfraum dieses Kessels sehr oft entleert werden, ehe der hiermit verbundene Wärmeverbrauch gegenüber der Wärmemenge in dem gesamten Wasser ins Gewicht fallen und eine größere Druckabnahme zur Folge haben würde. Für Betriebe, in denen ein größerer Dampfverbrauch längere Zeit andauert, eignen sich die Großwasserraumkessel weniger, da sich bei ihnen auch der Dampfdruck schwieriger wieder in die Höhe bringen läßt. Ebenso dauert ihr Anheizen längere Zeit als bei Kesseln mit kleinem Wasserinhalt. Es sind daher in solchen Betrieben, wo es auf ein schnelles Anheizen des Kessels ankommt, und wo der Dampfkesselbetrieb nur tage- oder stundenweise stattfindet, Dampfkessel mit kleinem Wasserraume anzuwenden. (Feuerspritzkessel, Kessel für Elektrizitätswerke usw.)

3. Der dem Kessel entnommene Dampf soll trocken sein. Bei plötzlich gesteigerter Dampfontnahme und bei einem zu kleinen Wasserspiegel im Kessel reißen die im Wasser aufsteigenden Dampfblasen Wassertropfen mit fort, und es entsteht sehr nasser Dampf. Derselbe ist insofern schädlich, als die darin enthaltenen Wassertropfen in der Dampfmaschine keine Arbeit leisten und aus den Dampfrohrleitungen als heißes Wasser nutzlos ablaufen. Zur Verhütung des nassen Dampfes müssen der Dampfraum und der Wasserspiegel im Kessel möglichst groß gemacht werden. In einem großen Dampftraume hat das mitgerissene Wasser infolge seines größeren Gewichtes Zeit und Gelegenheit, aus dem Dampf auszuscheiden. Der Dampfraum dient daher nicht dazu, einen großen Dampfvorrat anzusammeln, sondern er hat in erster Linie den Zweck, trockenen Dampf zu liefern. Sind ein großer

Dampfraum und ein großer Wasserspiegel im Kessel nicht ausführbar, so ist die Dampffuchtigkeit durch Wasserabscheider und Überhitzer zu beseitigen. Der Heizer darf auch den Kessel nicht zu hoch voll Wasser speisen, da er hierdurch den Dampfraum und bei manchen Kesselarten (Flammrohrkessel, Walzenkessel usw.) auch den Wasserspiegel zu sehr verkleinert.

Bei den Flammrohrkesseln, Walzenkesseln und bei ähnlichen Kesseln vergrößert man den Dampfraum durch den Dampfdom. Er bildet die höchstgelegene Stelle des Kessels und dient auch zur Anbringung der Absperr- und Sicherheitsventile. Er verlängert den Weg, den der ausströmende Dampf im Kessel zurückzulegen hat, und begünstigt dessen Entwässerung. Zumeist wird der Dampf nicht unmittelbar unter dem Dampfdom entnommen, sondern mit Ausnahme des vorderen Drittels, wo die stärkste Dampfbildung stattfindet und der feuchteste Dampf entsteht, gleichmäßig aus dem Dampftraume des ganzen Kessels. Man benutzt hierzu ein Dampfbentnahmerohr, das unter dem Scheitel des Kessels im Dampfdom befestigt und im Dampftraume durchlöchert oder oben geschlitzt ist. Eine völlige Wasserabscheidung aus dem nassen Dampfe ist hiermit jedoch nicht erreichbar.

4. Der Speiseraum des Kessels, das ist der abwechselnd mit Dampf und mit Wasser gefüllte Raum zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasserstand im Kessel, soll dem Heizer beim Speisen einen genügenden Spielraum bieten, so daß während des verstärkten Dampfverbrauches die Speisung ruhen und bis zu den Betriebspausen damit gewartet werden kann. Ist der Speiseraum in einem Dampfkessel mit unregelmäßigem Dampfverbrauch zu klein, muß also der Kessel auch während der verstärkten Dampfbentnahme gespeist werden, so ist es für den Heizer doppelt schwer, die Dampfspannung auf einer genügenden Höhe zu erhalten, da das Speisen des Kessels schon an sich ein Fallen der Dampfspannung bewirkt.

5. Ferner verlangt man von einem Kessel leichte Zugänglichkeit seiner inneren Wandungen, damit der Kesselstein leicht entfernt werden kann. Gewisse Kesselarten, Heizrohrkessel, engrohrige Siederohrkessel, bei denen diese Zugänglichkeit nicht vorhanden ist, dürfen daher nur mit gereinigtem Wasser gespeist werden. Andernfalls sind zeitraubende und kostspielige Kesselreparaturen, wie Herausnehmen der Heiz- und Siederohre, oder ein beträchtlicher Kohlenmehrverbrauch infolge der anhaftenden Kesselsteinkruste unvermeidlich.

6. Ein Dampfkessel soll möglichst einfach in der Form und billig herzustellen sein. Komplizierte Kessel sind nicht nur teuer, sondern erfordern viel Aufmerksamkeit im Betriebe und verursachen leicht umständliche Reparaturen und Betriebsstörungen.

Die Anforderungen, die nach den jeweiligen Betriebsverhältnissen an einen Dampfkessel gestellt werden, sind demnach sehr verschieden von einander und sehr mannigfaltiger Art. Sie lassen sich aber nicht alle an demselben Kesselsystem erfüllen, und es muß je nach dem besonderen Zwecke des Dampfkessels die geeignetste Kesselart bei Einrichtung der Kesselanlage ausgesucht werden.

**Die Großwasserraumkessel.** Der Walzen- oder Zylinderkessel. Derselbe (Fig. 55 und 56) ist die einfachste und älteste Kesselform. Er besteht aus einem zylindrischen Mantel, der an den Enden durch ge-

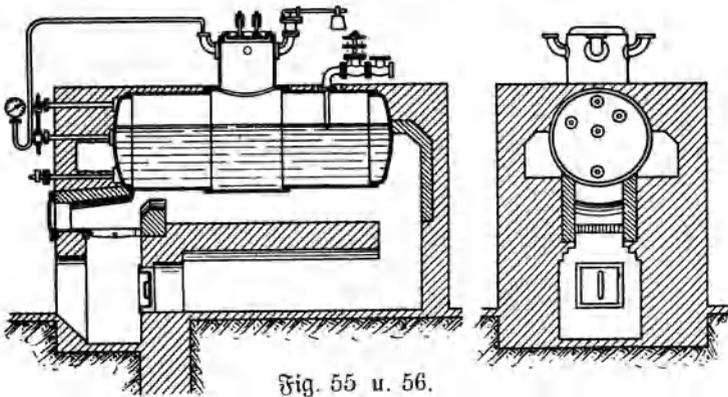


Fig. 55 u. 56.

wölbte Böden verschlossen ist und auf der hinteren Hälfte einen Dampfdom trägt. Wird bessere oder mittlere Steinkohle verfeuert, so erhält der Kessel eine Planrostunterfeuerung, beim Verfeuern von minderwertiger Steinkohle oder Braunkohle bringt man dagegen eine Schrägrost- oder eine Treppenrostfeuerung an. Damit sich der Schlamm mehr im hinteren Teile des Kessels ablagert und das Wasser durch den am hinteren Stirnboden angebrachten Stutzen abgelassen werden kann, wird das hintere Kesselende um einige Zentimeter tiefer als das vordere gelegt. Nietnähte dürfen nicht über dem Feuer liegen. Die Feuerplatte läßt man deshalb in der Längsrichtung über die beiden vordersten Schüße reichen. Den Durchmesser dieser Kessel macht man selten größer als 1,5 Meter, die Länge bis zu 10 Metern. Kleine Walzenkessel erhalten nur einen Feuerzug, und zwar einen Unterzug. Bei größeren Dampfkesseln teilt man entweder den Unterzug durch eine Mauerzunge in zwei Züge, oder man ordnet außer dem Unterzug noch zwei Seitenzüge an, in denen die Heizgase von hinten nach vorn und dann nach dem Schornsteinfuchs abziehen.

Der einfache Walzenkessel besitzt von allen Kesselsystemen im Verhältnis zu seiner Heizfläche den größten Wasserraum. Er eignet sich daher für Betriebe mit nicht allzugroßem, aber stark schwankendem Dampfverbrauche. Infolge seines großen Wasserspiegels und Dampftraumes liefert er ziemlich trockenen Dampf. Er läßt sich ferner innen gut reinigen und ist infolge seiner einfachen Bauart billig. Diese Vorteile werden indes von den Nachteilen überwogen. Der Kessel nimmt eine große Bodenfläche ein und hat dabei eine kleine Heizfläche. Da die Feuerzüge sehr kurz sind, wird auch die Wärme schlecht ausgenutzt, und man darf bei sparsamem Betriebe nicht mehr als 8 Kilogramm Wasser auf einem Quadratmeter Heizfläche verdampfen. Die Feuerplatte wird über dem Kofst leicht durch Ausbeulen, Blechriffe, Blechabzehrungen usw. schadhast, da an dieser Stelle der meiste Dampf erzeugt wird, und das Wasser beim Nachströmen aus dem hinteren Kesselteil den Schlamm nach vorn schleppt. Man wendet daher den Walzenkessel nur noch für kleine Kesselanlagen bis zu 25 Quadratmeter Heizfläche an.

Der Walzenkessel mit einem oder zwei Unterkesseln. Um eine größere Heizfläche auf derselben Bodenfläche unterzubringen, legte man mehrere Zylinderkessel übereinander und vereinigte sie durch mehrere Stützen von 350 bis 450 Millimeter lichter Weite zu einem Dampfkessel. Der gebräuchlichste Kessel dieser Art ist der Siederohrkessel mit einem Oberkessel und einem darunter liegenden kleineren Unterkessel. Beide sind durch aufgenietete Stützen miteinander verbunden. Der Unterkessel ist ganz voll Wasser und dient als Vorwärmer oder Sieder, der Oberkessel ist etwa bis zu zwei Drittel seiner Höhe mit Wasser gefüllt und enthält den Dampfraum. Der Durchmesser des Oberkessels schwankt zwischen 0,8 und 1,5 Meter, derjenige des Unterkessels ist gewöhnlich um  $\frac{1}{5}$  kleiner. Wie beim einfachen Walzenkessel bringt man auch beim mehrfachen Walzenkessel unter dem Oberkessel entweder die Unterfeuerung mit Planrost oder eine Treppenrostfeuerung an und läßt die Feuerplatte über die beiden ersten Mantelschüße des Oberkessels reichen. Zur Vermeidung von Schlammansammlungen im vorderen, über dem Feuer gelegenen Kesselteile gibt man dem Oberkessel eine Neigung nach hinten. Außerdem macht man den hinteren Verbindungsstutzen zwischen Ober- und Unterkessel länger als den vorderen, so daß Ober- und Unterkessel schräg zueinander liegen. Der im Oberkessel erzeugte Dampf kann infolgedessen ungehindert nach dem Dampfraum im Oberkessel abziehen. Ist dies nicht der Fall, so bilden sich im Unterkessel Dampfsäcke, an denen eine Überhitzung der Kesselbleche eintreten kann. Auch wird der ganze Kessel, wenn sich die abgesperrten Dampfblasen zeitweilig einen Ausweg nach oben verschaffen, heftig erschüttert. Der Unter-

kessel ist ferner vorn, um Platz für die Feuerung freizumachen, verkürzt und hinten über den Oberkessel hinaus verlängert, so daß der hintere Stirnboden mit Ablaufventil und Mannlochdeckel aus dem Kesselgemäuer herausragt und für die Bedienung zugänglich ist. An Stelle des einen Unterkessels verwendet man auch zwei nebeneinander liegende kleinere Unterkessel, die meist nur die zu ihrer Befahrung erforderliche lichte Weite von 600 bis

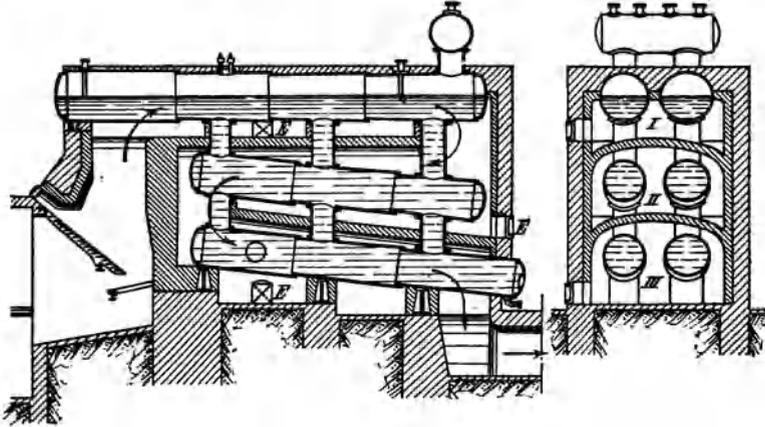


Fig. 57 u. 58. Mehrfacher Walzenkessel von Carl Sulzberger & Co., Flöha

800-Millimeter haben. Man nennt sie Sieder, Vorwärmer oder nach der französischen Bezeichnung Bouillière.

Die Heizgase bestreichen zunächst die untere Hälfte des Oberkessels, fallen durch eine Öffnung des über dem Unterkessel gespannten Gewölbes nach unten, ziehen auf der einen Seite des Unterkessels nach vorn, bewegen sich hier um dessen Stirnseite herum und ziehen auf seiner anderen Seite nach hinten in den Essenfuchs. Bei dieser Einmauerung wird der Raum mit dem Unterkessel durch je eine über und unter dem Kessel liegende Mauerzunge in zwei Teile geteilt. Die untere Mauerzunge ersetzt man zuweilen durch eine eiserne Zunge, da das Mauerwerk bei Betriebsstillständen die Feuchtigkeit aufsaugt und der Kessel an den Auftriegsflächen anroftet.

Ein häufig angewandeter mehrfacher Walzenkessel ist in Fig. 57, 58 abgebildet. Seine Einmauerung zeichnet sich durch Übersichtlichkeit und leichte Befahrbarkeit der Feuerzüge aus, die durch die Einsteigöffnungen E zugänglich sind. Während die Oberkessel mit den Dampfträumen wagerecht liegen, sind die Unterkessel beträchtlich schräg gestellt, wodurch das Aufsteigen des Dampfes nach dem Dampftraume und das Ablassen des Kessels durch

den Ablaufhahn sehr erleichtert werden. Das Speiserohr mündet in einen der beiden Oberkessel.

Ein anderer mehrfacher Walzenkessel besteht aus zwei Oberkesseln und zwei Unterkesseln, bei denen die Dampfträume der Oberkessel durch einen gemeinsamen Dampfsammler verbunden sind. Die Unterkessel erhalten meist nur Verbindungsflugen mit dem Oberkessel, doch werden sie auch bei manchen

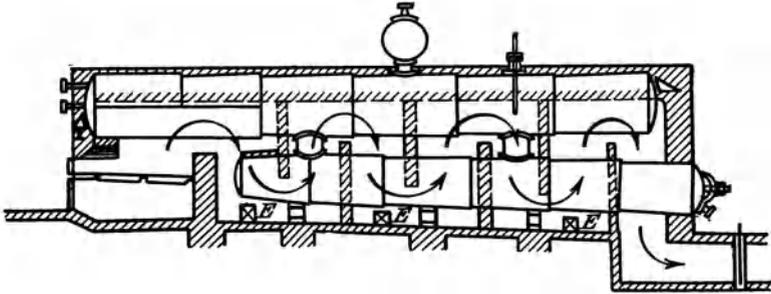


Fig. 59.

Kesselanlagen außerdem durch einen Querstutzen gegenseitig verbunden. Die früher übliche Einleitung des Speisewassers in einen der beiden Unterkessel hat sich nicht bewährt. Das Wasser zirkuliert zu wenig und verdampft in den Unterkesseln so langsam, daß sich an ihren Innenwandungen Luft- und Kohlenäureblasen ansetzen und nach kurzer Zeit Anrostungen entstehen. Mitunter treten an den Unterkesseln auch außen Anrostungen auf, die darauf zurückzuführen sind, daß sich der in den Heizgasen enthaltene Wasserdampf auf den verhältnismäßig

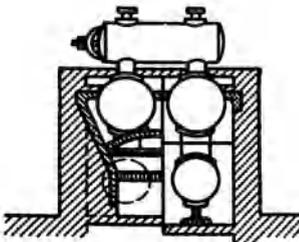


Fig. 60.

kühlen Kesselwänden niederschlägt. Man läßt daher das Speiserohr am besten in den hinteren Teil des Oberkessels münden.

Für diese Kessel (Fig. 59, 60) ist die kammernförmige Einmauerung gebräuchlich, bei welcher die Feuergase durch senkrecht eingebaute Wände schlangenförmig auf- und niedergeführt werden und hierbei den Ober- und Unterkessel abwechselnd berühren. Die Flugasche ist durch seitliche Öffnungen E im Kesselgemäuer aus den Essenzügen herauszuziehen. Der Dampfkessel muß also bei einer derartigen Einmauerung mindestens auf einer Längsseite frei stehen.

Der mehrfache Walzenkessel hat gegenüber dem einfachen Walzenkessel den Vorzug, daß er auf derselben Bodenfläche eine größere Heizfläche zuläßt, und daß infolge der längeren Essenzüge die Heizgase besser ausgenutzt werden. Er ermöglicht ferner, was namentlich beim Verfeuern von billiger Kohlen von Wert ist, auf die einfachste Weise den Einbau eines großen Kofees, erzeugt trockenen Dampf, eignet sich infolge seines großen Wasserraumes für Betriebe mit schwankendem Dampfverbrauche und ist bei der Kesselreinigung leicht befahrbar.

Der hauptsächlichste Nachteil der mehrfachen Walzenkessel besteht darin, daß sie neueren Kesselarten gegenüber noch zu viel Bodenfläche erfordern. Am häufigsten ist noch der Walzenkessel mit einem oder zwei Unterkesseln auf Bergwerken anzutreffen, wo der minderwertige Kohlenschlamm aus der Kohlenwäsche auf einer Schrägrostfeuerung unter dem Kessel verbrannt wird.

Für derartige Betriebsverhältnisse ist er auch sehr gut geeignet, da sich die Schrägrostfeuerung mit der für Kohlenschlamm erforderlichen Kofe-flächengröße an den mehrfachen Walzenkesseln sehr gut unterbringen läßt, und es kann ihm in diesen Fällen mit vollem Recht der Vorzug vor einem Flammrohrkessel mit Schrägrost- oder Treppenrostfeuerung gegeben werden. Kommen aber bessere Kohlenarten für die Feuerung und infolgedessen ein Planrost von geringerer Größe in Betracht, so wählt man besser für den mehrfachen Walzenkessel einen Flammrohrkessel mit Innenfeuerung. Auch die vielfach vorgekommenen Anrostungen der Unterkessel und Ausbeulungen der Feuerplatte vom Oberkessel sowie der Umstand, daß bessere Kesselsysteme, wie der Flammrohrkessel, auch nicht teurer sind, haben den Walzenkessel allmählich verdrängt. Im übrigen wird er bis zu 100 Quadratmeter Heizflächengröße gebaut.

Ähnlich dem Walzenkessel ist der Batteriekessel. Derselbe besteht aus 12 bis 16 Zylinderkesseln, die in drei oder vier Reihen übereinander liegen, durch wagrechte und senkrechte Stützen miteinander verbunden sind und etwa je 700 Millimeter Durchmesser haben. Die Zylinderkessel der obersten Reihe sind zur Hälfte mit Wasser gefüllt und enthalten die mit einem gemeinsamen Dampfsammler in Verbindung stehenden Dampf Räume. Die übrigen Zylinderkessel sind ganz voll Wasser. Von diesem Kesselsystem ist schon wegen der vielen Mannlochverschlüsse, der schwierigen Befahrbarkeit der einzelnen Zylinderkessel und der unbequemen Körperlage der Arbeiter bei der Kesselreinigung entschieden abzuraten.

Der Flammrohrkessel. Der Flammrohrkessel ist der gebräuchlichste aller Dampfkessel. Er besteht aus einem äußeren Walzenkessel

mit zwei Kesselböden, durch welche zwei weite Röhre — die Flammröhre — hindurchgehen. Die Flammröhre dienen zur Aufnahme der Feuerung und werden von den Heizzgasen durchströmt. Je nach der Zahl dieser Flammröhre unterscheidet man Ein-, Zwei- und Dreiflammröhrenkessel. Bei dem Einflammröhrenkessel wird das Flammrohr in der Regel seitwärts eingebaut; man nennt daher einen derartigen Kessel auch Seitrohrkessel. Die seitliche Lage des Flammrohrs erleichtert die Befahrung des Kessels und hat weiter den Vorteil, daß das Wasser an der engen Stelle schneller als an der weiten Stelle erwärmt und ein guter Wasserumlauf im Kessel erreicht wird. Im Innern des Kessels sollte auf dem Kesselmantel niemals eine Lauffchiene aus Winkelisen entlang der weiten Seite fehlen, da sie die Befahrung des Kessels wesentlich erleichtert. Auch bei den Zwei- und Dreiflammröhrenkesseln müssen die Flammröhre so eingebaut werden, daß der Kessel leicht befahren und gereinigt werden kann. Beträgt der lichte Abstand der Flammröhre weniger als 250 Millimeter (in den meisten Fällen ist er erheblich kleiner), so muß die vordere Stirnwand unterhalb der Flammröhre noch ein Mannloch erhalten, oder man macht die letzten Flammrohrschüsse konisch und enger als die übrigen, so daß wenigstens an dieser Stelle der zum Befahren des unteren Kesselteiles nötige Abstand vorhanden ist.

Der Flammrohrkessel wird meist wagerecht verlegt, doch geben ihm auch einige Kesselfabrikanten eine Neigung nach der vorn angebrachten Ablassvorrichtung, damit er sich beim Ablassen vollständig entleert. Der Kessel wird auf gußeiserne Böcke im untersten Zuge gelagert. Die Tragböcke sind möglichst dicht neben den Rundnähten und unter den weiten Flammrohrschüssen aufzustellen. Wird letzteres nicht beachtet, so hat der Kessel durch sein Eigengewicht das Bestreben, die Nietverbindung neben dem Lagerbock auseinander zu drücken, und letztere kann infolgedessen undicht werden.

Flammrohrkessel sollte man nur mit Planrostinnenfeuerung, nötigenfalls auch mit einer Vorfeuerung, nicht aber mit einer Unterfeuerung versehen, so daß die Flammröhre stets den ersten Zug bilden. Bei der gebräuchlichsten Anordnung werden dann die hinten aus den Flammrohren strömenden Heizzgase in zwei Seitenzügen nach vorn und durch den Zug unter dem Kessel — dem Unterzuge — nach dem Essenfuchs geführt. Bei einer anderen Einmauerungsart strömen die Heizzgase aus den Flammrohren zunächst in den Unterzug und von diesem erst in die Seitenzüge. Diese Zuganordnung wird vielfach als die zweckmäßigere empfohlen, da sie durch die höhere Erwärmung der im Unterzuge gelegenen Kesselwände ungleichmäßige Spannungen in den Kesselblechen verhüte und den Wasserumlauf im Kessel fördere; sie hat sich aber nicht wesentlich eingeführt, weil die erörterte

Einmauerung zur Erzielung einer günstigen Verdampfung und eines guten Wasserumlaufes vollauf genügt.

Bei den Seitrohrkesseln ordnet man nur zwei Seitenzüge an und läßt den Unterzug fort, da letzterer infolge des kleinen Kesselburchmessers sehr schmal ausfallen müßte.

Die Einmauerung mit einem Oberzuge, das ist ein Zug oben, über dem Dampftraume des Kessels hinweg, hat keine große Verbreitung gefunden, da das Mauerwerk hierdurch erheblich verteuert und der Nutzen des Oberzuges durch die unvermeidliche Ablagerung von Flugasche auf dem Kesselbleche sehr beeinträchtigt wird. Der Oberzug soll in erster Linie zur Trocknung des Dampfes dienen, ohne jedoch diesen Zweck in genügender Weise zu erreichen. Für Dampfmaschinen, bei deren Betriebe man die Nachteile des nassen und gesättigten Dampfes vermeiden will, benutzt man daher ausschließlich Dampfüberhitzer, die die Oberzugkessel fast völlig verdrängt haben. In den Oberzug eingebaute Speisewasservorwärmer von etwa 600 bis 700 lichtein Durchmesser und annähernder Kessellänge sind mit Vorsicht anzuwenden, da sie an denselben Nachteilen wie die Unterkessel leiden und bei lufthaltigem Speisewasser innen schnell verrosten. Es sei noch darauf hingewiesen, daß in einigen deutschen Bundesstaaten die Oberzugkessel längstens in dreijährigen Fristen einer amtlichen inneren Untersuchung und spätestens nach je 6 Jahren einer amtlichen Wasserdruckprobe zu unterziehen sind. Möglicherweise haben auch diese strengen Vorschriften die Anwendung des Oberzugkessels eingeschränkt.

Die Zweiflammrohrkessel führt man bis zu einer Größe von 120 Quadratmetern Heizfläche aus, darüber hinaus benutzt man Dreiflammrohrkessel mit einer Heizfläche bis zu 170 Quadratmetern. Fig. 61 zeigt einen Flammrohrkessel mit Überhitzer aus der Kesselschmiede von Dschak, Merane, Fig. 62 einen Zweiflammrohrkessel mit Stufenrohren aus der Kesselfabrik von Paucksch in Landsberg a. d. Warthe.

Die Flammrohre können sehr verschiedener Bauart sein. Man unterscheidet glatte Flammrohre, Stufenrohre, Flammrohre mit Gallowaystufen und Wellrohrflammrohre. Die ersten Flammrohrschüsse sind bei größeren Flammrohrkesseln in der Regel etwas weiter als die hinteren, damit ein breiter Kofst eingebaut werden kann. Bei allen Flammrohrarten vermeidet man im Feuerraume Nietverbindungen, und man läßt daher den ersten Flammrohrschuß bis hinter die Feuerbrücke reichen. Die glatten Flammrohre sind in der Längsnäht entweder geschweißt oder genietet. Die Längsnähte werden zum Schutze gegen das direkte Feuer nach unten gelegt, wo sie im Betriebe bald mit Flugasche bedeckt werden. Bei den Stufenrohr-

kesseln schließen sich an den ersten Flammrohrschuß eine große Anzahl sehr kurzer Flammrohrschüsse von abwechselnd engem und weitem Durchmesser an. Ihre Länge ist etwa gleich ihrem Durchmesser. Sie sind so mit-

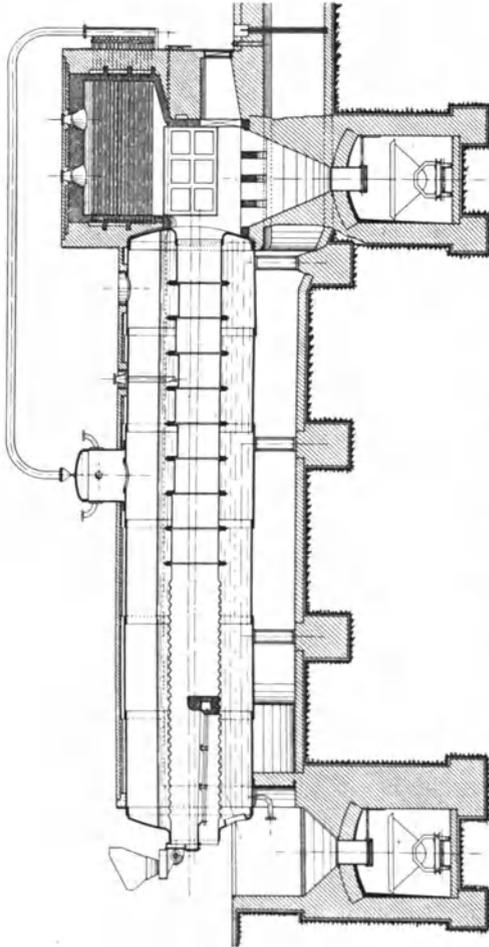


Fig. 61. Stufenrohrkessel mit Dampfüberhitzer von F. S. Nischab Meerane.

einander verbunden, daß die unteren Mantellinien der Schüsse entlang dem ganzen Flammrohre eine einzige gerade Linie bilden. Hierdurch wird die Ablagerung der Flugasche in den weiten Schüssen verhindert und deren Beseitigung beim Herausziehen mit einer Krücke erleichtert. Die Stufen-

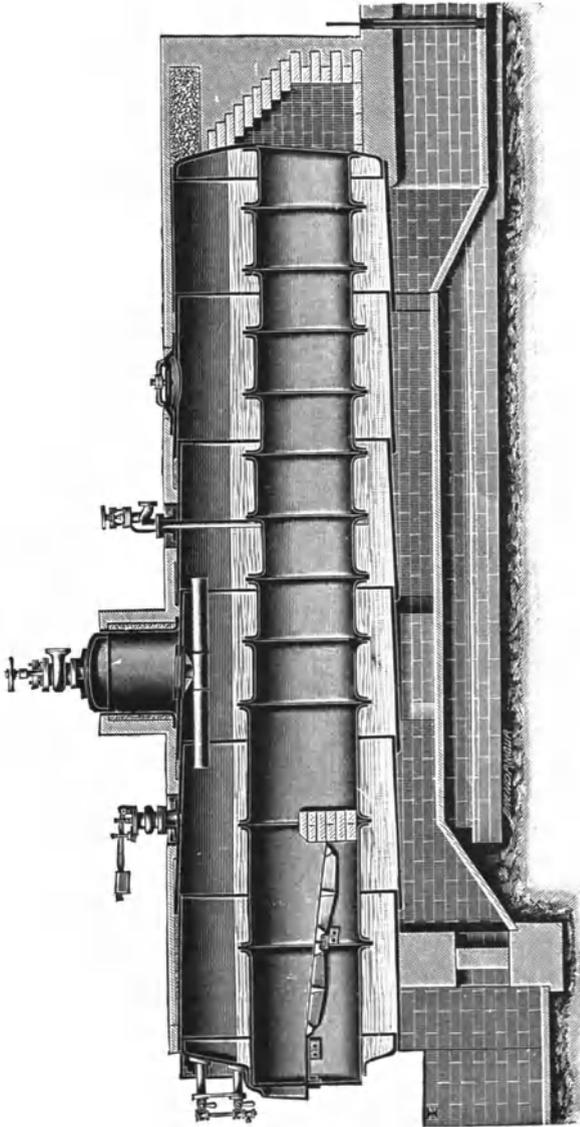


Fig. 62. Einfacher Stufenrohrkessel der Firma Landfisch, N.-O. in Mt-Landsberg a. d. Warthe.

rohre haben ferner den Vorteil, daß sie die Heizgase sehr gut durcheinander wirbeln, daher eine sehr wirksame Heizfläche darbieten und eine sehr gute, dabei aber elastische Versteifung bilden.

Die Gallowayrohre (Fig. 63, 64), sind die bereits früher erwähnten, in die Flammrohre quer eingesetzten Rohre, sogenannte Quersieder. Damit ausgerüstete Kessel nennt man Gallowaykessel (siehe Unterkessel in Fig. 67). Sie fördern den Wasserumlauf im Kessel und versteifen die Flammrohre

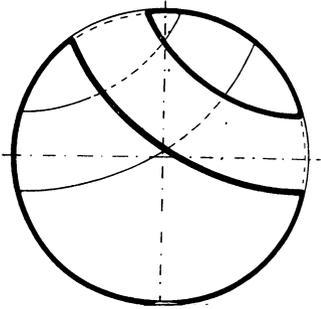


Fig. 63.1)

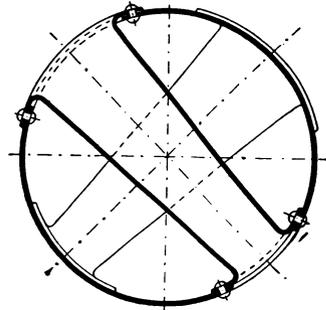


Fig. 64.

sehr wirksam. Als nachteilig könnte man bezeichnen, daß sie schwer vom Kesselstein zu reinigen sind, und daß sie die Befahrung der Flammrohre erschweren, was aber nicht sehr ins Gewicht fällt. Bei neuen Dampfkesseln werden sie in die Flammrohre eingeschweißt und nicht gerade, sondern gekrümmt ausgeführt.

Sie sind nur anwendbar bei Flammrohren von größerem Durchmesser und bei glatten Flammrohren. Da indes für weite Flammrohre neuerdings fast ausnahmslos Wellrohre verwendet werden und Gallowaystutzen sich bei diesen nicht anbringen lassen, sind sie bei neuen Dampfkesseln nur noch selten anzutreffen.

Die gewellten Flammrohre sind wegen ihrer Vorzüge außerordentlich weit verbreitet: Ihr kleinster Durchmesser beträgt 750 Millimeter. Ihre Vorteile sind:

1. Sie besitzen eine sehr große Festigkeit gegen das Zusammendrücken durch den Dampfdruck und gestatten daher die Anwendung sehr weiter Rohre bei geringer Blechdicke.

<sup>1)</sup> Fig. 63 und 64 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Tegner, Dampfkessel 4. Aufl.“ entnommen.

2. Infolge des größeren Flammrohrdurchmessers läßt sich ein breiter Rost in die Feuerung einbauen.
3. Sie vergrößern die Heizfläche um  $\frac{1}{7}$  gegenüber der Heizfläche der glatten Flammrohre.
4. Es setzt sich wenig Kesselstein auf ihnen ab. Durch die beim Kesselbetrieb abwechselnd eintretende Abkühlung und Erhitzung werden die Wellen des Rohres abwechselnd zusammengedrückt und gestreckt, so daß etwaiger darauf haftender Kesselstein abgeblättert und abgesprengt wird.
5. Die Wellen machen die Rohre elastisch, so daß der Kessel bei Längenausdehnungen durch die Wärme geschont wird.

Ein glattes Flammrohr von ein Meter lichtigem Durchmesser müßte schon bei mäßigem Dampfdrucke eine Blechdicke von 15 Millimeter erhalten, während bei einem Wellrohr von 1500 Durchmesser noch 11 Millimeter ausreichen. Die Herstellung der Wellrohre erfolgt in der Weise, daß man glatte Blechplatten zunächst rollt und in der Längsnaht zusammenschweißt. Diese noch glatten Rohrtrommeln werden hierauf im glühwarmen Zustande auf einem besonderen Walzwerk mit den 50 Millimeter hohen Wellen versehen. Je nach der Form der Wellen unterscheidet man verschiedene Wellrohrarten, die gebräuchlichsten sind die Wellrohre nach Fox und Morison.

Bei Kesseln, für welche ein glattes Flammrohr genügt, macht man mit Vortheil wenigstens den ersten Flammrohrschuß aus Wellrohr, da hierdurch der Kessel nicht wesentlich verteuert wird, und die Flammrohre elastisch werden.

Auf einem Quadratmeter Heizfläche eines Zweiflammrohrkessels können im Durchschnitt 25 Kilogramm Wasser verdampft werden; jedoch läßt sich bei großen Kesseln mit reichlichen Rostflächen diese Wassermenge auf 30 und mehr Kilogramm steigern. Eine sehr wirksame Heizfläche sind die Flammrohre, die bei Innenfeuerung die gesamte strahlende Wärme des Feuers aufnehmen. Vorfeuerungen sind daher nur im äußersten Falle anzuwenden. Die Flammrohrkessel haben ferner die Vorzüge des Großwasserraumkessels, d. h. sie eignen sich für Betriebe mit schwankendem Dampfverbrauche und liefern infolge des großen Dampftraumes und des großen Wasserspiegels ziemlich trockenen Dampf. Sie ermöglichen infolge ihrer Einfachheit einen sicheren und ungestörten Betrieb, verursachen wenig Reparaturen und sind bei entsprechender Bauart für die innere Reinigung nicht allzu schwierig zugänglich. Für ganz große Kesselanlagen, wie elektrische Kraftzentralen, Papierfabriken usw., wendet man jedoch keine Flammrohrkessel an, da sie zu viel Platz wegnehmen, und meist auch deshalb, weil ihr Anheizen zu viel Zeit in Anspruch nimmt.

**Der Heizrohrkessel.** (Fig. 65 und 66.) Derselbe ist ein Walzenkessel mit einer größeren Anzahl enger, in die Stirnböden eingewalzter Rohre, die auf der äußeren Seite vom Kesselwasser bespült werden, und durch welche die Heizgase hindurchziehen. Die Heizrohre sind gewöhnlich in zwei Gruppen angeordnet, deren lichter Abstand zur bequemen Reinigung der seitlichen Rohre und zum Befahren des unteren Kesselraumes ausreichen muß. Sie erhalten einen Durchmesser zwischen 70 und 100 Millimeter, ihre Länge nimmt man 50 bis 60 mal so groß wie den lichten Rohrdurchmesser oder

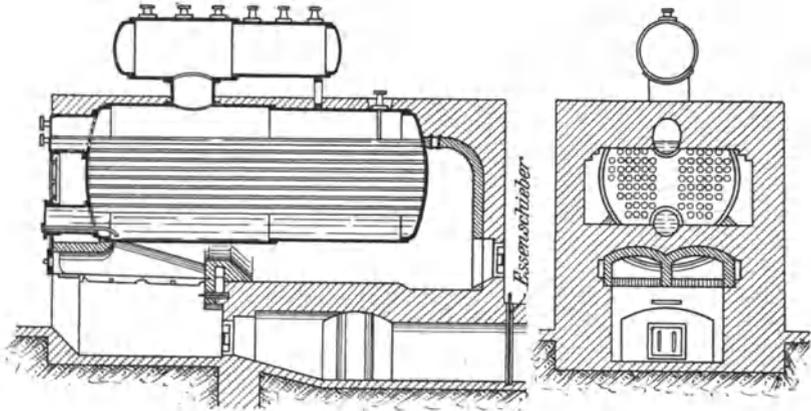


Fig. 65 u. 66.

das  $2\frac{1}{2}$  fache des Kesseldurchmessers. Erst in neuerer Zeit wendet man bei sehr großen Kesseln Heizrohre über 5 Meter Länge an. Sehr lange Heizrohre haben keinen großen Zweck, da die Heizgase bei den üblichen Längen genügend abgekühlt werden. Die Rohrenden stehen 3 Millimeter über den Kesselboden hervor. Einzelne Rohre werden zur Versteifung der Stirnböden als Ankerrohre ausgebildet. Die Ankerrohre erhalten eine größere Wanddicke und werden entweder mit feinem Gewinde in die Rohrböden eingeschraubt oder eingewalzt und an den Enden außen umgebördelt. Des leichteren Einsetzens und Herausnehmens halber werden sämtliche Heizrohre an einem Ende drei Millimeter im Durchmesser aufgeweitet. Man kann sie infolgedessen bei Reparaturen nur nach einer Seite hin heraus schlagen.

Je nach der Art des verfeuerten Brennmaterials setzen sich die Heizrohre mehr oder weniger schnell voll Flugasche und Ruß. Da hierdurch die Wirkung der Heizfläche und auch der Essenzug vermindert werden, müssen die Rohre

öfters ausgefegt werden. Man benutzt hierzu Dampfstrahlarparate oder Drahtbürsten. Auch bei nicht allzugroßen Rußansammlungen in den Heizröhren empfiehlt es sich, die Heizrohre in der Woche mindestens zweimal mit Dampf auszublasen und außerdem einmal mit der Drahtbürste zu reinigen; andernfalls ist es schwer, die Dampfspannung auf genügender Höhe zu erhalten. Die Reinigung der Heizrohre wird am besten während der Mittagspause oder nach Feierabend bei vermindertem Essenzuge vorgenommen. Die Heizrohre müssen für die öftere Reinigung leicht zugänglich sein, und es wird deshalb der vor ihnen liegende Essenzug nicht durch Mauerwerk, sondern durch zwei gußeiserne Türen abgeschlossen.

Die Stirnböden des Heizrohrkessels können flach oder gewölbt sein. Bei den gewölbten Stirnböden sitzen die durchgehenden Heizrohre nicht rechtwinklig, sondern (namentlich nach dem äußeren Rande zu) schräg in dem Rohrboden. Hierdurch wird das Nachwalzen der Rohre zwar schwierig, aber bei sorgfältiger Ausführung der Löcher im Rohrboden keineswegs unzuverlässig. Häufig erhalten Kessel mit gewölbten Böden weniger Rohre als Kessel mit flachen Böden. Manche Kesselfabriken bevorzugen daher Kessel mit ebenen Stirnböden, trotzdem letztere durch Anferrohre oder durch besondere Anfer versteift werden müssen. Gewölbte Stirnböden haben den Vorzug, daß derartige Versteifungen unnötig sind. Neuerdings gibt es auch gewölbte Stirnböden mit ebenen Flächen zur Aufnahme der Heizrohre.

Der Heizrohrkessel erhält eine Planrostunterfeuerung. Die Heizgase durchströmen erst den Unterzug, dann die Heizrohre von hinten nach vorn und hierauf die Seitenzüge. Die hauptsächlichsten Vorteile des Heizrohrkessels bestehen darin, daß er bei ziemlich großer Heizfläche wenig Platz einnimmt, und daß er sich schnell anheizen läßt. Andererseits verlangt er ein gutes Kesselspeisewasser, da beim Befahren nur einige Stellen des Kessels zugänglich sind, und bei starker Kesselsteinbildung die Heizrohre öfters ganz herausgenommen werden müssen. Die Heizrohre sind mit Vorsicht herauszuschlagen, da leicht Stegriffe im Stirnboden entstehen; die Rohre werden deshalb, wenn sie gänzlich erneuert und nicht wieder verwendet werden sollen, vor dem Heraus schlagen zunächst mit einem Kreuzmeißel in der Einwalzstelle aufgetrennt.

Der Heizrohrkessel liefert nasseren Dampf als der Flammrohrkessel; auf einem Quadratmeter Heizfläche können bis zu 18 Kilogramm Wasser verdampft werden. Eine höhere Beanspruchung ist nicht ratsam, da sie Undichtheiten an den Einwalzstellen der Heizrohre zur Folge haben kann. Das Speiseventil wird entweder am Deckel eines Stukens am vorderen Rohrboden unterhalb der Heizrohre oder an einem Stuken oben auf dem

Steffelmantel angebracht. Im ersteren Falle läßt man das Speiserohr bis in den hinteren Kesselteil reichen, um zu vermeiden, daß die hoch erhitzte Feuerplatte durch das Speisewasser getroffen wird. Bei der Speisung von oben läßt man das Einhängrohr dicht unter dem niedrigsten Wasserstand münden. Das Speisewasser soll auch aus dem Grunde wenig Schlamm und Kesselstein absetzen, weil derartige Ablagerungen häufig die Ursache von Ausbeulungen in der Feuerplatte sind.

**Der kombinierte oder zusammengesetzte Dampfkessel.** Derselbe besteht aus zwei übereinanderliegenden Dampfkesseln. Der Unterkessel ist stets ein Zweiflammrohrkessel, der Oberkessel zumeist ein Heizrohrkessel (siehe Fig. 65) oder gleichfalls ein Zweiflammrohrkessel (Fig. 61, 62). Ober- und Unterkessel werden durch einen oder zwei Stützen miteinander verbunden. Die ersten kombinierten Kessel hatten nur einen Dampfraum, und zwar im Oberkessel. Der Unterkessel war völlig mit Wasser gefüllt. Bei dieser Bauart, die man nach dem Erfinder Tischbeinkessel nannte, wurde aber die Verdampfung durch den langen Weg des Dampfes aus dem Unterkessel nach dem Dampftraume stark beeinträchtigt, und man erhielt sehr nassen Dampf. Da aber bei diesem Kessel die ganze Oberfläche des Unterkessels als Heizfläche ausgenutzt werden kann, haben einige Kesselfabriken auch neuerdings wieder derartige Kessel mit nur einem Dampfraum angefertigt. Um den nassen Dampf zu verhüten, muß ein Dampfüberhitzer eingebaut werden, und es erhält der Oberkessel einen sehr großen Durchmesser, so daß auch sein Dampfraum groß ausfällt. Dampfstauungen im Unterkessel vermeidet man dadurch, daß man den Unterkessel nach hinten zu stark konisch macht. Da der Ober- und Unterkessel durch einen vorn auf die Kesselmäntel aufgenieteten Stützen verbunden sind, können die Dampfblasen bei einem solchen Kessel ungehindert aus dem Unterkessel in den Oberkessel emporsteigen, und es ist auch möglich, den ganzen Kessel durch den Ablassstutzen am Unterkessel vollständig zu entleeren. Die konische Form des Unterkessels hat ferner eine Verengung der Seitenzüge von hinten nach vorn zur Folge, wovon sich die Kesselfabrikanten eine bessere Ausnutzung der von hinten nach vorn ziehenden Heizgase versprechen. (Maße eines derartigen Kessels sind beispielsweise: Oberkessel 2400 Millimeter Durchmesser, Unterkessel vorn 2900, hinten 2600 Millimeter Durchmesser.) Trotzdem diese von einigen sehr erfahrenen Kesselfabrikanten vertretenen Ansichten vieles für sich haben, werden auch kombinierte Kesselsysteme gebaut, bei denen sowohl im Unter- wie im Oberkessel je ein Dampfraum vorhanden ist. Die Dampfträume werden durch ein unverschließbares Rohr verbunden, so daß in beiden Kesseln immer dieselbe Dampfspannung vorhanden ist. Bei diesem Kesselsystem

erhält zwar jeder Kessel eine völlig getrennte Speiseleitung; man speist jedoch für gewöhnlich nur in den Oberkessel und bringt in diesem ein Überlaufrohr

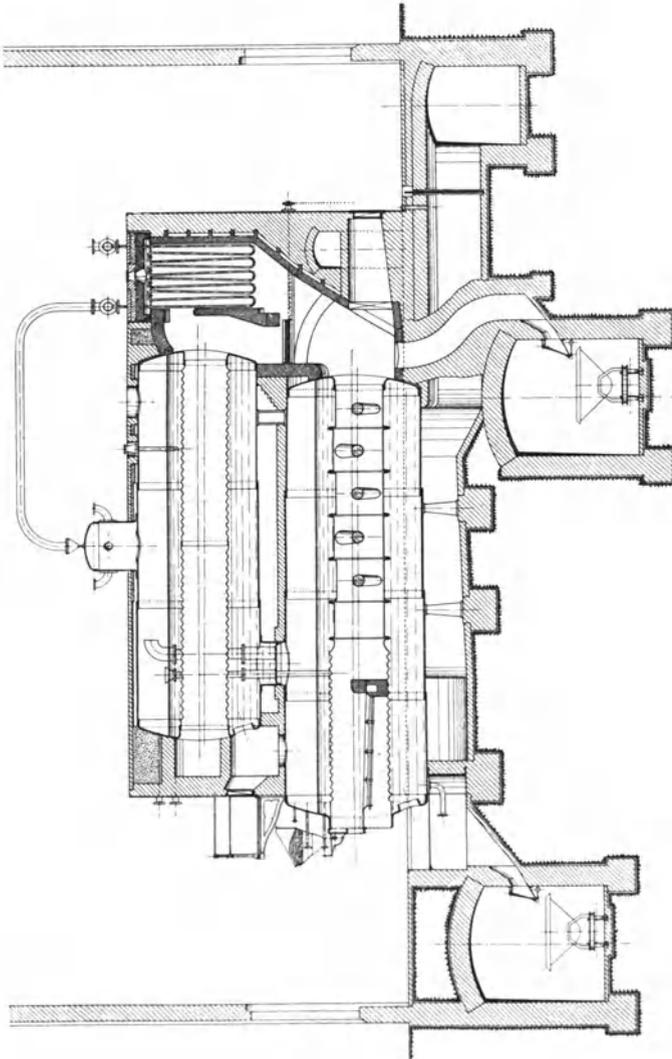


Fig. 67. Kombiniertes Kessel von J. L. Schick, Meerane. Kesselrohr im Unterkessel mit Gallwachsfugen.

an, durch welches hindurch das Wasser in den Unterkessel fließt. Da der Unterkessel stets mit der Feuerung versehen ist, und infolgedessen auch das

meiste Wasser darin verdampft wird, hat diese Einrichtung den Vorteil, daß der Heizer nur für einen ausreichenden Wasserstand im Unterkessel zu sorgen hat; der Oberkessel wird dann stets genügend Wasser enthalten. Nur im Notfall, wenn die Wasserspiegel in beiden Kesseln zu weit gesunken sind, und die Speisung des Unterkessels durch den Oberkessel hindurch zu lange

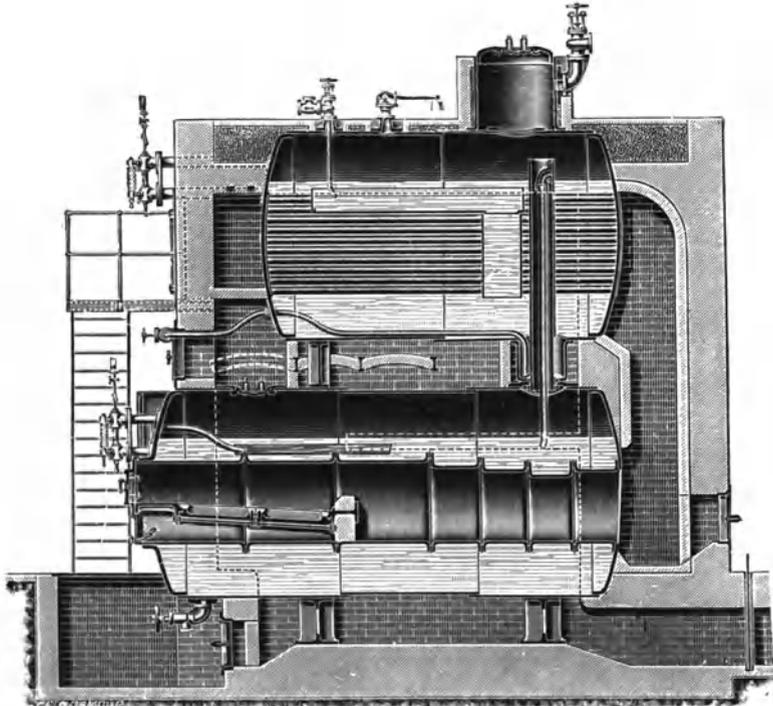


Fig. 68. Kombinierter Kessel von der U.-G. Baudsch in Landsberg a. W.

dauern würde, muß der Heizer den Unterkessel auf direktem Wege zuerst voll speisen.

Den Dampfraum des Unterkessels läßt man in der Regel nicht von den Heizgasen bestreichen, sondern man deckt ihn außen mit einer Ziegelschicht ab, damit der Kessel nicht als Oberzugkessel gelte und von den hierfür vorgeschriebenen häufigen amtlichen Untersuchungen befreit bleibe. (Seite 107.)

Die kombinierten Kessel (oben Heizrohr-, unten Zwei- oder Dreiflammrohrkessel), (Fig. 67, 68) werden in sehr großen Abmessungen von 100 bis 700 Quadratmeter Heizfläche hergestellt. Bei einem großen Kessel ent-

fallen auf den Mantel des Unterkessels 42,81, auf die Wellrohrflamrohrre 71,4, auf den hinteren unteren Stirnboden 2, auf den Oberkesselmantel 37,5, auf die 270 Heizrohre 442 und auf die beiden oberen Stirnböden 8,4 Quadratmeter Heizfläche. Die Vorteile dieses Kesselsystems beruhen in dem geringen Bedarf an Bodenfläche und in der guten Wärmeausnutzung der Heizgase. Auf einem Quadratmeter Heizfläche werden bei kleineren Kesseln annähernd 20, bei großen Kesseln nicht mehr als 15 bis 16 Kilogramm Wasser in der Stunde verdampft. Die verhältnismäßig kleine Leistungsfähigkeit der ganz großen Kessel erklärt sich daraus, daß es schwer ist, eine entsprechend große Kostfläche unterzubringen und genügend zu bedienen.

Die Feuerung ist bei allen kombinierten Dampfkesseln eine Planrostinnenfeuerung, die bei neueren und größeren Kesseln einen selbsttätigen Beschickungsapparat mittels Wurftad oder Wurfschaukel erhält. Bei großen Kesselanlagen macht sich dann der Mangel dieser Feuerungen, daß sie von Hand abgescalakt werden müssen, durch Verminderung der Kesselleistung sehr bemerkbar.

**Der ausziehbare Röhrenkessel** (Fig. 69). Derselbe ist eine Abart der Lokomobilkessel, die ohne Mauerwerk hergestellt und zum Teil mit Rädern ausgerüstet werden, so daß ihr Aufstellungsort leicht gewechselt werden kann. Die Dampfmaschine wird gleich auf dem Kessel befestigt. Ein derartiger Dampfkessel, der aber auch für feststehende Kesselanlagen vielfach verwendet wird, ist der nebenstehende Kessel von R. Wolf in Budau-Magdeburg. Derselbe besteht aus einem Zylinderkessel mit ebenem Stirnboden und einem ausziehbaren Rohrsystem. Letzteres setzt sich aus den Heizrohren und der Feuerbüchse zusammen, die bei größeren Kesseln aus Wellrohren und bei kleineren Kesseln aus glatten Rohren gebildet wird. Die Heizrohre sind vorn in die Feuerbüchse und hinten in eine Stirnwand eingewalzt. Etwaige Ankerrohre sind eingeschraubt. Das fertige Rohrsystem wird in den Außenkessel eingeschoben und an dessen vorderen und hinteren Stirnwand durch eine entsprechende Anzahl von Schrauben festgeschraubt. Zur Abdichtung werden Dichtungsringe aus erprobtem Material, wie Weichgummi, Klingerit usw. verwendet.

Das Auseinandernehmen, Reinigen und Wiederzusammenschrauben kann, wenn der Kessel nicht zu stark verschmutzt war, meist an einem oder zwei Tagen vorgenommen werden; zwei abgescrägte, innen auf den Langkessel angenietete Blecheden erleichtern das Hereinschieben des Rohrsystems. Damit die Befestigungsschrauben an den Stirnrändern nicht festbrennen und sich leicht lösen lassen, müssen sie nach jeder Kesselreinigung mit Talg und Graphit eingeschmiert werden.

Am hinteren Ende des Langkessels ist die Rauchkammer angeschraubt, in welche die Heizrohre münden, und aus welcher die Heizgase nach dem Schornstein abziehen. Je nachdem ein gemauerter oder eiserner Schornstein

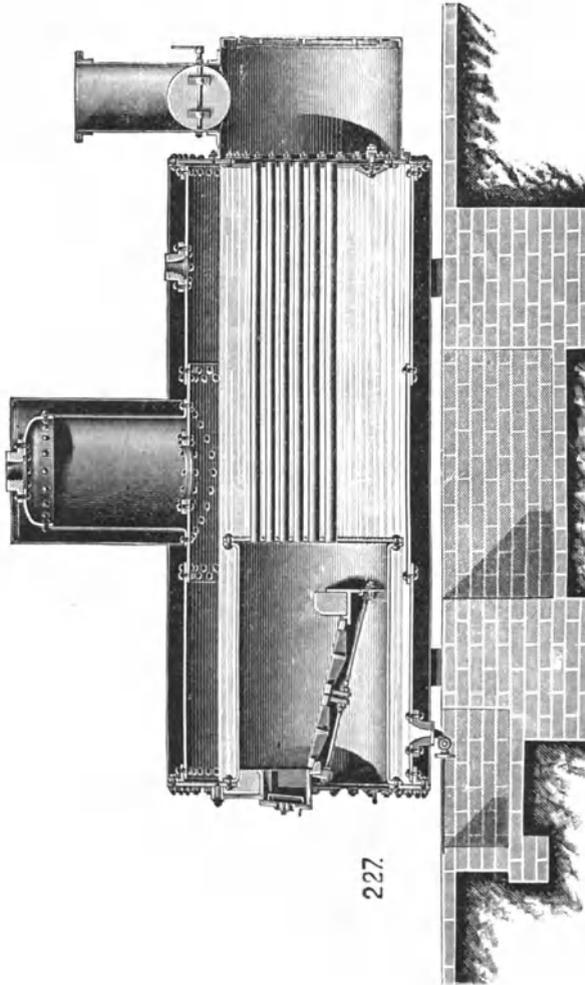


Fig. 69. Musiebarer Röhrenkessel von H. Wolf in Magdeburg-Budau.

vorhanden ist, wird eine Drehklappe oder ein eiserner Essenschieber zur Regelung des Essenzuges angebracht. Bei den sogenannten Heißdampfkesseln wird in der Rauchgasstammer der Dampfüberhitzer eingebaut, der aus starken, nahtlosen schmiedeeisernen Röhren hergestellt wird und sich somit un-

mittelbar hinter den Siederohren befindet. Die Heizrohre und der Überhitzer müssen öfter von Ruß und Flugasche gereinigt, wozu die Kessel mit einer Dampfausblaseeinrichtung ausgerüstet werden. Der Abstand von den einzelnen Heizrohren ist so bemessen, daß selbst bei großen Dampfkesseln das ganze Rohrbündel bequem mit Reinigungsmeißeln durchstoßen werden kann. Doch empfiehlt es sich bei hartem Kesselspeisewasser, dasselbe vor dem Einspeisen in den Kessel zu enthärten. Beim Verfeuern von Steinkohle, Steinkohlenbriketts, Gas- und Hüttenkoks und besserer Braunkohle erhalten die Lokomobilkessel eine Innenfeuerung mit Planrost; sollen lange Holz-scheite, Stroh oder Braunkohlenbriketts verfeuert werden, so bringt man der erforderlichen größeren Koflfläche halber eine Planrostvorfeuerung an. Für erdige Braunkohlen von geringem Heizwert, für Sägespäne von weichen Hölzern und für kürzere Holzabfälle wendet man auch bei Lokomobilkesseln die Treppenrostfeuerung an. Die Roste werden in beiden letzteren Fällen in einem fahrbaren, eisernen Gehäuse untergebracht, das mit Schamottesteinen ausgemauert ist.

Der Vorzug dieser Kessel besteht darin, daß sie bei großer Heizfläche wenig Raum beanspruchen und verhältnismäßig geringes Gewicht haben. Sie nutzen ferner die Kohle gut aus und liefern beim Anheizen schnell Dampf so daß sie sich namentlich für unterbrochenen Betrieb gut eignen. Trotz der Heizrohre lassen sich die Kessel ziemlich gut reinigen, weil man das Rohrbündel mit der Feuerbuche herausziehen kann. Zum Reinigen der Rohre vom Kesselstein kann man mit Nutzen einen Rohrreiner verwenden, die auf einem Riemen oder einem schmiegsamen Stahlband gehärtete Stahlspitzen haben, mit denen der auf der äußeren Rohrseite haftende Kesselstein abgekratz wird. Zur Verhütung von Wärmeverlusten werden die Kessel schon in der Fabrik mit einer Isoliermasse eingepackt und darüber mit einem Blechschuzmantel versehen.

**Der Wasserrohr- oder engrohrige Siederohrkessel.** Bei dem Wasserrohrkessel wird die Heizfläche entweder ganz oder zum weitaus größten Teile von engen Röhren mit einem lichten Durchmesser zwischen 70 und 120 Millimeter gebildet. Er wird deshalb auch als engrohriger Siederohrkessel bezeichnet. Man unterscheidet Wasserrohrkessel mit Wasserammern und Wasserrohrkessel ohne Wasserammern. Wasserrohrkessel, die lediglich aus Röhren bis zu 100 Millimeter lichter Weite bestehen, dürfen auch unter bewohnten, übersehten Räumen aufgestellt werden, was bei allen sonstigen Kesseln nicht der Fall ist. Sie werden daher auch Sicherheitsdampfkessel genannt. Wasserammern nennt man diejenigen kastenförmigen Kesselteile, in denen die Siederohre eingewalzt und die oben mit dem Dampfraum

des Kessels verbunden sind. Die zahlreichen verschiedenen Bauarten der Wasserrohrkessel verfolgen im allgemeinen den Zweck, den Wasserumlauf und das Entweichen der Dampfblasen aus den Siederohren zu fördern. Kann das Wasser- und Dampfgemisch in den Siederohren nicht schnell genug aufsteigen, wie dies namentlich bei zu langen und nicht genügend steilen Rohren vorkommt, so werden die der größten Hitze ausgesetzten Rohre glühend und plätzen auf oder beulen aus. In Sachsen waren daher eine Zeitlang zur Vermeidung der häufigen Unfälle an derartigen Kesseln bestimmte Maße für die Rohrlänge und für die Wasserkammern sowie eine Mindestneigung der Rohre vorgeschrieben.

Die Wasserkammern werden entweder an beiden Enden oder nur am vorderen Ende der Siederohre angebracht. Erstere nennt man Zweikammer-, letztere Einkammerkessel, obgleich sie tatsächlich auch ein Zweikammersystem darstellen.

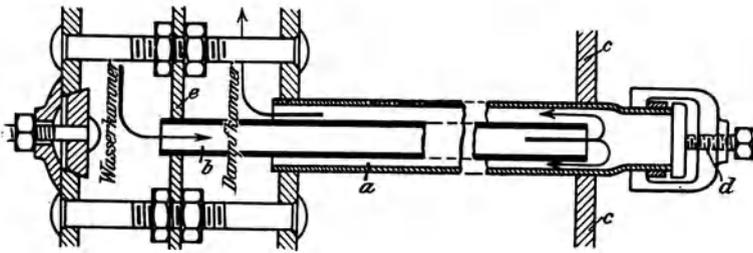


Fig. 70.

Bekannte **Einkammerkessel** sind der Dürr- oder Gehreckessel und der Willmannkessel. Dieselben besitzen völlig getrennte Wege für Wasser und Dampf. Bei beiden Kesselsystemen ist die Wasserkammer durch eine leichte Zwischenwand in zwei Teile geteilt, so daß auch diese Kessel eigentlich Zweikammerkessel sind. Ein lebhafter Wasserumlauf wird dadurch erzielt, daß in jedes Siederohr *a* noch ein zweites, engeres Rohr *b* eingeschoben ist. Bei den Dürrkesseln münden die Siederohre in den inneren, die Einschiebrohre dagegen in den äußeren Teil der Wasserkammer (Fig. 70). Das Wasser tritt aus der vorderen Kammerhälfte in die Einschiebrohre, strömt darin nach hinten und gelangt in den Zwischenraum zwischen Einschiebrohr und Siederohr, wo es stark erwärmt und zum Teil verdampft wird. Infolgedessen steigt das Wasser in die Höhe, gelangt in die hintere Kammerhälfte (wohl auch Dampfkammer genannt, wegen des im Wasser enthaltenen Dampfes) und strömt nach dem einen Oberkessel. In diesem zieht das Wasser nach

hinten und tritt durch einen Querstutzen in den zweiten Oberkessel, in welchem es nach vorn strömt. Von hier aus fällt das Wasser, nachdem die Dampfblasen daraus entwichen sind, in die vordere Kammerhälfte (auch Wasserkammer genannt) hinab, um wieder durch die engen Rohre zu fließen. Das hintere Ende jedes Siederohres ist, wie auch nebenstehende Skizze zeigt, mit einem leicht abnehmbaren Deckel oder mit einem anderen lösbaren Verschuß versehen, damit die Einschiebrohre leicht herausgenommen und die Siederohre vom Schlamm und Kesselstein gereinigt werden können. Im übrigen erhalten die hinteren Enden der Siederohre eine feste Auflagerung in einer eisernen Platte c, die zugleich als Abschluß der Feuerzüge dient, und über welche die hinteren Rohrschlüsse hervorstehen, so daß letztere während des Betriebes vom Heizer kontrolliert werden können. Die Oberkessel liegen entweder ganz oder teilweise innerhalb der Kesselzüge und dienen daher auch mit zur Dampfzeugung.

Häufiger und älter sind die Wasserrohrkessel mit zwei **Wasserkammern**, bei denen die Siederohre an beiden Enden in je eine Wasserkammer eingewalzt sind. Am vorderen Ende sind die Rohre, damit sie leichter eingesezt und bei Reparaturen herausgenommen werden können, um etwa 3 Millimeter aufgeweitet. Oberhalb der Siederohre liegt ein einfacher Zylinderkessel, in den beide Wasserkammern münden. Infolge der schrägen Lage der Rohre steigt das darin befindliche Wasser- und Dampfgemisch durch die vordere Wasserkammer nach dem Oberkessel in die Höhe. Hier scheiden die Dampfblasen aus, während das Wasser nach dem hinteren Teil des Kessels strömt, in der hinteren Wasserkammer niedersinkt und wieder in die Siederohre eintritt. Die einander gegenüberliegenden Wände der einzelnen Wasserkammern sind durch Stehholzen miteinander versteift. Damit die Siederohre für die Reinigung vom Kesselstein zugänglich sind und bei einer etwaigen Auswechslung herausgeschlagen und eingesezt werden können, muß vor jedem Rohrende eine Öffnung in den Wasserkammern angebracht werden, die durch einen kleinen schmiedeeisernen Deckel verschlossen wird. Auf diese Verschlüsse ist besondere Sorgfalt zu legen. Bei jeder Kesselreinigung sind die Deckel und die zugehörigen Schrauben gründlich auf etwaige schadhafte Stellen zu untersuchen und die Dichtungsflächen zu reinigen. Mangelhafte Rohrverschlüsse verursachen nicht nur Betriebsstörungen, sondern auch Unfälle durch das ausströmende heiße Kesselwasser. Als Dichtung werden für die Verschußdeckel entweder Gummi- oder auch Kupferringe verwendet. Einige Kesselfabriken schleifen jedoch auch die Deckel dampfdicht in die Wasserkammern ein, so daß es einer weiteren Abdichtung nicht bedarf. Deckel und Bohrung erhalten häufig längliche Form, so daß man den Deckel

nur zu verdrehen und schräg zu halten braucht, um ihn nach Lösen der Bügelschraube aus der Öffnung herausnehmen zu können. Im übrigen sind die Öffnungen in der Vorderwand der Wasserkammer so bemessen, daß man die Siederohre bequem hindurchstecken kann.

Die Wasserrohrkessel liefern im allgemeinen sehr nassen Dampf und werden deshalb fast immer mit einem Dampfüberhitzer ausgerüstet.

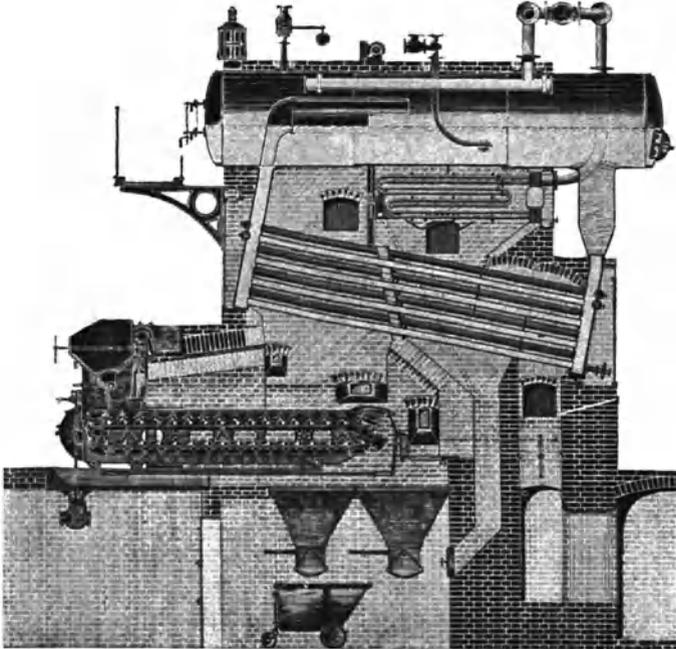


Fig. 71.

Fig. 71 zeigt den Röhrenkessel der Firma Steinmüller in Gummersbach. Eigenartig ist die Anordnung der Rohre. An geeigneten Stellen sind einige Rohrreihen fortgelassen. Es sollen sich hierdurch die unteren Rohre besser mit Wasser füllen und eine gleichmäßigere Verdampfung in allen Rohren erreicht werden. Die Deckel in den Wasserkammern werden mit dünnen Gummiringen abgedichtet. Damit die Verschlussdeckel in die Wasserkammern hinein- und herausgebracht werden können, werden einige Öffnungen größer und oval ausgeführt und mit einem ovalen Deckel verschlossen. Im Oberkessel ist über der Mündung der vorderen Wasserkammer eine Blechhaube

angebracht, welche das heftig in die Höhe strömende Wasser sanft nach hinten leitet und ein Aufspritzen desselben im Dampfraum verhütet.

Bei dem Babcox- und Wilcox-Röhrenkessel (Fig. 72) sind die Wasserkammern einzelne Abteilungen, durch welche die in senkrechter Richtung übereinanderliegenden Röhre miteinander verbunden sind. Durch diese Zerlegung werden Verankerungen der Wasserkammern überflüssig. Die

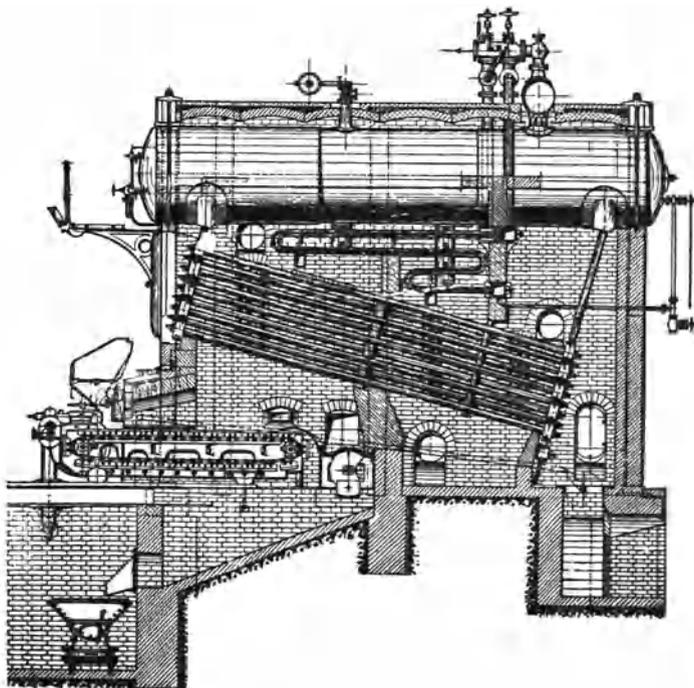


Fig. 72.

Kammeranschlüsse bestehen aus einem inneren Deckel mit Schraube und einem äußeren Deckel. Letzterer ist genau aufgepaßt und dichtet ohne Dichtungsmaterial ab. Die inneren Deckel haben des bequemeren Hineinbringens halber ovale Form.

Zur Speisung engrohriger Siederohrkessel darf nur Wasser verwendet werden, das vor dem Verbräuche in einer besonderen Reinigungsanlage von den Kesselsteinbildnern befreit ist. Denn trotz des lebhaften Wasserumlaufes setzt sich bei ungereinigtem Speisewasser Kesselstein in den Siede-

rohren ab, der sich nur schwierig und nur mit sogenannten Rohr- oder Turbinenreinigungsapparaten entfernen läßt. Der Schlamm muß durch öfteres Ausblasen des Kessels mittels eines an der hinteren Wasserkammer angebrachten Ablaßhahnes oder Ablaßventils beseitigt werden. Zuweilen wird auch im Oberkessel, dicht vor der Mündung der hinteren Wasserkammer, eine kleine Quertwand eingefügt, durch die verhindert werden soll, daß der Schlamm aus dem Oberkessel in die hintere Wasserkammer und in die Siederohre geschleppt wird. Im Oberkessel befindet sich ferner gewöhnlich über der Mündung der vorderen Wasserkammer eine Blechhaube, deren Zweck darin besteht, den mit großer Geschwindigkeit aus der Wasserkammer in die Höhe steigenden Wasserstrahl nach hinten zu lenken und den Wasserstand in den Wasserstandsgläsern ruhig zu halten. Vielverbreitete Kessel dieser Art sind der Steinmüllerkessel und der Büttnerkessel.

Die Wasserrohrkessel nehmen bei großer Heizfläche wenig Bodenfläche in Anspruch, lassen sich schnell anheizen und gestatten die Anwendung großer Roste. Bei normalem Betriebe verdampfen sie stündlich 16 bis 20 Kilogramm Wasser auf einem Quadratmeter Heizfläche; bei manchen derartigen Kesseln soll bei verstärkter Inanspruchnahme diese Wassermenge sogar auf 28 Kilogramm gesteigert worden sein. Da der Wasserinhalt der Wasserrohrkessel gering ist, fällt die Dampfspannung schnell beim Speisen großer Wassermengen oder bei zeitweilig großem Dampfverbrauche. Es ist daher möglichst dauernd zu speisen. Um in dieser Hinsicht mehr Freiheit zu haben, bringt man einen oder zwei Oberkessel an oder verbindet das Rohrsystem mit einem Großwasserraumkessel.

Die Feuerung der Wasserrohrkessel ist eine Planrostfeuerung mit Hand- oder mechanischer Beschickung oder, was wegen der in Betracht kommenden großen Rostflächen neuerdings wohl die Regel ist, eine Kettenrostfeuerung. Der Rost wird sehr tief gelegt, damit ein hoher Feuerraum entsteht, in welchem sich die Feuergase frei entfalten können und ihre Verbrennung nicht durch vorzeitige Berührung mit den Siederohren unterbrochen wird. Andernfalls ist eine erhebliche Rußabscheidung und Rauchentwicklung, unter Umständen auch eine Beschädigung der Siederohre leicht möglich. Die Heizgase bestreichen die Siederohre in schlangenförmigen Zügen. Die Zuführung wird durch gußeiserne Platten, die zwischen die Siederohre eingebaut werden, oder durch feuerfestes Mauerwerk aus Schamottesteinen bewirkt. Bei den meisten Einmauerungsarten wird der Oberkessel von den Heizgasen nicht berührt; da er mehr zur Abscheidung des Dampfes vom Wasser als zur Dampferzeugung dient und übrigens seine Heizfläche verhältnismäßig klein sein würde. (Siehe Figuren Seite 36 und 37.)

**Der Steilrohrkessel.** Derselbe besteht aus einem, zwei oder drei nahezu senkrechten Rohrbündeln, die unten in einen gemeinsamen Unterkessel, oben bündelweise in je einen Oberkessel eingewalzt sind. (Beschreibung eines Rohraufwalzapparates oder einer Rohrdichtmaschine siehe Abschnitt X.) Der lichte Durchmesser der Siederohre beträgt etwa 60 bis 100 Millimeter. Die Kessel werden meist mit einem Unterkessel und je nach der Zahl der Rohrbündel mit einem, zwei oder drei Oberkesseln ausgeführt. Die Unter- und Oberkessel liegen wagerecht und quer in den Feuerzügen und haben eine derartige lichte Weite, daß sie beim Einwalzen der Siederohre bequem befahren werden können. Der Wasserstand reicht bis zur Mitte der Oberkessel, darüber befindet sich der Dampfraum. Die Oberkessel sind im Dampf- und Wasserraum durch wagerechte Stützen oder eine größere Anzahl Rohre untereinander verbunden, was auch bei den Unterkesseln der Fall ist, wenn mehrere vorhanden sind. Die Kessel werden in eisernen Gerüsten aufgehängt, so daß sich die Rohre ungehindert in der Längsrichtung ausdehnen können. Das Mauerwerk wird nach beendetem Zusammenbau des Kessels aufgeführt und dient nur zum Abschluß der Feuerzüge, hat also keinen Druck durch das Kesselgewicht auszuhalten.

Sind nur ein Unter- und ein Oberkessel vorhanden (Garbessel), so wird das Rohrbündel durch eine zwischen die mittleren Rohre quer eingesetzte Schamotteplatte in ein vorderes und ein hinteres Bündel zerlegt. Die Heizgase steigen an den vorderen Rohrreihen in die Höhe, berühren hier den etwa eingebauten Dampfüberhitzer und ziehen an den hinteren Rohrreihen entlang nach unten in den Essenfuchs. Das Wasser nimmt in den Siederohren dieselbe Bewegungsrichtung an wie die Heizgase; es steigt also in den vorderen Rohrreihen vom Unterkessel nach dem Oberkessel in die Höhe und fällt in den hinteren Rohrreihen wieder nach unten. Im Unterkessel wird ein Schlammfang eingebaut, der die Bewegung des Wassers aufhält und den Schlamm abfängt, der durch öfteres Ausblasen aus dem Kessel herausbefördert wird. Ebenso wie die anderen Wasserrohrkessel sollten auch die Steilrohrkessel nur mit gut gereinigtem Wasser gespeist werden. Da es sich bei diesen Dampfkesseln meist um so große Krostflächen handelt, bei denen die Handbeschickung nicht ausreichen würde, erhalten sie fast ausschließlich Kettenrostfeuerungen. Man wendet auch keine Feuerungsapparate an, bei denen das Feuer noch vom Heizer abgeschlakt werden muß. Hieraus erklären sich auch die hohen Verdampfungsziffern und die gute Ausnutzung der Kohle bei diesen Kesseln, da ihr Feuerungsbetrieb keinerlei Unterbrechungen ausgesetzt ist. Bei der Kettenrostfeuerung ist darauf zu achten, daß das Gewölbe über dem Roste, welches im Betriebe sehr heiß und glühend wird, genügenden

Abstand von den Siederohren hat. Bei zu kleinem Abstände ist es vorgekommen, daß in den vorderen Rohrreihen feine Haarrisse entstanden sind,

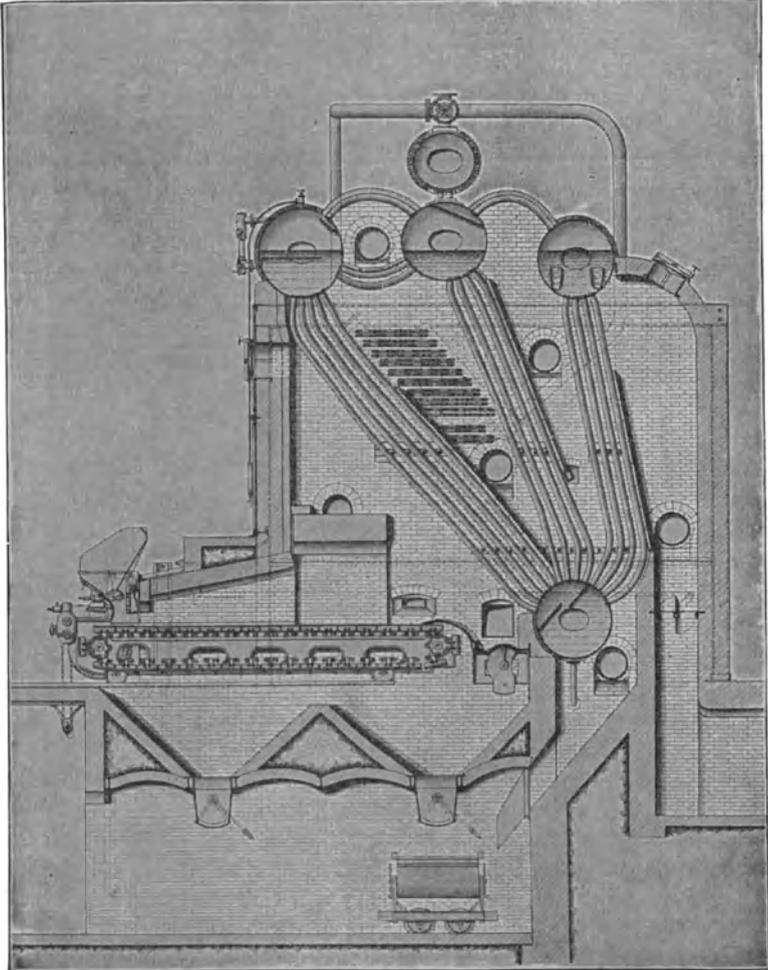


Fig. 73. Steilrohrkessel der Babcox & Wilcox-Werke in Oberhausen, Rhld.

die sich bei längerer Betriebsdauer vergrößerten und eine Erweiterung der Siederohre erforderlich machten. Die Steilrohrkessel werden mit einer Heizfläche von 150 bis 600 Quadratmeter ausgeführt. Vereinzelt sind aber

auch noch größere derartige Kessel bis zu 1000 Quadratmeter Heizfläche gebaut worden. Was die Betriebsergebnisse anlangt, so sind bei Steilrohrkesseln mit Dampfüberhitzern und Economisern beim Verfeuern von Braunkohle auf dem Quadratmeter Heizfläche stündlich 21,4 Kilogramm Wasser verdampft und 84 Prozent der in der Kohle enthaltenen Wärme

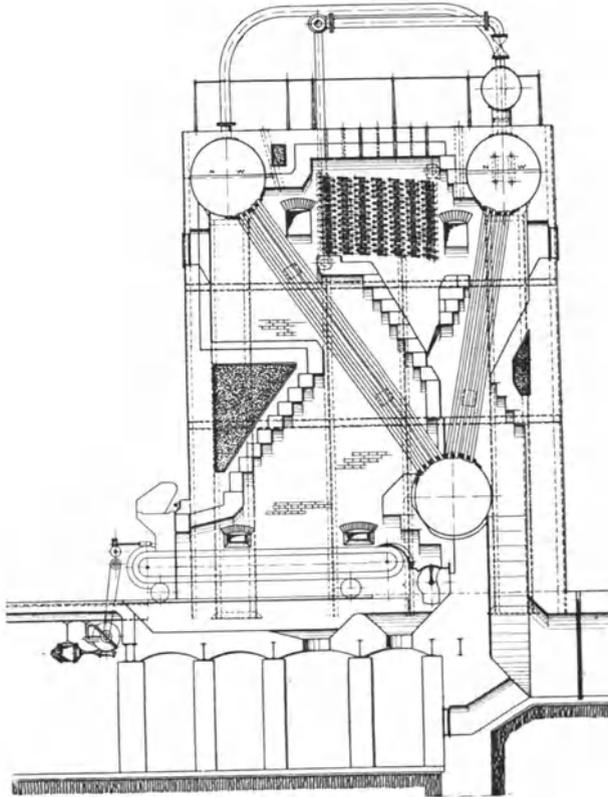


Fig. 74. Steilrohrkessel der Sächsischen Maschinenfabrik A. = G., Chemnitz.

nutzbar gemacht worden. Gegenüber den Wasserrohrkesseln mit Wasserfammern haben die Siederrohrkessel den Vorzug, daß die zahlreichen Rohrverschlüsse in den Wasserfammern wegfallen. Die Ober- und Unterkessel erhalten in je einem Stirnboden ein Mannloch. Die Wasserrohrkessel sind bisher für Dampfspannungen bis zu 17 Atm. gebaut worden. Fig. 73 stellt

den Steilrohrkessel der Babcox & Wilcox-Werke dar. Die gekrümmten Siederohre haben alle denselben Krümmungshalbmesser. Das Auswechseln der Rohre ist deshalb einfach und verlangt keinen Vorrat verschieden gebogener Rohre. Die Herstellung der Rohre geschieht mit dem in Fig. 89 abgebildeten Rohrkrümmer. Bei dem von der Sächf. Maschinenfabrik gebauten Werner-Hartmann-Kessel (Fig. 74) sind die Oberkessel nur durch ein Dampfrohr verbunden. Jedes der beiden Rohrbündel hat seinen eigenen, in sich geschlossenen Wasserumlauf, was für eine ruhige Dampfbildung vorteilhafter sein soll. Der Dampf gelangt aus dem vorderen Oberkessel durch zwei Rohre nach dem hinteren Oberkessel; hier wird er umgelenkt und geht durch zwei weite Stützen zum Dampfsammler, von wo er durch ein Schutzrohr zum Überhitzer geführt wird. Etwa mitgerissenes Wasser dürfte durch den mehrmaligen Richtungswechsel gut aus dem Dampfe ausgeschieden werden.

Bemerkenswert ist in Fig. 74 noch die Einmauerung. Statt der vollen massiven Scheidewände und Bogen baut die Einmauerungsfirma Heinicke einzelne voneinander unabhängige Gurtbogen von etwa 25 Zentimeter Breite und erreicht dadurch den Vorzug einer größeren Elastizität des Mauerwerkes und die Möglichkeit, bei Beschädigungen mit kleineren Reparaturen auskommen zu können. Auch wird das ganze Gewicht der Mauerbögen geringer als bei der sonst üblichen Einmauerung.

**Der Schiffskessel.** Ein gebräuchlicher Schiffskessel, der auf Seeschiffen und auf Flußdampfern vielfach verwendet wird, ist der nebenstehend abgebildete zylindrische, sogenannte Schottische Kessel (Fig. 75). Derselbe wird mit einem bis zu vier Flammrohren ausgerüstet, die aber nicht bis in den hinteren Stirnboden des Kessels durchgeführt sind, sondern mit dem hinteren Ende in eine Rauchkammer oder Feuerammekammer münden, die völlig im Kessel untergebracht und daher allseitig vom Wasser bespült wird. Die Feuerkammern sind mit dem hinteren Stirnboden durch Stehbolzen versteift. Oberhalb der Flammrohre enthält der Kessel eine große Anzahl von Heizrohren, die mit dem hinteren Ende in die Feuerkammer, mit dem vorderen Ende in die vordere Stirnwand des Kessels eingewalzt sind. Über den Feuertüren ist eine aus Eisenblech zusammengenietete Rauchkammer am Kessel angebracht, die weiter oben in den Schornstein mündet. Dieser Kessel wird in sehr großen Abmessungen bis zu mehreren hundert Quadratmetern Heizfläche hergestellt. Ganz große derartige Kessel erhalten eine größere Länge und von beiden Stirnböden ausgehende Flammrohre, die in der Mitte des Kessels in die gemeinsame Rauchkammer münden. Die Kessel werden dann auf beiden Seiten geheizt und erhalten

an jedem Stirnboden einen Schornstein. Man nennt solche Kessel Doppelerkessel im Gegensatz zu den abgebildeten Einenderkesseln (Fig. 76). Wegen ihrer Einfachheit und Betriebssicherheit sind sie zumeist in der Handelsmarine eingeführt, während die Kriegsmarine den Wasserrohrkesseln den Vorzug gibt, da sich diese schneller anheizen und bei Reparaturen oder

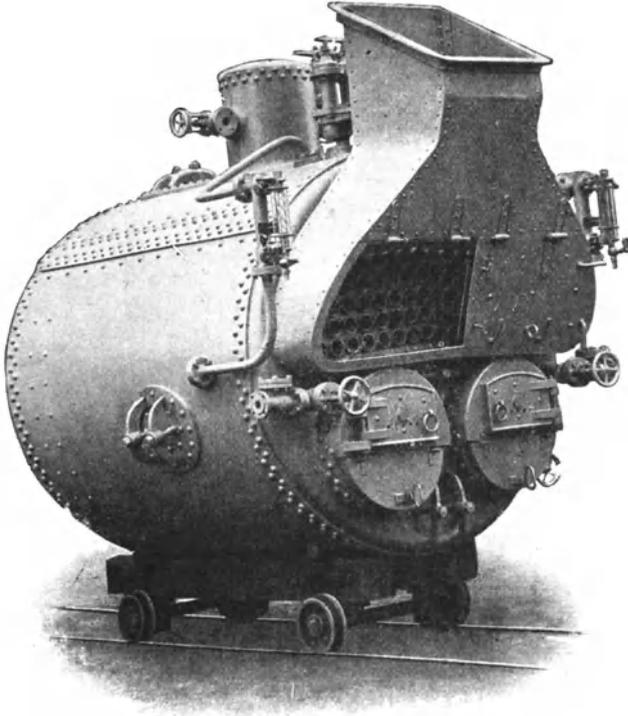


Fig. 75.

Auswechselungen leichter durch die Schiffsluken befördern lassen als die umfangreicheren Zylinderkessel. Vereinzelt wird der schottische Schiffskessel auch bei feststehenden Kesselanlagen angewendet, da er weniger Platz wegnimmt, die Kohle gut ausnußt und schnell aufgestellt ist. Figur 75 stellt einen Schiffskessel der Firma Pauchsch, Landsberg a. d. Warthe, dar. An der vorderen Stirnwand, links und rechts von den Feuer-

türen, befinden sich die Speiseventile, senkrecht darüber sind die beiden Wasserstandsgläser und weiter oben vor dem Dampfdome die Sicherheitsventile. Die Schiffskessel werden ohne Mauerwerk aufgestellt und zum Schutze gegen Wärmeausstrahlung mit Isoliermasse eingepackt.

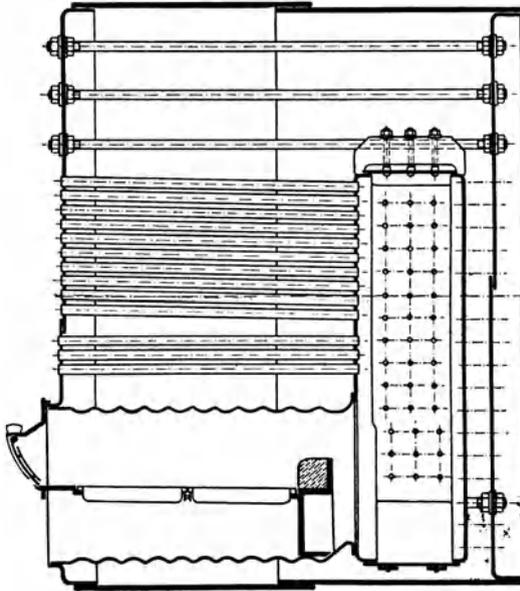


Fig. 76.

## X. Der Bau der Dampfkessel.

Die ersten Dampfkessel wurden aus **Kupfer** hergestellt. Heute benutzt man Kupfer nur noch zu den Feuerbüchsen und Stehbolzen der Lokomotiven. Auch die Dampfleitungsrohre werden nicht mehr so häufig wie früher aus Kupfer angefertigt, und man begnügt sich meist damit, Kupfer für Knie- und sonstige Rohrformstücke zu verwenden. Die Einschränkung des Kupferverbrauchs bewirkte nicht nur der hohe Preis, sondern vor allem die nachteilige und gefährliche Eigenschaft des Kupfers, bei hohen Temperaturen bedeutend an Festigkeit zu verlieren und leicht brüchig zu werden. Nach dem deutschen Dampfkesselgesetz ist aus diesem Grunde auch für alle Dampf-

Leitungsröhre, die für überhitzten Wasserdampf von mehr als 249 Grad Celsius bestimmt sind, die Verwendung von Kupfer verboten.

**Guß-eisen** hat für den Dampfkesselbau den großen Nachteil, daß es sehr spröde, nicht dehnbar und nicht biegsam ist. Auch treten leicht gefährliche Stellen auf, wie Gußblasen und ungleichmäßige Wanddicken in gußeisernen Formstücken, die von außen nicht bemerkbar sind und Anlaß zu Brüchen geben können. Das Deutsche Dampfkesselgesetz hat aus diesen Gründen auch die Verwendung von Gußeisen für den Dampfkesselbau erheblich beschränkt. Von den Heizgasen berührte Kesselwände dürfen überhaupt nicht aus Gußeisen oder Temperguß hergestellt werden. Andere gußeiserne Teile müssen einen kreisförmigen Querschnitt haben und dürfen nicht mehr als 250 Millimeter im Lichten weit sein. Bei Dampfspannungen über 10 Atmosphären Überdruck sind Kesselteile (Stutzen, Flanschen, Mannlochdeckel, Rohranschlüsse usw.) aus Gußeisen oder Temperguß wegen ihrer Unzuverlässigkeit gänzlich verboten. Früher machte man die Dampfdome oder ihre Obertheile aus Gußeisen, das ist heute schon deshalb ausgeschlossen, weil die Herstellung derartiger komplizierter Formstücke aus Fluß- oder Schmiedeeisen keine Schwierigkeiten mehr bietet. Da indes Gußeisen nicht so leicht rostet wie Schmiedeeisen, hat es für gewisse Zwecke letzteres sogar verdrängt, und man stellt die in den Essenfuchs eingebauten Speisewasservorwärmer, die Economiser, der größeren Kostbeständigkeit halber zumeist aus gußeisernen Röhren her.

**Schweißeisen. Flußeisen. Stahl.** Die weichen Eisenforten, Schweißeisen und Flußeisen, sowie Stahlbleche müssen bestimmten gesetzlichen Anforderungen in bezug auf Zerreißeigigkeit und Dehnbarkeit entsprechen. Da den Behörden hierüber für jedes einzelne Blech Prüfungszeugnisse vorgelegt werden müssen, ist die Verwendung ungeeigneter Kesselbleche ausgeschlossen. Das Siemens-Martin-Flußeisen, welches jetzt im Kesselbau ausschließlich an Stelle des früher üblichen Schweißeisens verwendet wird, ist schlackenfreier als dieses, besitzt eine größere Festigkeit und hat einen feinkörnigen Bruch, während die Bruchfläche des Schweißeisens ein sehnig-faseriges Gefüge hat. Das Flußeisen wird in verschiedenen Qualitäten als Feuerblech und als Mantelblech hergestellt. Für Kesselteile, die gebördelt werden, z. B. Böden, Stutzen, Dome usw., oder die im ersten Feuerzuge liegen, dürfen nur Feuerbleche verwendet werden. Die übrigen Kesselteile können aus den anderen Blechforten hergestellt werden. Die Flußeisenbleche dürfen nur im rotwarmen Zustande ausgehämmert werden und sind nach der Bearbeitung gut auszuglühen. Sind die Bleche bei der Bearbeitung zu wenig oder zu stark erhitzt und schlecht ausgeglüht worden, so

wird ihre Festigkeit beeinträchtigt, und sie reißen in der Nähe der bearbeiteten Flächen leicht auf. Stahlbleche werden wenig im Kesselbau verwendet. Da sie bedeutend höhere Festigkeit besitzen als Flußeisenbleche, können die Stahlblechmäntel dünner sein, und es fallen infolgedessen die daraus hergestellten Dampfkessel leichter aus. Die Stahlbleche haben jedoch den großen Nachteil, daß sie durch abwechselndes Erhitzen und Abkühlen leicht rissig werden, und sind deshalb nur für Kesselteile zu gebrauchen, die nicht von den Heizgasen bestrichen werden. Ferner ist die Bearbeitung des Stahles schwieriger, weil er härter ist als Flußeisen. Man benützt daher Stahlbleche nur für Kesselteile, die hohe Festigkeit und dabei ein möglichst geringes Gewicht haben müssen, wie z. B. die Mäntel der Schiffskessel und der Lokomotivkessel, die mit den Heizgasen nicht in Berührung stehen (siehe auch „Eisen“ Abschnitt XIII).

**Beschädigungen der Kesselbleche.** Die an den Kesselblechen mitunter auftretenden Schieferblasen oder Doppelblechstellen (Fig. 77) sind meist darauf zurückzuführen, daß beim Walzen Unreinigkeiten in das Blech gekommen sind. Außerlich sehen sie wie Beulen aus.



Fig. 77.

Schlägt man mit einem kleinen Hammer auf eine solche Stelle, so springt der Hammer zurück, da das Blech dort besonders elastisch ist. Die Blase ist zunächst abzumeißeln, damit man sich vom Umfange der schadhaften Stelle überzeugen kann. Nötigenfalls ist dann eine Ausbesserung des Bleches vorzunehmen.

Das im ersten Feuerzuge gelegene Blech beult infolge Überhitzung, die entweder durch Stichflammen oder durch Kesselstein oder durch eine Dickschicht auf dem Bleche und selbstverständlich auch durch Wassermangel verursacht sein kann, mitunter aus. Wenn diese Schäden noch nicht zu weit fortgeschritten sind, bedingen sie noch nicht ohne weiteres eine Ausbesserung. Man sorge in solchen Fällen dafür, daß die Ursache der Ausbeulung beseitigt werde, und mache sich, falls angängig, für die Wasser- und Feuerseite gut passende Schablonen aus Holz oder Blech und untersuche bei jeder Kesselreinigung, ob sich die Beule verschlimmert hat. Bei Flammrohren oder anderen Kesselteilen, bei denen der Dampfdruck von außen wirkt, müssen entweder die Beulen in rotwarmen Zustande zurückgedrückt oder der beschädigte Teil ausgewechselt werden.

Weitere Beschädigungen der Kesselbleche bestehen in Anrostungen oder Anstrefnungen auf der Wasserseite. Dampfkessel, die längere Zeit außer Betrieb stehen, soll man deshalb sorgfältig austrocknen. Sind die Beschädigungen auf die ungeeignete chemische Beschaffenheit des Speisewassers,

etwa auf dessen Säuregehalt, zurückzuführen, so ist mit dem Speisewasser zu wechseln, da auf anderem Wege kaum eine Besserung zu erzielen ist. Die Anzehrungen sind, soweit sie nicht für gefährlich gehalten werden, und keine Ausbesserung nötig ist, gleichfalls gut zu beobachten und möglicherweise zeitweilig Gipsabdrücke davon zu nehmen. Anrostungen auf der Feuerseite kommen fast immer von Undichtheiten des Kessels, die sofort behoben werden müssen.

**Nietverbindung und Schweißung.** Die Blechtafeln werden durch Nietung und Schweißung miteinander verbunden. Schweißnähte wendet man bei Flammrohren, Feuerbüchsen oder ähnlichen Kesselteilen an, die von dem Dampfdruck von außen gedrückt werden. Für Kesselmäntel, auf welche die Dampfspannung von innen drückt, sind die Schweißnähte nicht zuverlässig genug, und kommen daher nur Nietverbindungen in Betracht. Eine Ausnahme hiervon macht man nur bei kleinen Kesseln (Backofenkessel), ferner bei Dampfdomen, Verbindungsflugen zwischen Ober- und Unterkesseln, Wasserkammern von Wasserrohrkesseln usw., wo die Naht schwierig zu nieten oder zu verstemmen ist. Neuerdings sind allerdings einige Kesselfabriken dazu übergegangen, auch die Nähte der Trommeln von Steilrohrkesseln mittels Wasserstoffgas zu schweißen. Prüfungen haben ergeben, daß derartige sorgfältig ausgeführte Schweißstellen genügende Festigkeit bieten. Geschweißte Nähte sind, wenn irgend möglich, gut auszuglühen, da die Schweißnaht meist hart ist und ungleichmäßig verteilte Spannungen im Blech erzeugt. Die neuzeitlichen Schweißverfahren (autogene Schweißung) ermöglichen tadellose Schweißnähte. Ist eine Schweißnaht undicht geworden, so wird sie nachgeschweißt, oder man nietet eine Sicherheitslasche auf. Schweißarbeiten lasse man nur von einem bewährten Fachmanne ausführen (siehe autogene Schweißung Seite 141).

Die Nietlöcher werden zurzeit wohl in allen Kesselfabriken gebohrt. Bei dem früher üblichen Stanzen der Löcher entstehen am Rande des Nietloches sehr leicht feine Risse, die sich beim Betriebe des Kessels erweitern und im Bleche fortsetzen. Passen die Nietlöcher in den aufeinanderliegenden Eisenplatten nicht richtig zusammen, so müssen sie mit der Reibahle nachgerieben werden. Ganz zu verwerfen ist in solchen Fällen das Einschlagen eines Dornes, weil dadurch starke Spannungen und Brüche in den Nietreihen auftreten. Viele Kesselfabriken bohren daher die Nietlöcher in dicken Blechen erst, nachdem letztere gerollt und zusammengepaßt sind. Hierdurch werden dann sehr genau aufeinander passende Nietlöcher erzielt. Diese Bearbeitung wird durch kleine transportable Bohrmaschinen mit elektrischem Antrieb wesentlich erleichtert.

Die Nieten werden warm eingezogen. Beim Erfalten ziehen sie sich zusammen und pressen die Bleche fest aufeinander. Der Nietkopf muß infolgedessen genügenden Widerstand gegen Aufbiegen haben und hoch sein. Eine Nietverbindung mit flachen Nietköpfen kann nicht genügend festhalten. Sind die Nieten im Laufe der Jahre abgerostet, was namentlich bei den Nieten in der Rauchkammer von Lokomobilen vorkommt, so müssen sie durch neue ersetzt werden. Völlig dicht werden die Nieten und die Nähte erst durch Verstemmen. Gewöhnlich werden die Kessel nur von außen verstemmt, was auch völlig genügt. Einzelne Kesselfabriken ver-

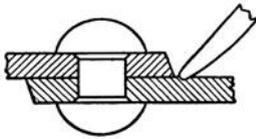


Fig. 78.

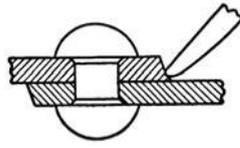


Fig. 79.

stemmen jedoch die Nähte auch auf der Innenseite. Schiffskessel werden innen und außen verstemmt. Das Dichtstemmen erfolgt dadurch, daß die Kante des übergreifenden Bleches mit dem Stemmer aufgetrieben und auf das darunterliegende Blech gehämmert wird (Fig. 78 und 79). Falsch ist es, das untere Blech mit einem scharfen Meißel gegen die freiliegende Kante anzustauen, da die entstehende Furche die Blechstärke verringert und den Ausgangspunkt für die sehr gefährlichen Blechrisse in der Stemmkante bildet (Fig. 78).

Der Steg zwischen dem Rande des Nietloches und der Blechkante ist gleich dem Nietdurchmesser zu machen. Ist er größer, so federt das Blech beim Verstemmen, und die Naht ist nicht dicht zu kriegen; ist er kleiner, so können schon beim Einziehen der Nieten Kantensrisse entstehen. Die Kessel werden jetzt allgemein maschinell zusammengenietet, und zwar entweder mit hydraulischem (Wasser-) Druck oder mit pneumatischem Druck (mittels Preßluft). Alle Nietverbindungen eines Kessels kann man allerdings auch heute noch nicht maschinell herstellen, sondern einige Nietnähte, die für die Bearbeitung mit der Nietmaschine nicht zugänglich sind, müssen noch von Hand eingezogen werden. Das sind insbesondere die Flammrohrkessel die Rundnaht des zuletzt eingefügten Stirnbodens, die Verbindungsnahte zwischen Dampfdom und Kesselmantel usw. Die maschinellen Nietvorrichtungen drücken, nachdem der rotwarne Niet durch das Nietloch gestoßen ist, zunächst die Bleche mit großer Kraft aufeinander; erst hierauf wird der Schließkopf der Niete angestaucht, der durch einen Wasserstrahl

rasch abgekühlt wird, so daß sich der Niet nach dem Zurückgehen des Preßstempels nicht aufbiegen kann. Infolgedessen halten die maschinell genieteten Verbindungen sehr gut dicht. Bei der maschinellen Nietung füllt der Nietschaft das Nietloch vollständig aus, während er bei Handnietung am Rande des Nietloches nicht ganz anliegt. Hierdurch wird zwar auch das Dichthalten der maschinellen Nietungen erhöht, doch lassen sich die maschinell eingezogenen Nieten im Falle etwaiger Kesselreparaturen schwer heraus schlagen und müssen nötigenfalls ausgebohrt werden, um ein Aufreißen der Bleche zu verhüten. Da sich die Handnietungen bei Kesselreparaturen leichter lösen lassen, wird die Nietnaht, die sich ohnehin nicht maschinell nieten läßt, an eine bei Kesselreparaturen leicht zugängliche Stelle verlegt. Bei Flammrohrkesseln sind daher immer im vorderen, nicht eingemauerten Stirnboden die Nieten von Hand eingezogen. Die Hauptteile des Kessels, der Mantel, die Flammrohre, die Feuerbuche und ähnliche Kesselteile werden getrennt hergestellt und dann zusammengenietet. Die Längsnähte vom Kesselmantel verlegt man möglichst in die Seitenzüge, damit sie beobachtet werden können und erforderlichenfalls beim Nachstemmen zugänglich sind. Etwaige Längsnähte der Flammrohre legt man nach unten, wo sie nach kurzer Betriebszeit von einer schützenden Schicht Flugasche bedeckt werden.

Die Blechriffe sind mitunter schwer aufzufinden und oft nur an Undichtheiten oder an Roststreifen zu erkennen. Die Bleche und Nietverbindungen sind daher bei jeder Kesselreinigung vom Heizer genau zu besichtigen. Sehr undichte Risse machen sich durch Dampf, der aus dem Kesselgemäuer aufsteigt, oder durch ein Zischen im Feuerzuge bemerkbar. Bei derartigen Anzeichen, mögen sie auch unbedeutend erscheinen, ist daher sofort die Ursache zu erforschen.

Die Nietlochriffe treten als Stegriffe a oder als Kantentriffe b auf (Fig. 80—83). Sehr schwierig zu finden und deshalb besonders gefährlich sind die Stegriffe unter der Überlappung (siehe Fig. 82), die bei der Besichtigung des Bleches nicht auffindbar sind und sich nur durch Undichtheit rechtzeitig bemerkbar machen können. Darum dürfen äußerlich fehlerfreie Nietnähte, wenn sie wiederholt an derselben Stelle undicht sind, nicht ohne weiteres verstemmt werden, sondern sind nach Herausnahme von Nieten sorgfältig, nötigenfalls mit der Lupe zu untersuchen.

Die Kantentriffe sind weniger gefährlich. Wenn sie sich ins volle Blech fortsetzen, müssen sie verschweißt oder, was besser ist, durch Einbohren eines Stiftes am Fortschreiten verhindert werden. Sie sind sehr häufig an den Nietnähten in der Nähe des Feuers anzutreffen, z. B. in der vorderen

Rundnaht der Walzenkessel, in den Feuerbüchsen von Lokomobilkesseln und in den Rauchkammern der Schiffskessel. Bei älteren Kesseln rühren sie vielfach schon von der Kesselschmiede her, während neuerdings derartige Fehler bei der Herstellung durch autogene Schweißung sofort wieder gut

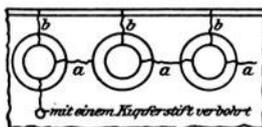


Fig. 80.

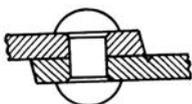


Fig. 81.

gemacht werden. Gewöhnliche Kantenrisse, wie die drei äußeren Risse b in Fig. 80, müssen lediglich sorgfältig beobachtet werden. Solange sie dichthalten und nicht fortschreiten, sind sie unbedenklich.

**Verankerungen.** Damit für einzelne Kesselteile, z. B. für ebene Stirnböden und für Flammrohre, nicht zu starke Bleche erforderlich werden, wird ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Dampfdruck durch Verankerungen und Versteifungen erhöht. Bei ebenen Stirnböden von kleinem Durchmesser genügen zur Versteifung meist einige Winkel eisenschienen, die auf der Innenseite des Stirnbodens entweder in senkrechter oder wagerechter oder schräger Lage angenietet werden. Größere Kesselböden werden durch schmiedeeiserne Rundanker miteinander verbunden. Bei kurzen Kesseln (Schiffskesseln) gehen die Rundanker durch die Stirnböden hindurch und fassen das Blech mit je einer außen und innen angebrachten Schraubenmutter (siehe Fig. 76). Besser dicht zu bekommen sind Rundanker, die nicht durch die Stirnböden hindurchgehen, sondern mit Bolzen an Winkelleisen oder L-Rippen auf der Innenseite der Stirnböden verbunden sind (Fig. 84). Diese Anker haben noch den Vorzug, daß sich ihre Wirkung auf eine größere Fläche verteilt.

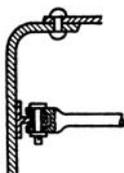


Fig. 84.

Sie lassen sich jedoch schwieriger einbauen als die durchgehenden Anker, weshalb sie für enge Kessel, wie Schiffskessel, nicht anwendbar sind. Eine andere sehr häufig angewendete Stirnbodenversteifung ist der Eckanker. Derselbe besteht aus einer Blechplatte, die an den Enden an je eine Winkelleisenschiene angenietet ist, von denen sich die eine am Kesselmantel, die andere am Stirnboden befindet.

Für Flammrohrkessel verwendet man ausschließlich gewölbte Stirnböden. Dieselben bedürfen keiner Versteifung, da die gewölbte Form die

gemacht werden. Gewöhnliche Kantenrisse, wie die drei äußeren Risse b in Fig. 80, müssen lediglich sorgfältig beobachtet werden. Solange sie dichthalten und nicht fortschreiten, sind sie unbedenklich.

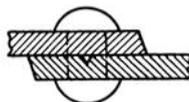


Fig. 82.

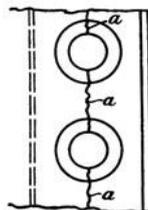


Fig. 83.

Gefahr des Ausbauchens ausschließt und in diesem Falle außerdem die Flammrohre für die Verankerung der Stirnböden völlig ausreichen. Risse und Brüche treten an den Ankern selten auf. Soweit sie zugänglich sind, wird sich ein etwaiger Schaden auch bei der Kesselreinigung leicht entdecken und dann durch Auswechslung der betreffenden Teile wieder beheben lassen.

Kesselwände mit kleinem gegenseitigen Abstände versteift man durch Stehbolzen (Fig. 85). Es sind dies mit Schraubengewinde versehene schmiedeeiserne oder kupferne Bolzen, die mit jedem Ende in eine der beiden zu versteifenden Kesselwände eingeschraubt und eingienietet oder angeflanscht sind. Sie werden zur Versteifung der breiten Wände der Wasserkammern von Wasserrohrkesseln sowie zwischen den Feuerbuchswänden und dem äußeren Kesselmantel bei Lokomotiven und Lokomobilen angewendet.

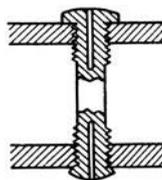


Fig. 85.

In den Stehbolzen treten sehr häufig Risse auf. Damit ein derartiger Bruch bemerkbar ist, bohrt man die Stehbolzen schon vor dem Einziehen entweder von außen her 3 bis 5 Millimeter weit und 30 bis 40 Millimeter tief an, oder man macht sie hohl. Ist ein solcher Stehbolzen schadhast geworden, so wird dies durch das aus der Anbohrung herausströmende Wasser angezeigt. Stehbolzen ohne eine derartige Anbohrung sind durch Anklopfen zu untersuchen. Man hält einen Hammer gegen den einen Kopf und schlägt mit einem zweiten Hammer auf den Gegenkopf des Stehbolzens. Ist der Stehbolzen unverfehrt, so wird der vorgehaltene Hammer abspringen, während bei gebrochenem Bolzen der Hammerschlag sich entweder gar nicht oder nur wenig fortpflanzt. Zur Vornahme einer solchen Prüfung gehören zwei Mann. Einzelne durchbrochene Stehbolzen bedeuten an sich noch keine Gefahr, sie können jedoch den Bruch benachbarter Stehbolzen beschleunigen, und es können durch ihren rechtzeitigen Ersatz durch neue Stehbolzen unter Umständen umfängliche Kesselreparaturen vermieden werden.

Der Kesselmantel wird nicht versteift und bedarf bei ausreichender Blechstärke auch keiner Versteifung. Ist er unrund, so hat der von innen drückende Dampf das Bestreben, den vom Bau des Kessels herrührenden Fehler zu beseitigen und die unrunde Form des Mantels in die kreisförmige überzuführen.

Ganz anders liegt die Sache bei den Flammrohren. Sobald diese Rohre nicht vollkommen rund sind, besteht die Gefahr, daß die von außen

wirkende Dampfspannung die Rohre an der unrundern Stelle zusammenbrückt. Diese Gefahr ist umso größer, je weiter und je länger die Rohre sind. Kurze und enge Flammrohre werden schon durch die Kesselböden genügend versteift. Langen und weiten Flammrohren ist jedoch durch geeignete Bauart genügende Steifigkeit zu verleihen. Die einfachste Versteifung für Flammrohre ist der Winkeleisenring (Fig. 86 und 87), nach dem Erfinder auch *F a i r b a i r n* scher Ring genannt. Sein lichter Durchmesser ist etwa 6 Zentimeter größer als der äußere Flammrohrdurchmesser. Er wird

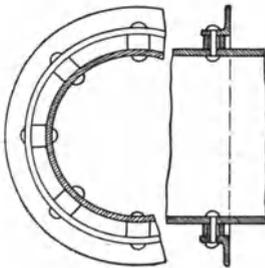


Fig. 86 u. 87.

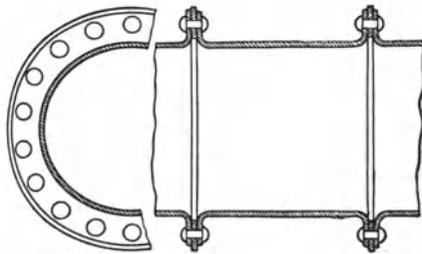


Fig. 88 u. 89.

um das Flammrohr gelegt und durch 6 bis 8 Nieten darauf befestigt. Den gleichmäßigen Abstand des Winkeleisenringes vom Flammrohr erreicht man durch kurze Rohrstücke, die über die Nietschäfte, zwischen Winkeleisenring und Flammrohr, geschoben werden. Bei neuen Dampfkesseln sind die Versteifungsringe geschweißt; sollen sie nachträglich bei schon fertigen Dampfkesseln angebracht werden, so muß man die Ringe aus zwei Teilen herstellen und im Kessel zusammennieten oder zusammenschrauben. Die Winkeleisenringe werden in Entfernungen von zwei bis drei Metern auf dem Flammrohr angebracht.

Eine neuere, jetzt allgemein übliche Versteifung für glatte Flammrohre ist die Adams'sche Verbindung der Flammrohrschüffe (Fig. 88, 89). Sie besteht in der senkrechten Umbördelung der Enden der Flammrohrschüffe, die unter Zwischenlegung eines Flacheisenringes zusammengenietet sind. Der Flacheisenring erhöht die Steifigkeit der Rohre und ermöglicht ein leichtes Verstemmen der Nietnaht. Die Adams'sche Verbindung der Flammrohre hat den Vorzug, daß die Nieten nicht von den Heißgasen berührt werden und daß die Flammrohre in den Umbördelungen federn können. Bei gewöhnlichen glatten Flammrohren, die nicht auf Adams'sche Art, sondern durch Überlappungsnietung zusammengefügt sind, macht sich der Mangel an Elastizität mitunter insofern bemerkbar, als die Rohre bei ihrer

Längenausdehnung durch die Wärme Risse in den Krepfen der Stirnböden verursachen. Zeigen sich derartige Schäden, so darf man sich nicht mit einer Ausbesserung oder Erneuerung des betreffenden Stirnbodens begnügen, sondern man muß statt des starren glatten Flammrohres ein Wellrohr-Flammrohr oder ein Flammrohr mit der Adams'schen Nietverbindung einsetzen.

Um derartigen kostspieligen Änderungen der Kessel aus dem Wege zu gehen, macht man häufig bei Kesseln mit glatten Flammrohren wenigstens den ersten Flammrohrschuß aus Wellrohr.

Sehr wirksam werden die glatten Flammrohre durch die schon früher erwähnten Gallowaystutzen versteift. Die Flammrohre aus Wellrohr brauchen in Folge ihrer Bauart keine Versteifung.

**Das Einwalzen und Abdichten der Rohre.** Zum Einwalzen der Siederohre von Wasserrohrkesseln oder der Rauchrohre von Heizrohrkesseln und zum Aufwalzen der Flanschen auf die Rohre benutzt man den nebenstehend abgebildeten Aufwalzapparat, auch Rohrdichtmaschine genannt (von der Firma Seiffert & Co., A.-G., Berlin), Fig. 90, 91. Dieselbe besteht aus einer hohlen Büchse, aus welcher drei Rollen hervorstehen. Im



Fig. 90.



Fig. 91.

Innern befindet sich ein konischer Dorn, der mittels einer Schraubenspindel aus der Büchse hinein- und herausgeschraubt werden kann und hierbei die Rollen mehr oder weniger nach außen schiebt. Beim Gebrauche steckt man den Apparat in das aufzuwalzende Rohrende, so daß die Rollen gerade an der Einwalzstelle sitzen. Dann wird der konische Dorn mittels der Schraubenspindel so weit in den Apparat hineingeschraubt, bis die Rollen fest gegen die Rohrwand drücken. Dreht man nun mehr mittels eines Mutterschlüssels oder einer Scharre an dem vorn angebrachten Vierkant den ganzen Apparat, so wird das Rohr in Folge des Druckes der Rollen aufgeweitet und fest an die Bohrung in der Kesselwandung oder des Flansches gedrückt.

Schadhafte Heiz- und Siederohre, die sich schwierig oder, wie dies bei Steilrohrkesseln häufig zutrifft, überhaupt nicht aus dem Kessel heraus-

schlagen lassen, werden im Falle ihrer Erneuerung abgeschnitten. Fig. 92 zeigt einen solchen Rohrschneideapparat. Das Schneidemesser *a* sitzt auf einem exzentrisch eingebohrten Bolzen, der mittels des Rädchens *b* gedreht werden kann. Beim Einsetzen des Apparates in das abzuschneidende Rohr dreht man das Messer so weit zurück, bis es nicht mehr hervorsteht.

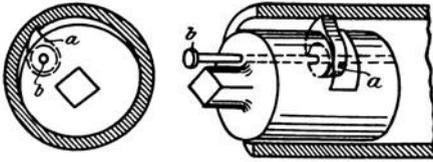


Fig. 92.

Dann preßt man es durch Drehen an dem Rädchen *b* gegen die Rohrwand und beginnt mit dem Abschneiden, indem man den Apparat mittels eines Mutterschlüssels an dem Vierkant dreht.

Wird bei einem Heizrohrkessel (Fig. 65 und 66) oder bei einem Wasserröhrenkessel (Fig. 71, 72) ein einzelnes Rohr undicht, etwa infolge von Anstossungen auf der Wasser- oder Feuerseite, und ist nicht sofort ein Ersatzrohr zur Hand, so kann man eine größere Betriebsunterbrechung durch Verstopfung des schadhaften Rohres vermeiden. Dieselbe besteht darin, daß man jedes Rohrende mit einem gedrehten, konischen Eisenstößel verschließt und die beiden Stößel mittels einer durch das ganze Rohr

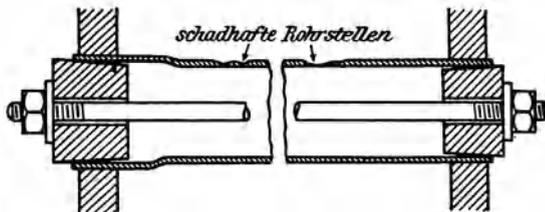


Fig. 93.

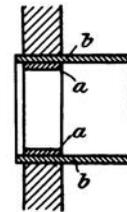


Fig. 94.

hindurchreichenden Schraube fest in die Einwalzstellen des Rohres hineinpreßt (siehe Fig. 93). Bei der Anfertigung der Stößel ist zu beachten, daß die Heiz- und Siederohre, wie bereits früher erwähnt, an einem Ende zwei bis drei Millimeter aufgeweitet sind. Der für diese Stelle bestimmte Verschlußstößel muß daher einen entsprechend größeren Durchmesser erhalten.

Sind einzelne Rohre eines Heizrohrkessels in der Einwalzstelle durch Abbrand beschädigt oder infolge zu häufigen Nachwalzens nicht mehr dicht zu bekommen, so kann man statt der Auswechslung der Rohre durch Einwalzen von sogenannten Brandringen Abhilfe schaffen. Diese Ringe

(siehe Fig. 94) werden aus 3 bis 4 Millimeter dickem Flach Eisen hergestellt. Ihre Breite macht man gleich der Dicke des Rohrbodens.

Zum Biegen der Siederöhre für die in Fig. 68 abgebildeten Steilrohrkesselarten benutzt man einen Rohrkrümmer (Fig. 95<sup>1)</sup>, der die gewünschte Krümmung durch einen Hebeldruck hervorbringt und sich durch seine einfache Bauart und gleichmäßige Arbeitsweise auszeichnet.

#### Die Wasserdruckprobe des Kessels.

Mit dem Verstemmen der Nähte sind die Herstellungsarbeiten am Kessel beendet. Um zu sehen, ob die Nietnähte dicht halten, wird der Dampfkessel völlig mit Wasser gefüllt und hierauf mit einer Handpumpe Druck im Kessel erzeugt. Undichte Stellen müssen verstemmt werden, doch ist es nicht zu empfehlen, bei anhaltend hohem Wasserdruck im Kessel an den Niet- und Nähten herumzuhämmern, da infolge der beträchtlichen Blechspannungen sehr leicht Nietköpfe abspringen oder Nietnähte aufreißen. Der

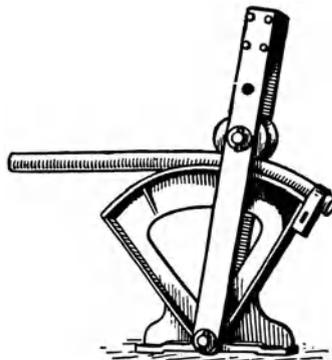


Fig. 95.

Probendruck wird bei den amtlichen Wasserdruckproben bei Kesseln bis zu 10 Atmosphären Betriebsdruck um die Hälfte des letzteren, bei Kesseln über 10 Atmosphären um 5 Atmosphären erhöht. Will sich ein Heizer überzeugen, ob sein Dampfkessel dicht hält, so kann er sich bei einer Wasserdruckprobe mit dem höchsten zulässigen Betriebsdruck des Kessels begnügen.

**Das autogene Schweißverfahren.** In Anbetracht der Bedeutung des autogenen Schweißverfahrens für die Herstellung und die Reparatur von Dampfkesseln möge hier auf dasselbe eingegangen werden. Das Wort „autogen“ soll sagen, daß das Schweißen ohne Hammer und ohne Presse vor sich geht. Die zum Schweißen erforderliche Temperatur des Eisens erzeugt man durch eine Gasflamme, und zwar dadurch, daß entweder Wasserstoffgas oder Acetylen gas mit Sauerstoff verbrannt werden. Wasserstoff und Sauerstoff werden in stark zusammengepreßtem Zustand in Stahlflaschen an Ort und Stelle gebracht. Bei Anwendung von Acetylen gas ist ein Apparat zu seiner Erzeugung erforderlich. Die Gase werden getrennt zu einem mit Griff versehenen Brenner geführt, kurz vor diesem gemischt und an der Mündung angezündet. Die Temperatur wird dabei so hoch,

<sup>1)</sup> Fig. 95 ist mit Genehmigung der Redaktion aus der „Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1912 Nr. 45“ entnommen.

auf etwa 1900 bis 2300 Grad, gesteigert, daß das Eisen ins Fließen kommt. Das autogene Schweißverfahren erinnert demnach an das Löten, bei welchem auch das Lötmetall sich mit dem zu lötenden Metall durch Schmelzen verbindet. Die Schweißflamme darf nicht zu viel Sauerstoff enthalten, da andernfalls das Eisen an der Schweißstelle verbrennt. Wasserstoff oder Azethylen gas müssen daher im Überschuß zugeführt werden. Die für die autogene Schweißung in Betracht kommenden Kesselbeschädigungen sind Blechrisse und Abzehrungen, die durch luft- und säurehaltiges Speisewasser entstanden sind. Beim autogenen Verschweißen von Rissen wird zunächst längs des Risses eine keilförmige Furche ausgehauen und hierauf ein Eisendraht von passender Dicke eingeschmolzen. Bei Abzehrungen muß die betreffende Stelle zunächst metallisch rein gemacht werden, worauf man neues Eisen in flüssigem Zustande aufträgt. Bei sehr ausgebreiteten Abzehrungen werden auch Fläden aufgeschweißt.

Die Schweißnähte an den Dampfdomen, Kesselstutzen usw. werden in den Kesselschmieden nur als Feuererschweißung ausgeführt, da diese in bezug auf Haltbarkeit zuverlässiger ist als die autogene Schweißung. Die vom Verein deutscher Ingenieure und vom Verband der Dampfkesselüberwachungsvereine angestellten Untersuchungen an zahlreichen versuchsweise autogen geschweißten derartigen Kesselteilen haben im allgemeinen ungünstige Ergebnisse geliefert. Während einzelne Schweißarbeiten sehr gut ausgeführt waren, ergab bei anderen die Untersuchung zahlreiche Blasen und Schlacken im eingeschmolzenen Metall und eine bedeutende Überhitzung der Schweißstelle, so daß die Festigkeit des Bleches dauernd geschädigt war. Die Dampfkesselüberwachungsvereine haben daher folgendes Urteil abgegeben: „Bei der Herstellung und Ausbesserung von Dampfkesseln durch die autogene Schweißung ist die größte Vorsicht geboten. Solche Arbeiten sind nur ganz zuverlässigen Firmen zu übertragen. Schweißnähte, die infolge der Dampfspannung oder infolge von Temperaturschwankungen auf Zug oder Biegung stark beansprucht sind, dürfen nur geschweißt werden, wenn das geschweißte Stück nachträglich sorgfältig ausgeglüht wird.“

Wo die autogene Schweißung bei Dampfkesselreparaturen angewendet werden darf, muß von Fall zu Fall entschieden werden. Sie empfiehlt sich zumeist dort, wo es sich darum handelt, innere Abzehrungen oder Blechrisse von geringer Ausdehnung am Fortschreiten zu verhindern. Ist jedoch der Zerstörungsprozeß schon zu weit fortgeschritten, so ist eine gänzliche oder teilweise Erneuerung der schadhaften Kesselteile vorzuziehen.

Es sei noch bemerkt, daß einige hervorragende Kesselfabriken die Trommeln der Steiltrömkessel, die aus sehr dicken Blechen hergestellt werden, an der Verbindungsstelle nicht nieten, sondern autogen mittels Wasserstoffgas schweißen, und daß diese Schweißnähte nach angestellten Versuchen durchaus haltbar sind.

## XI. Die Ausrüstung des Dampfkessels.

Zu jedem Dampfkessel gehören gewisse Armaturen oder Ausrüstungsgegenstände, mittels welcher der geordnete Kesselbetrieb aufrecht erhalten und für die nötige Sicherheit beim Kesselbetrieb gesorgt wird. Sie sind bis in alle Einzelheiten durch das Dampfkesselgesetz vorgeschrieben und dürfen ohne behördliche Genehmigung nicht verändert oder durch andere ersetzt werden. Sie bestehen aus den Vorrichtungen:

1. zur Erkennung des Wasserstandes im Kessel (Wasserstandsgläser, Probierhähne);
2. zur Messung des Dampfdruckes (Manometer);
3. zur Verhütung einer zu hohen Dampfspannung (Sicherheitsventile);
4. zur Erhaltung des Wasserstandes im Kessel (Speisevorrichtungen, Pumpen, Injektoren).

**Die Wasserstandszeiger.** Der Heizer muß jederzeit sehen können, wie hoch das Wasser im Kessel steht. Der Dampfkessel darf nicht zu hoch voll Wasser gespeist werden, er darf aber auch nicht zu wenig Wasser enthalten. Steigt das Wasser im Kessel infolge übermäßigen Speisens zu hoch an, so werden der Dampfraum und bei den meisten Kesselarten auch der Wasserspiegel zu sehr verkleinert und es entsteht sehr nasser Dampf, der, wie wir bereits früher sahen, Wärmeverluste herbeiführt und zu Wasserschlägen und Betriebsstörungen der Dampfmaschine usw. Anlaß geben kann.

Noch gefährlicher als der zu hohe ist der zu niedrige Wasserstand im Kessel. Sinkt der Wasserspiegel so weit, daß einzelne von den Heizgüßen berührte Teile des Kessels vom Wasser entblößt sind, so werden sie namentlich über dem Feuer schnell glühend und von dem gespannten Dampfe mit Leichtigkeit ausgebeult. Reißt hierbei das Blech auf, so strömen der Dampf und das Wasser mit großer Gewalt aus dem Kessel heraus, das hocherhitzte Kesselwasser verwandelt sich augenblicklich in Dampf und zertrümmert, da weder der Kessel noch das Mauerwerk der plötzlich freiwerdenden Dampf-  
gewalt widerstehen können, die Kesselanlage, d. h. der Kessel explodiert

Es ist daher sehr wichtig, daß die Stelle, unter welche der Wasserspiegel im Kessel nicht herunter fallen darf, jederzeit deutlich erkennbar am Kessel bezeichnet ist. Man nennt diese Stelle den zulässig niedrigsten Wasserstand im Kessel. Er wird durch eine Strichmarke mit den Buchstaben N—W an der Stirnwand des Kessels und durch je einen Stift hinter den Wasserstandsgläsern dauernd und deutlich bezeichnet. Bis zu diesem Merkzeichen muß das Wasser im Kessel unter allen Umständen heranreichen. Kommt es vor, daß die Speisevorrichtungen versagen, und der Wasserspiegel im Kessel zu tief sinkt, so muß der Heizer das Feuer aus dem Kessel herausziehen und die Ventile für die Dampfrohrleitungen schließen. Sobald das Feuer aus dem Kessel herausgezogen ist, besteht keine Gefahr für den Kessel mehr, vorausgesetzt, daß die Kesselbleche nicht etwa der strahlenden Wärme von glühendem Mauerwerk ausgesetzt sind. Bei derartigen Kesselanlagen muß der Heizer doppelt wachsam sein und einen zu niedrigen Wasserstand im Kessel erst recht vermeiden. Im Notfalle ist der Essenschieber aufzuziehen und das glühende Mauerwerk durch die einströmende Zugluft abzukühlen.

Das Dampfkesselgesetz schreibt vor, daß die Marken für den zulässig niedrigsten Wasserstand mindestens 100 Millimeter unter der höchsten, von den Heizgasen berührten Kesselstelle liegen. Bei Dampfkesseln, deren Wasseroberfläche kleiner als das 1,3 fache der gesamten Kesselfläche ist, muß dieser Abstand mindestens 150 Millimeter betragen. (Näheres enthält § 3 der reichsgesetzlichen Bekanntmachung über die Anlegung von Dampfkesseln.) Der als normal anzusehende Wasserstand, der nur ausnahmsweise überschritten werden darf, liegt je nach der Kesselart 100 bis 200 Millimeter höher als der zulässig niedrigste Wasserstand.

Nach den reichsgesetzlichen Vorschriften (siehe § 7 des Dampfkesselgesetzes) muß jeder Dampfkessel mindestens mit zwei Vorrichtungen zur Erkennung des Wasserstandes versehen sein, von denen wenigstens die eine ein Wasserstandsglas sein muß. Schwimmer, Schmelzpfropfen und Spindelventile, die nicht durchstoßbar sind oder sich ganz herausdrehen lassen, sind überhaupt nicht zulässig. Es muß also jeder Dampfkessel von Rechts wegen entweder mit zwei Wasserstandsgläsern oder mit einem Wasserstandsglase und zwei Probierhähnen ausgerüstet sein.

Schiffskessel müssen mindestens drei Wasserstandsvorrichtungen haben, zwei davon müssen Wasserstandsgläser sein und möglichst weit nach rechts und links von der Kesselmitte abstehen.

**Die Probierhähne.** Die einfachste und billigste Wasserstandsvorrichtung ist der Probierhahn. Man bringt gewöhnlich zwei, seltener drei in verschiedener Höhe an der vorderen Stirnwand des Kessels an. Der unterste

Probierhahn muß in gleicher Höhe mit der Marke für den zulässig niedrigsten Wasserstand liegen und daher beim Probieren stets Wasser aus dem Kessel entweichen lassen. Den obersten Probierhahn setzt man 100 bis 120 Millimeter höher als den untersten Probierhahn. Kommt beim Probieren Wasser aus ihm heraus, so muß der Heizer die Speisevorrichtungen abstellen. Mitunter wird zwischen diesen beiden Hähnen noch ein dritter Probierhahn angebracht.

Bei den Probierhähnen kann man nicht ohne weiteres ersehen, wo sich der Wasserstand im Kessel befindet. Auch gehört einige Übung dazu, um unterscheiden zu können, ob aus dem geöffneten Hahne Dampf oder Wasser austritt, denn das Wasser, welches durch den geöffneten Hahn aus dem Dampfkessel herausströmt, verwandelt sich an der äußeren Mündung des Hahnes sofort in Dampf. Einen solchen Dampfstrahl (Fig. 96) erkennt man daran, daß er breiter ist und ein stärkeres, mehr sprudelndes Geräusch erzeugt als der Dampfstrahl aus dem Dampfraum (Fig. 97), der ein mehr zischendes Geräusch erzeugt. Um sich vor einem Irrtum zu schützen, probiere man niemals nur einen Hahn, sondern stets beide Hähne nacheinander.

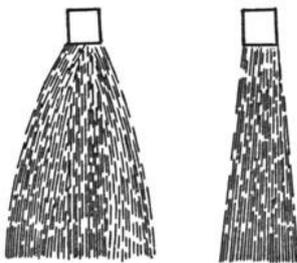


Fig. 96 u. 97.

Gewöhnliche Probierhähne haben, namentlich bei unreinem Kesselwasser, den Nachteil, daß sie leicht undicht werden. Sollen sie dicht halten, so müssen sie fest angezogen werden; dann lassen sie sich aber schwer drehen, die Hahnkegel reiben stark im Hahngehäuse, bekommen Riefen, und die Hähne tropfen erst recht. Die Probierhähne müssen daher bei jeder Kesselreinigung gründlich nachgeschliffen und geschmiert werden. Um die Hähne auch während des Kesselbetriebes schmieren zu können, macht man den Hahnkegel hohl und versieht ihn mit einer Schmierschraube und mit Schmiernuten. Als Hahnsmiere kann man Talg mit Graphit benutzen. Der Graphit verhütet das Festbrennen der Hahnkegel. Die Hahnkegel haben am unteren Ende eine Schraubenmutter, mittels welcher sie im Hahnfüßen festgehalten werden. Zwischen Mutter und Hahngehäuse muß eine Unterlegscheibe mit viereckigem Loch angebracht werden, damit sich die Mutter beim Gebrauche des Hahnes nicht losdrehen kann.

Um das Tropfen und die starke Abnutzung der Hähne zu verhüten, benutzt man auch sogenannte Stopfbüchsenhähne. Das Hahngehäuse derselben ist unten geschlossen und oben mit einer Stopfbüchse für den zylind-

drischen Teil des Hahnkegels versehen. Da beim Nachschleifen der Hähne die Hahnkegel schwächer und das Hahngehäuse weiter wird, muß darauf geachtet werden, daß die Hähne nach der Instandsetzung noch eine genügend weite Durchgangsöffnung haben. Die Bohrung des Hahnkegels muß daher schließförmig fein und erforderlichenfalls nachgefeilt werden. Zum Nachschleifen der Hähne benutzt man feinen Schmirgel oder Glasstaub und Öl. Will man nachsehen, ob der Hahnkegel im Hahngehäuse gleichmäßig anliegt, so bestreicht man ihn recht dünn mit Schlemmkreide, dreht ihn einige Male

im Hahngehäuse um und überzeugt sich dann, ob die Schlemmkreide an der Dichtungsfläche gleichmäßig abgerieben ist. (Siehe Wärme, Seite 198.)

Alle Hähne und Ventile der Wasserstandsvo­rrichtungen müssen in gerader Richtung durchstoßbar sein, mindestens 8 Millimeter lichten Durchmesser haben und sich bei etwaigen Verstopfungen während des vollen Betriebes wieder frei machen lassen. Nach gesetzlicher Vorschrift ist bei allen Hähnen am Dampfkessel, und zwar nicht nur bei den Probierhähnen, sondern auch bei Ab­laßhähnen, Absperrhähnen an Wasser­stands­gläsern, Manometern usw., die Richtung der Durchbohrung des Hahnes außen auf dem Hahnkegel durch Feilstriche deutlich erkennbar zu machen, so daß der Heizer auch bei den in geschlossener Rohrleitung befindlichen Hähnen erkennen kann, ob sie geöffnet oder geschlossen sind.

**Die Wasserstandsgläser.** Dieselben sind die beste und verlässlichste Vorrichtung zur Erkennung des Wasserstandes. Die Einrichtung der Wasserstandsgläser ist aus

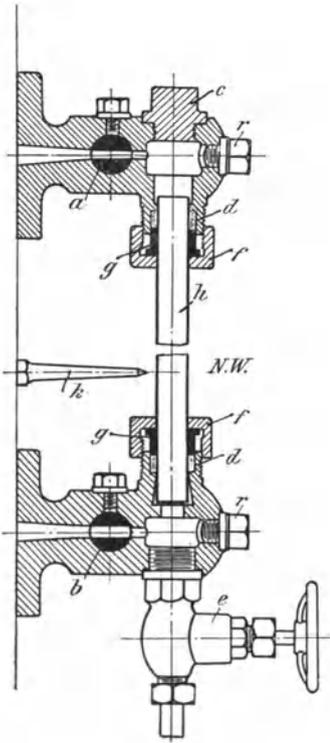


Fig. 98.

Fig. 98 zu ersehen. Das Wasserstandsglas sitzt oben und unten in den Wasserstandstöpfen a und b und kann durch leicht gangbare Hähne oder Ventile vom Kessel abgesperrt werden. Der untere Wasserstandstopf erhält einen Ab­laßhahn oder ein Ab­laßventil, womit das Ausblasen des Schlammes aus der Wasserstandsvo­rrichtung ermöglicht wird.

Die Glasröhre wird, nachdem die Verschlußmutter c entfernt worden ist, von oben hereingeschoben. Den wasser- und dampfdichten Abschluß der Glasröhre besorgen die in einer kleinen Stopfbüchse liegenden Gummiringe d, welche durch die Überwurfmuttern f und die Preßringe g an die Glasröhre angepreßt werden. Damit auch die Verbindungen nach dem Kessel gereinigt und etwaige Verstopfungen rasch beseitigt werden können, sind die Wasserstandsköpfe vorn mit den Reinigungsmuttern oder Reinigungsschrauben r versehen, nach deren Entfernung der Heizer mit einem Draht etwaigen Schlamm und Kesselstein aus der Armatur entfernen kann. Der Zeiger k bezeichnet den festgesetzten zulässig niedrigsten Wasserstand im Kessel.

Eine Hauptaufgabe für den Heizer besteht darin, daß er dafür sorgt, daß die Wasserstandsgläser den im Kessel vorhandenen Wasserstand auch richtig anzeigen. Eine beträchtliche Anzahl von Kesselexplosionen sind darauf zurückzuführen, daß sich der Heizer durch einen falschen Wasserstand im Wasserstandsgläse hat täuschen lassen. Ist die obere oder untere Verbindung des Wasserstandsglases mit dem Kessel verstopft, so bildet sich im Wasserstandsgläse ein höherer Wasserstand als im Kessel, und es kann dann sehr leicht vorkommen, daß der Wasserpiegel im Kessel zu tief sinkt und die Kesselbleche nicht mehr ausreichend bedeckt und bis zum Glühen erhitzt werden. Man erkennt derartige Unregelmäßigkeiten daran, daß das Wasser im Glase sehr ruhig steht und beim Anstellen des Glases langsam in die Höhe steigt, während es bei einem in Ordnung befindlichen Wasserstandsapparate in demselben Maße wie das kochende Wasser im Kessel auf- und niederwallt und beim Öffnen der Hähne schnell hochsteigt. Die Verstopfung der Wasserstandsarmatur kann zunächst von Schlamm- und Kesselsteinablagerungen herrühren. Werden die Hähne täglich einige Male ausgeblasen, so kommen derartige Unregelmäßigkeiten kaum vor. Die Verstopfung rührt aber auch häufig davon her, daß sich der untere Gummiring um das Wasserstandsglas herumgezogen hat. In diesem Falle kann man das Glas frei machen, indem man durch den unteren Ablasshahn einen glühenden Draht einführt und den Gummi wegbrennt, oder indem man das Glas herausnimmt, sorgfältig reinigt und mit einem neuen Gummiring sorgfältig wieder einsetzt. Zur Vermeidung derartiger Verstopfungen, die für den Betrieb in höchstem Maße gefährlich sind, darf man nur Wasserstandsgläser verwenden, die möglichst dicht in die Bohrungen der Wasserstandsköpfe hineinpassen. In sorgfältig gearbeiteten Wasserstandsköpfen müssen die Wasserstandsgläser oben und unten über den Gummiringen hervorstehen. Namentlich im unteren Wasserstandskopfe muß das Glas über den Gummiring hinaus in eine ringförmige Pfanne von ungefähr 8 Millimeter Tiefe hineinpassen.

Fehlt dieselbe, so kann sich der Heizer dadurch helfen, daß er eine 5 Millimeter dicke ringförmige Messing- oder Bleischeibe vor dem Gummiring über das Wasserglas schiebt. Auch im oberen Wasserstandskopfe muß das Glas eine hinreichend lange Führung haben und einige Millimeter in den Hohlraum des Metallgehäuses hineinragen. Beim Einsetzen eines neuen Wasserstandsglases muß zuerst die untere und dann die obere Stopfbüchsenmutter angezogen und hierbei das Glas mit der Hand fest nach unten gedrückt werden, damit es mit dem unteren Ende dicht aufsitzt. Sind zwei Wasserstandsgläser vorhanden, so sind stets beide anzustellen, damit sie zur gegenseitigen Kontrolle über den Wasserstand im Kessel benutzt werden können. Völlig verkehrt ist es, wenn der Heizer nur ein Wasserstandsglas anstellt und das andere in der Absicht abschließt, es beim Bruche des ersten Glases in Reserve haben zu wollen.

Eine Erneuerung der Wasserstandsgläser soll erst dann nötig werden, wenn dieselben infolge der Abnutzung durch den Dampf so dünn geworden sind, daß sie zerbrechen. Am oberen Ende ist die Abnutzung des Glases am größten, weil sich hier stets Dampf kondensiert und das Kondenswasser unaufhörlich am Glase niederrieselt. Die Wasserstandsgläser dürfen nicht an den metallenen Führungen, sondern nur an den Gummiringen anliegen. Klemmt ein Glas schon beim Einsetzen, so stehen die Wasserstandsköpfe schief zueinander und müssen gerade gerichtet werden. Andernfalls treten beim Anziehen der Stopfbüchsenmutter Spannungen in den Glasröhren auf, und letztere brechen häufig. Dasselbe ist der Fall, wenn sie schroffem Temperaturwechsel beim Anstellen oder durch Luftzug ausgesetzt sind. Einzelne Glasfabriken stellen Gläser aus sogenanntem Dauerglase (Duraxgläser) her, die auch beim Bespritzen mit kaltem Wasser nicht zerspringen.

Beim Anstellen eines Wasserstandsglases öffne man den unteren Abflußhahn und lasse zunächst eine Weile Dampf durch das Glas ausströmen. Hierauf öffne man den unteren Wasserhahn am Glase, so daß Wasser aus dem Kessel strömt, und schließe nunmehr den Abflußhahn. Bei der Auswahl der Gläser achte man darauf, daß sie gut in die Armaturoffnungen passen, d. h. daß sie die richtige Länge und den richtigen Durchmesser haben. Ferner müssen die Gläser frei von Schlieren und Sandkörnern sowie an beiden Enden verschmolzen sein. Die gebräuchlichsten Wasserstandsgläser sind 280, 320 und 340 Millimeter lang und haben einen äußeren Durchmesser von 13, 16 oder 20 Millimeter.

Die runden Wasserstandsgläser werden noch mit Schutzhüllen versehen, die die Gläser vor kalter Zugluft und den Heizer bei Glasbruch vor herumliegenden Glasplittern schützen sollen. Nicht zu empfehlen sind die

vorn und hinten mit einem Schlitze versehenen Messingrohre, ebenso die parallel mit dem Glase verlaufenden Eisenstäbe und Drahtgitter, da sie keinen genügenden Schutz bieten und erstere auch das Erkennen des Wasserstandes erschweren. Besser und auch dauerhafter sind Schutzhülsen aus starkem Glase oder aus Glas mit eingeschmolzenem Drahtnetz (Fig. 99). Die Schutzhülsen werden entweder durch schwache Federn festgehalten



Fig. 99.

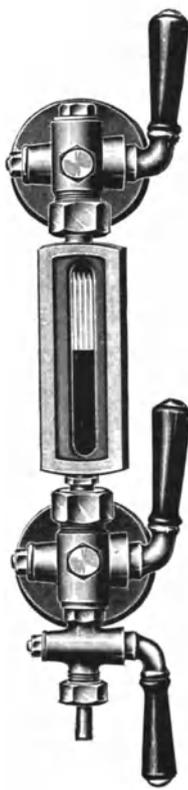


Fig. 100.

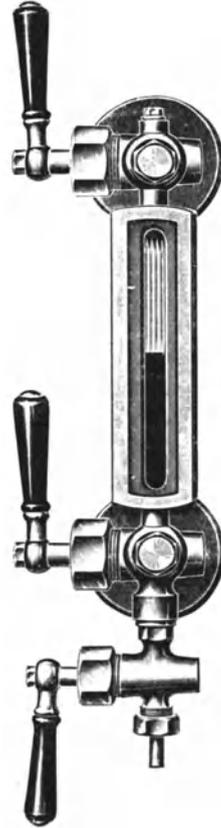


Fig. 101.

oder am oberen Ende pendelartig aufgehängt, damit sie beim Bruche des Glases dem Drucke des ausströmenden Wassers nachgeben können.

Flache Wasserstandsgläser werden in dem weit verbreiteten Klingerschen Wasserstandsapparat (Fig. 100 u. 101) verwendet. Derselbe besteht aus

einem Metallgehäuse mit röhrenförmigen Ansätzen, die wie die gewöhnlichen Wasserstandsgläser in den Wasserstandsköpfen abgedichtet werden. Vorn ist das Gehäuse durch ein starkes, flaches Schauglas abgeschlossen, das zur besseren Erkennung des Wasserstandes innen mit Rippen versehen ist. Die Rippen bewirken eine Brechung der Lichtstrahlen, so daß der Wasserraum im Wasserstandsapparate schwarz, der darüber befindliche Dampfraum aber silberglänzend weiß erscheint. Die flachen Wasserstandsgläser zeichnen sich durch große Haltbarkeit aus und bedürfen keiner Schutzhüllen.

Die Gläser nutzen sich, namentlich bei sodahaltigem Wasser, in der Höhe des schwankenden Wasserspiegels ab und müssen, wenn die Rippen im Glase zu weit abgefressen und infolgedessen der Wasserstand im Kessel nicht mehr deutlich erkennbar ist, erneuert werden. Beim Anbringen des Wasserstandsapparates (Fig. 100) schraubt man die in dem flachen Teile oben und unten eingeschraubten Gewinderöhrchen heraus. Dann setzt man zunächst das untere, mit einem Sechskant versehene Röhrchen in den Wasserstandskopf ein, schraubt den mittleren Teil mit dem Schauglase auf dem unteren Röhrchen in den Wasserstandskopf fest und führt durch den oberen Wasserstandskopf das obere Röhrchen ein, welches zu diesem Zwecke kein Sechskant haben darf, sondern zum Festschrauben mittels eines Mutterenschlüssels zwei eingefeilte Flächen hat. Hierauf zieht man die Stopfbüchsenmuttern der Wasserstandsköpfe wie beim Einsetzen eines gewöhnlichen Wasserstandsglases fest. Um das Schauglas rein zu halten, ist öfteres Ausblasen nötig. Außerdem lassen sich die Gläser reinigen, indem man durch den unteren Spitzhahn oder durch die verschraubte Öffnung des oberen Wasserstandskopfes mit einer Bürste hindurchfährt.

**Wasserstandsgläser mit selbsttätigem Verschuß.** Bei Dampfkesseln mit hohem Betriebsdruck oder bei hochliegenden Wasserständen verwendet man Wasserstandsapparate mit selbsttätigem Verschuß bei Glasbruch. Die Abschlußvorrichtungen bestehen entweder in einer Messingkugel oder in einer Drehklappe im Hahngehäuse, die beim Bruch des Wasserstandsglases durch den Druck des ausströmenden Dampfes gegen dessen Austrittsöffnung geschleudert werden und den Wasserstandskörper selbsttätig verschließen. Nebenstehend ist ein derartiger Wasserstandsapparat mit Selbstverschuß abgebildet. In den Wasserstandskopf ragt eine Spindel *s* hinein, an der eine Metallklappe *k* mit einem Dichtungspropfen befestigt ist. Im Betriebe steht die Klappe nur wenig von der Öffnung im Wasserstandskopfe ab (Fig. 102). Dampf und Wasser können ungehindert zum Glase treten. Zerbricht ein Glas, so schleudert der innere Überdruck die Klappe auf die Austrittsöffnung. Fig. 103 zeigt die Klappe in geschlossenem

Zustande; Fig. 104 zeigt die Klappe geöffnet, damit die Austrittsöffnung von Schlamm oder Kesselstein gereinigt werden kann. Dieser Apparat hat sich gut bewährt, was schon seine weite Verbreitung beweist.

Die Verschraubungen an den Wasserstandsapparaten und am Manometer werden mit Bleischeiben abgedichtet, die eine bedeutend längere Haltbarkeit besitzen als Hanfabdichtungen und auch nicht bei jedesmaligem Auseinanderschrauben erneuert zu werden brauchen. Sie haben ferner den Vorteil, daß die kleinen hier in Betracht kommenden Bohrungen nicht so leicht verstopft werden können, wie dies durch Hanf- oder ähnliche Packungen möglich ist.

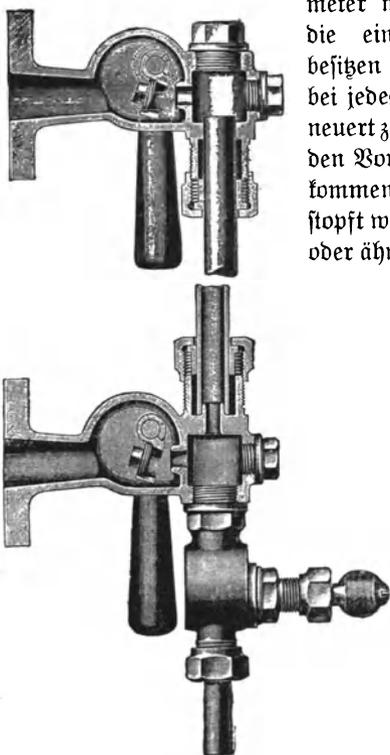


Fig. 102.

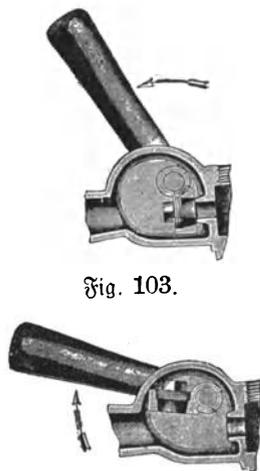


Fig. 103.

Fig. 104.

Wasserstandsarmatur von Schumann & Co., Leipzig-Plagwitz.

Sind die Wasserstandskörper durch eingemauerte Rohre mit dem Kessel verbunden, so ist darauf zu achten, daß letztere genügend vor den Heizgasen geschützt sind. Ist dies nicht der Fall, ist das betreffende Mauerwerk schadhaft oder zu schwach, so wird in den Verbindungsrohren Dampf entwickelt, und das Wasser schwankt im Wasserstandsgläse fortwährend so unruhig auf und nieder, daß man den Wasserstand im Kessel überhaupt nicht beurteilen kann. Gerade nach dem Kessel durchstoßbare Verbindungsrohre müssen mindestens 20 Millimeter, gebogene Verbindungsrohre bei

Dampfkesseln bis zu 25 Quadratmeter Heizfläche mindestens 35 Millimeter, bei größeren Kesseln mindestens 45 Millimeter lichten Durchmesser haben. Werden die Wasserstandskörper an einen gemeinsamen Hohlkörper (meist aus Gußeisen) angeschraubt, so müssen dessen Verbindungsrohre mit dem Dampf- und Wasserraum mindestens je 60 Millimeter lichten Durchmesser haben (§ 7 des Dampfkesselgesetzes).

Die Schwimmerwasserstandsanzeiger (Fig. 105) werden zwar vom Gesetz nicht als vollwertige Wasserstandsapparate anerkannt, bei großen Kessel-

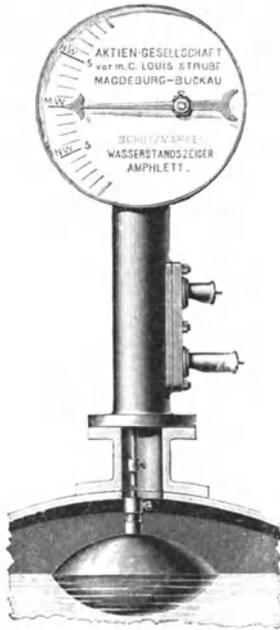


Fig. 105.

anlagen oder hochliegenden Wasserstands-  
gläsern sind sie jedoch ganz zweckmäßig, da  
sie den Wasserstand auch von weitem sehr  
deutlich erkennen lassen. Ihr Hauptbestand-  
teil ist ein linsen- oder kugelförmiger hohler  
Behälter aus Messing- oder Kupferblech, der  
auf dem Wasserpiegel im Kessel schwimmt.  
Der Schwimmer trägt eine senkrechte Stange,  
die am oberen Ende mit einer Zahnstange  
versehen ist. Die Zahnstange greift in einen  
Zahnradbogen, der mit dem Zeiger eines  
Zifferblattes fest auf einer Achse sitzt. Die  
Zahnstange und der Zahnradbogen sind von  
dem Apparatgehäuse umgeben, das mit dem  
Dampfraum eine offene Verbindung hat.  
Der Schwimmer hebt und senkt sich mit dem  
Wasserpiegel im Kessel und überträgt dessen  
Bewegung auf den weithin sichtbaren Zeiger  
des Zifferblattes. Häufig wird mit dem  
Schwimmer noch ein Signalapparat ver-  
bunden. Je nachdem der Wasserstand im  
Kessel zu hoch oder zu niedrig steht, werden

durch das Schwimmergestänge die Ventile von zwei Dampfpeifen geöffnet  
und letztere zum Erttönen gebracht. Bei den Schwimmereinrichtungen muß  
die Zeigerachse an der Stelle, wo sie durch das Apparatgehäuse nach außen  
tritt, konisch angedreht und dampfdicht eingeschliffen sein. Wird eine  
Stopfbüchse angebracht und zu fest angezogen, so bleibt der Schwimmer  
leicht hängen und täuscht dann einen falschen Wasserstand vor. Besonders  
sorgfältig ist bei diesen Apparaten der Schwimmer auszuführen; wird er  
undicht, so füllt er sich mit Wasser, und der Apparat versagt gänzlich. Da diese  
Störungen nicht ohne weiteres sichtbar sind, müssen die Schwimmerwasser-

flaudsapparate vom Heizer durch öfteres Drehen an dem Zeiger oder durch Anheben des Schwimmers auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hin nachgesehen werden. Der Schwimmer ist vor dem Zulöten zu einem kleinen Teil mit Wasser zu füllen, das sich unter dem Einfluß des heißen Kesselwassers in Dampf verwandelt und den Schwimmer vor dem Zusammendrücken durch den Kesseldampf schützen soll.

Um sich vor den Gefahren des Wassermangels im Kessel zu schützen, benutzt man noch verschiedene Apparate, die eine Dampfpfeife oder ein elektrisches Läutewerk selbsttätig in Gang setzen, sobald das Wasser im Kessel unter den festgesetzten zulässig niedrigsten Wasserstand gefallen ist. Der hierher gehörige Blafche Speiserufer (Fig. 106) besteht aus einem senkrechten Rohr, dessen unteres Ende bis auf den niedrigsten Wasserstand im Kessel reicht, und welches am oberen Ende, etwa 1 Meter über dem Kessel, einen Dreiweghahn trägt. An den Dreiweghahn ist nach oben in senkrechter Richtung eine Dampfpfeife aufgeschraubt und seitlich ein Schneckenrohr von etwa 35 Millimeter Durchmesser angeschlossen. Die Rohröffnung nach der Dampfpfeife ist durch eine Metallscheibe verperrt, die aus einer Legierung besteht, deren Schmelztemperatur einige Grade über 100 Grad Celsius liegt. Taucht das untere Ende des Rohres in das Kesselwasser, so füllt es sich mit Wasser, welches aber infolge der großen Abkühlungsfläche des Schneckenrohres kühl bleibt. Sinkt jedoch der Wasserstand im Kessel unter das Rohrende herab, so füllt sich das Rohr mit Dampf und der Schmelzpfropfen vor der Dampfpfeife wird so heiß, daß er schmilzt und die Dampfpfeife ertönt. Bei den elektrischen Läutearrangen wird das geschmolzene Metall in einem Näpfchen aufgefangen, wo es die Verbindung zwischen den Leitungsdrähten für eine elektrische Klingel herstellt, die alsdann ertönt. Die Apparate sind sämtlich so eingerichtet, daß die Schmelzpfropfen während des Betriebes ausgewechselt werden können. Bei Verstopfungen durch Kesselstein oder Schlamm ist ein Versagen der Apparate sehr leicht möglich. Sie müssen daher vom Heizer regelmäßig nachgesehen und ständig

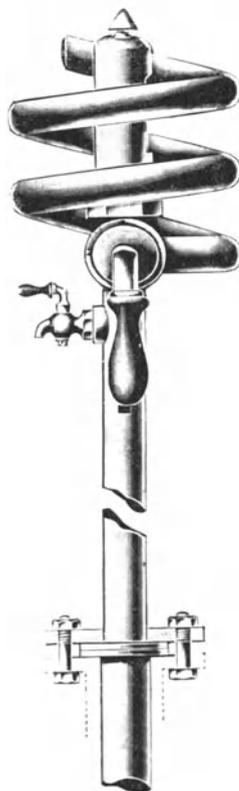


Fig. 106.

gut in Ordnung gehalten werden. Wegen der leichten Möglichkeit des Versagens sind sie auch nicht als gesetzliche Wasserstandsrichtungen anerkannt, insofern sie auch keine allgemeine Verbreitung gefunden haben.

**Die Manometer.** Dieselben dienen zur Messung des Dampfdruckes im Kessel. Landkessel müssen ein, Schiffskessel zwei Manometer haben. Der festgesetzte höchste Kesseldruck ist am Manometer durch eine rote Strichmarke zu bezeichnen.

Früher verwendete man Quecksilbermanometer, bei denen der Dampfdruck nach der Höhe einer Quecksilbersäule in einem Glasrohre von etwa 8 Millimeter lichter Weite gemessen wurde. Für jede Atmosphäre müßte eine Glaslänge von 735 Millimeter zur Verfügung stehen. Bei einem Kesseldruck von 10 Atmosphären Überdruck wäre demnach eine 7,35 Meter lange Glasröhre erforderlich, was natürlich für praktische Verhältnisse nicht ausführbar ist. Am oberen Ende des Meßrohres wurde ein Fangebehälter angebracht, der das Quecksilber aufnahm, wenn es bei Drucküberschreitung im Kessel aus dem Rohre getrieben wurde. Quecksilbermanometer werden nur noch

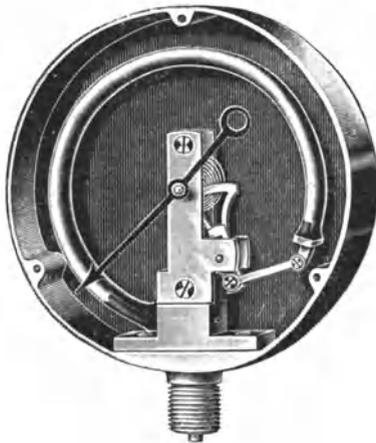


Fig. 107.

angewendet, um andere Federmanometer zu prüfen und einzustellen (vgl. Fig. 54).

Beim Dampfkesselbetrieb werden nur noch Röhrenfeder- oder Plattenfedermanometer benutzt. Das Röhrenfedermanometer (Fig. 107), nach seinem Erfinder auch Bourdon'sches Manometer genannt, hat eine hohle, spiralförmig gebogene Feder von ovalem Querschnitt, die mit dem einen offenen Ende an einen Messingschuh am Manometergehäuse fest angelötet ist, während das andere, zugelötete Ende sich frei bewegen kann. Tritt gespannter Dampf oder unter Druck stehendes Wasser in die Röhre, so sucht sie einen kreisförmigen Querschnitt anzunehmen und sich mehr oder weniger gerade zu strecken. Die dabei auftretende Bewegung des freien Endes der Röhrenfeder wird durch eine Lenkerstange und einen Zahnradbogen, der in ein Zahnrad auf der Zeigerachse greift, dazu benutzt, den Zeiger auf der Manometerskala hin und her zu bewegen. Bei besseren Manometern wird

die Röhrenfeder aus einer harten Silberkomposition, bei gewöhnlichen Manometern aus Stahl oder einer Kupferlegierung hergestellt. Bei Manometern für hohen Druck wird zur Erhöhung der Federkraft an der Röhrenfeder noch eine Feder aus gehärtetem Flachstahl angebracht.

Bei dem anderen Manometer, dem Plattenfedermanometer (Fig. 108 und 109), wirkt der Dampfdruck auf eine aus dünnem Stahlblech hergestellte Plattenfeder, die zwischen zwei Flanschen eingespannt und zur Erhöhung der Elastizität mit ringförmigen Wellen versehen ist. Der Dampfdruck wirkt

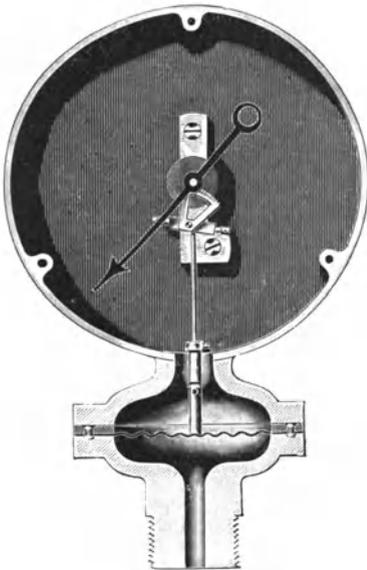


Fig. 108.

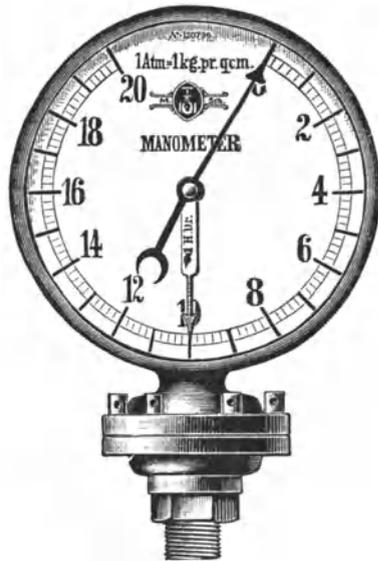


Fig. 109.

Fig. 107—109. Manometer von Dreyer, Rosenfranz &amp; Droop, Hannover.

nur auf die untere Seite dieser Membranfeder und biegt sie nach oben durch. Diese Durchbiegung benutzt man zur Bewegung des Manometerzeigers, indem man auf die Mitte der oberen Seite der Plattenfeder eine Säule lötet, die wie beim Bourdonschen Manometer durch eine Lenkerstange und einen Zahnradbogen die Zeigerachse in drehende Bewegung versetzt. Das Plattenfedermanometer ist billiger als das Röhrenfedermanometer und deshalb gebräuchlicher. Zur Vermeidung des toten Ganges in den Gelenken und Zahnradübertragungen bringt man bei allen Federmanometern eine kleine Spiralfeder auf der Zeigerachse an. Die Manometer

müssen vor zu hoher Erwärmung geschützt werden, da die Federn durch hohe Wärme ihre Elastizität verlieren und bald falsch anzeigen. Man befestigt sie deshalb an einer vor Wärme geschützten Stelle des Kesselhauses und schaltet außerdem in ihre Rohrleitung einen sogenannten Wasserfad ein, der aus einem U- oder trompetenförmig gebogenen Rohre besteht. Um das Rosten der Feder zu verhüten, überzieht man sie auf der unteren Seite mit einer Kupfer- oder Silberschicht. Man kann aber auch die Röhrenfeder zum Schutze gegen Rosten mit Glycerin füllen; in diesem Falle müssen sie aber hängend angeschraubt sein, damit das Glycerin nicht herauslaufen



Fig. 110.

kann. An jedem Manometer ist ferner ein sogenannter Kontrollflansch zum Anschrauben des amtlichen Kontrollmanometers des staatlichen Aufsichtsbeamten vorgeschrieben (Fig. 110). Mit dem Kontrollflansch ist ein Dreiveghahn verbunden, der zugleich zum öfteren Ausblasen des Dampfrohres vom Manometer dient. Die Rohrleitung, welche das Manometer mit dem Kessel verbindet, sollte stets am Kessel ein Absperrventil erhalten und zweckmäßigerweise aus Kupfer hergestellt sein. Gasrohr ist hierzu weniger geeignet, weil die Rostbildung im Innern häufig zu Verstopfungen im Rohre oder in den Manometerhähnen Anlaß gibt.

Dem Dreiveghahn muß der Heizer besondere Aufmerksamkeit schenken. Namentlich muß er darauf achten, daß die Durchbohrungen des Hahnes deutlich durch Teilstriche auf dem Hahnkegel gekennzeichnet ist.

Geht das Manometer falsch, geht z. B. der Zeiger nicht auf den Nullpunkt zurück, so muß man zunächst versuchen, den Fehler durch Drehen des Zifferblattes zu beheben. Man darf die Manometer nicht für zu hohen Druck benutzen und auch nicht plötzlichen Druckschwankungen, wie sie etwa in Speiseleitungen dicht hinter der Pumpe auftreten, aussetzen, da hierdurch die Federn beschädigt werden. Die Manometerfabriken leisten für ihre Manometer Garantie unter der Bedingung, daß die Manometer nicht von anderen Personen geöffnet werden; zur Kontrolle hierüber bringen

sie an jedem Manometer eine plombierte Garantieschuur an. Nach reichs-gesetzlicher Vorschrift müssen die Kesselmanometer bei Betriebsdrücken bis zu 10 Atmosphären mindestens für den halben, bei Kesseldrücken über 10 Atmosphären mindestens für fünf Atmosphären mehr ausreichen.

**Die Sicherheitsventile.** Dieselben sollen, wie schon der Name sagt, der Sicherheit beim Kesselbetrieb dienen und zu hohen Dampfdruck im Kessel verhüten. Das Sicherheitsventil muß daher abblasen, sobald der höchste zulässige Dampfdruck überschritten wird. Das dabei entstehende Geräusch ist zugleich ein Warnungssignal für den Heizer, der hierauf die Dampferzeugung durch Anstellen der Speisepumpe oder durch Verminderung des Offenzuges hemmen muß. Nach den gesetzlichen Vorschriften muß jeder feststehende Dampfkessel

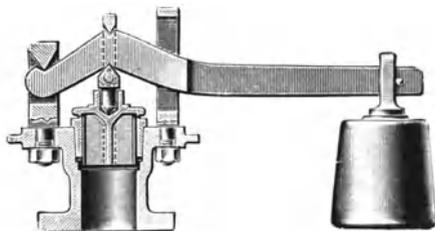


Fig. 111.

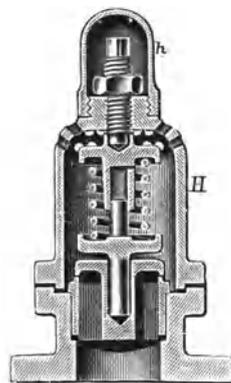


Fig. 112.

mindestens ein Sicherheitsventil, bewegliche Dampfkessel und Schiffskessel müssen zwei haben.

Werden die Sicherheitsventile durch ein Gewicht oder eine Feder belastet, die an einem Hebel wirken, so nennt man die Belastung indirekt. Die Gewichtsbelastung (Fig. 111 und 112) hat den Vorteil, daß sie einfach ist und keiner Nachstellung bedarf, wie die Federbelastung, bei welcher die Feder zeitweilig nachgespannt werden muß. Sicherheitsventile für Überhitzer und für fahrbare Kessel (Krane, Lokomotiven, Straßenwalzen) rüstet man jedoch wegen der größeren Unempfindlichkeit gegen den Rückstoß des Dampfes in der Dampfmaschine und gegen die beim Fahren des Kessels auftretenden Erschütterungen mit Federbelastung aus (Fig. 112). Das Belastungsgewicht hängt in einer Kerbe auf dem Hebel und wird durch eingebohrte Splinte gegen jede Verschiebung auf dem Hebel gesichert. Bei Sicherheitsventilen mit Federbelastung ist ein Anspannen der Feder über den zulässigen Druck hinaus durch eine Sperrhülse zu verhüten. Die Sicherheitsventile müssen sich während des Betriebes durch Anheben lüften und die Ventilteller auf dem Sitz drehen lassen. Man versteht deshalb die

Ventilteller mit einem Sechseck oder Viereck für einen Schraubenschlüssel. Sicherheitsventile für Schiffskessel, Lokomotiven und sonstige fahrbare Kessel werden auch mit direkter Federbelastung ausgeführt, d. h. die Feder wirkt nicht an einem Hebel, sondern sitzt unmittelbar auf dem Ventilteller.

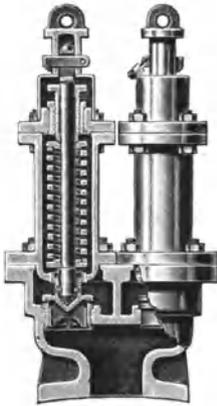


Fig. 113.

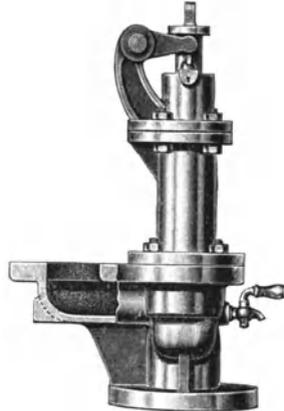


Fig. 114.

An derartigen Ventilen wird eine Zugstange angebracht, mit der man das Ventil lüften kann (Fig. 113, 114).

Zum Unterschiede von den gewöhnlichen Sicherheitsventilen gibt es noch Vollhubventile. Dieselben haben über dem eigentlichen Ventilteller noch eine angegossene volle Scheibe, die einen größeren Durchmesser als der Ventilteller hat. Das Ventilgehäuse ist bis an die obere Kante dieses Tellers verlängert, läßt aber einen Zwischenraum von einigen Millimetern frei. Bei einer geringen Drucküber-

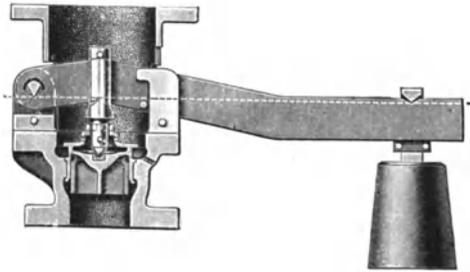


Fig. 115.

schreitung im Kessel hebt sich der Ventilteller nur wenig; wird der Überdruck aber größer, strömt der austretende Dampf so heftig gegen jene Scheibe an dem Ventilteller, daß letzterer sehr hoch gehoben wird und das Ventil stark abbläst. Damit der Ventilteller nicht zu hoch gehoben wird, darf das Ventilgehäuse bei geschlossenem Sicher-

heitsventil nicht zu viel über die mehrfach erwähnte Scheibe überragen. Die Vollhubventile haben den Vorteil, daß sie einen kleineren Durchmesser haben können und infolgedessen billiger sind als gewöhnliche Sicherheitsventile. Nähere Vorschriften über den erforderlichen Querschnitt der Sicherheitsventile sind im Dampfkesselgesetz gegeben. Fig. 115 stellt ein Vollsicherheitsventil von Schäffer & Budenberg, Magdeburg-Buckau, dar. Bläst ein Sicherheitsventil vorzeitig ab, so sind entweder die Sitzflächen beschädigt, oder das Ventil liegt nicht wagerecht, oder die Gelenke der Hebel und die Führungslügel des Ventiltellers klemmen. Gänzlich unzulässig ist es, die Belastung oder die Hebellängen zu ändern, was nur die zuständigen behördlichen Aufsichtsbeamten vornehmen dürfen. Ein gut in Ordnung gehaltenes Sicherheitsventil hebt sich in der Nähe des höchsten Kesseldruckes durch einen geringen Druck der Hand und schließt sich beim Loslassen der Hand von selbst wieder. Die Führungslügel des Ventiltellers sollen in der Durchgangsöffnung des Ventiles etwa  $\frac{1}{2}$  Millimeter Spielraum haben. Die Sicherheitsventile werden am besten an der höchsten Stelle des Dampftraumes, z. B. an einem Stutzen des Dampfdomes angebracht. Befinden sie sich an einer tiefen, dem Wasserpiegel im Kessel näher gelegenen Stelle, so kann namentlich beim Abblafen der Vollhubventile aus dem Kessel Wasser mit fortgerissen werden..

**Die Speisevorrichtungen.** Dieselben haben den Zweck, das verdampfte Wasser im Kessel wieder zu ersetzen. Nach dem Dampfkesselgesetz muß jeder Dampfkessel mindestens zwei Speisevorrichtungen haben, die nicht von derselben Betriebsvorrichtung (Dampfmaschine) abhängig sein dürfen. Zwei von derselben Dampfmaschine angetriebene Transmissionspumpen sind demnach unzulässig, eine der beiden Speisevorrichtungen muß eine Dampfmaschine oder ein Injektor sein. Zulässig sind natürlich auch zwei Injektoren oder zwei Dampfmaschinen. Jede Speisepumpe muß ferner doppelt so viel Wasser in den Kessel speisen können, als der Kessel in normalem Betriebe verdampft. Bei Maschinenpeisungen genügt die  $1\frac{1}{2}$  fache Leistungsfähigkeit. Handpumpen dürfen nur für Dampfkessel verwendet werden, wenn Heizfläche in Quadratmetern mal Kesseldruck in Atmosphären nicht größer als 120 ist. Die Speisevorrichtungen sind ständig betriebsbereit zu halten und abwechselnd zu benutzen.

**Die einfachwirkende Speisepumpe mit Plungerkolben** (Fig. 116). Dieselbe besteht aus dem Pumpenzylinder a und den angeschraubten Ventilgehäusen b. In dem Pumpenzylinder geht der massive Kolben c auf und nieder; die Stopfbüchse d schließt den Pumpenkolben und den Pumpenstiefel wasser- und luftdicht ab. Der dichte Abschluß des Kolbens wird durch

geflochtene, mit Talg eingefettete Hanfzöpfe erzielt, die in die Stopfbüchse eingelegt und mittels zweier Schrauben und der sogenannten Stopfbüchsenbrille e zusammengepreßt werden. Die Bewegung des Kolbens wird durch einen rotierenden Exzenter, mit dem er durch die Zugflange f verbunden ist, erzeugt. Nebenstehende Figur stellt eine Transmissionspumpe dar. In dem Ventilgehäuse befinden sich zwei mit Führungen versehene selbst-

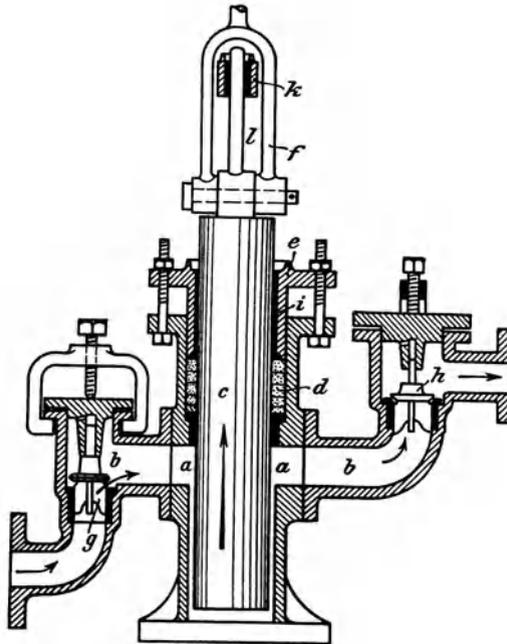


Fig. 116.

tätige Ventile aus Rotguß, von denen das eine, das Saugventil g, nach der Saugrohrleitung, das andere, das Druckventil h, nach der Druckrohrleitung führt. Beim Aufwärtsgange des Kolbens entsteht in dem Pumpengehäuse ein luftleerer Raum; das Druckventil setzt sich infolgedessen fest auf seinen Sitz auf und schließt die Druckleitung nach dem Kessel ab, während sich das Saugventil öffnet und in das Pumpengehäuse Wasser eintreten läßt. Bei seinem Abwärtsgange drückt der Kolben auf das im Pumpenzylinder stehende Wasser, das Saugventil wird geschlossen und das Wasser aus dem Pumpenstiefel durch das geöffnete Druckventil in die Speiseleitung und in den Kessel gepreßt. Da auf jede Kolbenbewegung nur eine Wirkung,

entweder eine Saug- oder eine Druckwirkung kommt, nennt man diese Art Pumpen einfachwirkend.

Die einfachwirkenden Pumpen sind durchgängig Plunger- (= Tauchkolben-) pumpen. Sie werden für Maschinen- und Transmissionsantrieb und auch als Dampfpumpen ausgeführt und zeichnen sich durch sicheres Funktionieren aus. Mitunter ist nach jahrelangem Gebrauch infolge ungleichmäßiger Abnutzung die Stopfbüchse nicht mehr in dichtem Zustand zu erhalten. Der Pumpenkolben ist dann auf der Drehbank abzdrehen und die Stopfbüchse dem verkleinerten Kolbendurchmesser entsprechend neu auszubüchsen. Die Führungen für den Kolben macht man aus Rotguß oder Messing, einesteils zur Verhütung des Rostes, andererseits auch der geringeren Abnutzung wegen, da Reibungsflächen von Gußeisen auf Gußeisen oder Gußeisen auf Schmiedeeisen zu stark verschleifen. Zur sicheren Führung erhalten die Ventiltiegel unter dem Führungsstift angegoßene Führungsflügel und über dem Ventilstift einen angegoßenen senkrechten Stift, der in einer ausgebohrten Verlängerung des Gehäufedekels über dem Ventile läuft. Schlägt ein Ventil beim Hubwechsel der Pumpe zu hart auf dem Stift auf, so ist die Hubhöhe des Ventiltiegels durch einen Metall- oder Lederring über dem Führungsstift zu verringern. Die Hubhöhe der Ventiltiegel soll  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{4}$  des lichten Ventildurchmessers betragen; sie muß umso kleiner sein, je schneller die Pumpe arbeitet. Läuft die Pumpe schnell, oder wählt man eine größere Hubhöhe, so bringt man auf den Ventiltiegeln Spiralfedern an, die beim Hubwechsel des Kolbens einen schnellen Abschluß der Ventile bewirken. Die Spiralfedern an den Saugventilen verringern die Saugkraft der Pumpe und dürfen bei großer Saughöhe der Pumpe nicht zu stark gespannt sein, da die Pumpe sonst leicht versagt.

Im allgemeinen ist es auch nicht gebräuchlich, den schnelleren Abschluß des Saugventils durch eine darauf lastende Feder zu beschleunigen. Das Anheben einer gespannten Feder macht sich durch Verringerung der Saughöhe der Pumpe bemerkbar, die natürlich umso kleiner wird, ein je größerer Teil des Luftdruckes zum Anheben des Ventiltiegels nötig ist. Wendet man daher wirklich einmol solche Federn auf dem Saugventile an, so muß man darauf achten, daß sie den Ventiltiegel in geschlossenem Zustande entweder gar nicht oder doch nur wenig belasten.

Zur Erhöhung der Wasserleistung rüstet man die Transmissionspeisepumpe mit drei Plungern (Tauchkolben) aus. Eine derartige Dreiplungerpumpe von J. E. Näher in Chemnitz zeigt die Abbildung 117. Die Bewegung der Kolben wird durch eine rotierende Welle mit drei um 180 Grad versetzte Kurbeln bewirkt. Infolge dieser Kurbelanordnung arbeitet die

Pumpe stoßfrei und liefert einen gleichmäßigen Wasserstrahl. Zur Regulierung der Leistung werden der Saugraum und der Druckraum der Pumpe durch ein Rohr (in der Figur seitlich rechts) miteinander verbunden, in welches ein Absperrventil eingebaut ist. Je nachdem man letzteres mehr oder weniger öffnet, läuft beim Niedergange der Kolben ein Teil des geförderten Wassers aus dem Druckraum in den Saugraum der Pumpe zurück und verändert sich die in den Kessel gespeiste Wassermenge. Mit einer

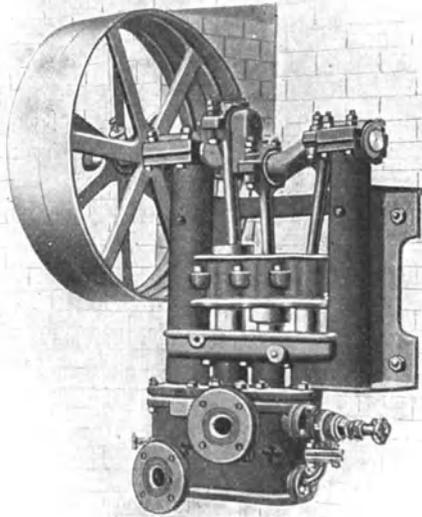


Fig. 117. Dreiplungerpumpe von J. E. Näher, Chemnitz.

derartigen Umlaufvorrichtung ausgerüstete Pumpen können daher während der Betriebszeit des Kessels ununterbrochen im Gange und hierdurch der Wasserstand im Kessel auf gleichmäßiger Höhe gehalten werden.

Die Dampfpumpen werden mit und ohne Schwungrad ausgeführt. Die Schwungradlosen Dampfpumpen haben weite Verbreitung gefunden. Sie besitzen wenig bewegte Teile und lassen sich auf schnellen und sehr langsamen Gang einstellen, so daß die geförderte Wassermenge in weiten Grenzen veränderlich ist und die Pumpen sich auch für ununterbrochene Kesselspeisung eignen. Diese Pumpen bestehen aus einer eigentlichen Dampfmaschine

mit Schiebersteuerung und einer Wasserpumpe mit je zwei Kolben. Pumpenkolben und Dampfkolben sind durch je eine Kolbenstange miteinander verbunden. Die Dampfverteilungsschieber werden durch die Kolbenstangen bewegt; und zwar steuert die Kolbenstange des einen Dampfkolbens den Schieber des anderen Dampfzylinders und umgekehrt. Hierdurch wird ein gleichmäßiger Wechsel des Kolbenpieles der beiden Pumpenhälften erreicht, der die Ruhe des Ganges der Pumpe erhöht. Da der Scheibenkolben bei jeder Bewegung auf der einen Seite eine Saugwirkung und auf der andern Seite gleichzeitig eine Druckwirkung erzeugt, nennt man derartige Pumpen doppelwirkend.

Bedingung für das sichere Arbeiten einer Pumpe ist, daß die Kolben, die Ventile und die Saugrohre luftdicht schließen. Störungen können eintreten, wenn die gangbaren Pumpenteile abgenutzt sind, das Speisewasser zu heiß und die Saughöhe zu groß ist. Am unteren Ende des Saugrohres bringt man bei Pumpen einen Saugkorb mit einem Tellerventil oder einer Gummiklappe an (Fig. 118). Der Saugkorb hat den Zweck, das Ansaugen von Schlamm und Holzteilen zu verhüten. Ist das Wasser sehr schlammig, so ist er öfters herauszu-

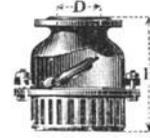


Fig. 118.

ziehen und samt dem Fußventil zu reinigen. Das Fußventil oder die Gummiklappe bewirkt, daß das Wasser im Saugrohr stehen bleibt und die Pumpe bei der In-

gangsetzung sofort ansaugt. Saugt die Pumpe schwer an, so schließt man das Absperrventil in der Speiseleitung, öffnet das Pumpengehäuse, gießt letzteres voll Wasser und setzt, nachdem man das Pumpengehäuse wieder verschlossen hat, die Pumpe in Bewegung. Um die Pumpe schnell nachsehen und innen reinigen zu können, müssen die Schraubenverschlüsse der Pumpengehäuse leicht zugänglich angeordnet sein. Die Saughöhe der Pumpe ist von der Temperatur des Wassers abhängig; je wärmer das Wasser ist, umso kleiner muß sie sein. Bei kaltem Wasser beträgt sie theoretisch 10 Meter, in der Praxis darf sie aber nicht größer als 8 Meter sein. Das Nähere über die Saugwirkung der Pumpe ist bei der Besprechung über die Messung des Luftdruckes erörtert worden. (S. 96 u. 97).

**Berechnung der Leistungsfähigkeit einer Pumpe.** Die geförderte Wassermenge einer einfachwirkenden Pumpe mit Tauchkolben ergibt sich aus der Wassermenge, die der Tauchkolben bei seinem Abwärts gange aus dem Pumpengehäuse herauspreßt. Man berechnet sie wie folgt: Flächeninhalt des Kolbenquerschnittes  $\times$  Kolbenhub  $\times$  Anzahl der Spiele in der Minute. Der Flächeninhalt eines Kolbenquerschnittes ist die Fläche eines Kreises vom Kolbendurchmesser und aus fertigen Tabellen zu ersehen. Hat

man keine Tabelle, so rechnet man ihn aus. Er ist = Kolbenhalbmesser  $\times$  Kolbenhalbmesser  $\times$  22/7.

Da die Saug- und Druckventile bei jedem Hubwechsel nicht sofort schließen, sondern etwas Wasser durchlassen, bis sie wieder aufsitzen, muß man die berechnete Pumpenleistung noch mit 0,8 multiplizieren.

**Beispiel:** Der Kolbendurchmesser einer einfachwirkenden Pumpe sei 84 Millimeter; dann ist der Kolbenhalbmesser =  $84 : 2 = 4,2$  Zentimeter, der Kolbenhub betrage 11,5 Zentimeter, und die Pumpe mache in der Minute 55 Doppelhübe. Dann leistet die Pumpe in der Minute  $4,2 \cdot 4,2 \cdot \frac{22}{7} \cdot 11,5 \cdot 55 \cdot 0,8 = 500,048$  Kubizzentimeter = 0,5 Liter Wasser. Sämtliche Maße müssen in Zentimetern angegeben sein. In einer Stunde leistet eine

Pumpe 60 mal so viel wie in einer Minute (weil die Stunde 60 Minuten dauert).

#### Die Dampfstrahlpumpen oder Injektoren.

Dieselben sind wegen ihrer Einfachheit und Zuverlässigkeit vielfach angewendet. Der Dampf tritt an der Stelle *d* in den Injektor (Fig. 119). Wird die Ventilschraube heraus geschraubt, so strömt der Dampf durch die Düse *a* und erzeugt im Injektorgehäuse eine Luftverdünnung, durch die das Wasser aus der Saugleitung *e* angefaugt wird. Das angefaugte Wasser wirkt kondensierend auf den Dampf, vergrößert hierdurch die Luftleere und die Saugwirkung und vermischt sich in der Düse *b* mit dem

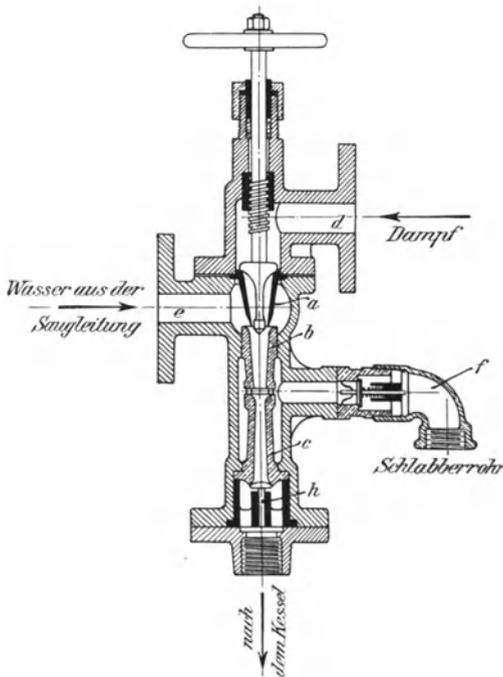


Fig. 119.

Dampf zu einem heißen Wasserstrahl, der mit großer Geschwindigkeit aus der Düse heraustritt, anfangs zerstreut ist und durch das Überlaufrohr *f*, das sogenannte Schlabberrohr, entweicht. Allmählich

dringt jedoch der Wasserstrahl in die Tangdüse *c* ein, setzt infolge der allmählichen Erweiterung dieser Düse seine Geschwindigkeit in Druck um und ist schließlich imstande, das bei *h* angebrachte Rückschlagventil zu öffnen, und tritt in den Kessel ein. Der Überlauf des Wassers durch das Schlabberrohr hört nahezu auf, bis schließlich beim weiteren Öffnen des Dampfzustrusses gar kein Wasser mehr aus dem Schlabberrohr herauskommt. Die Düse *a* nennt man die Dampfdüse, die Düse *b* die Mischdüse und die Düse *c* die

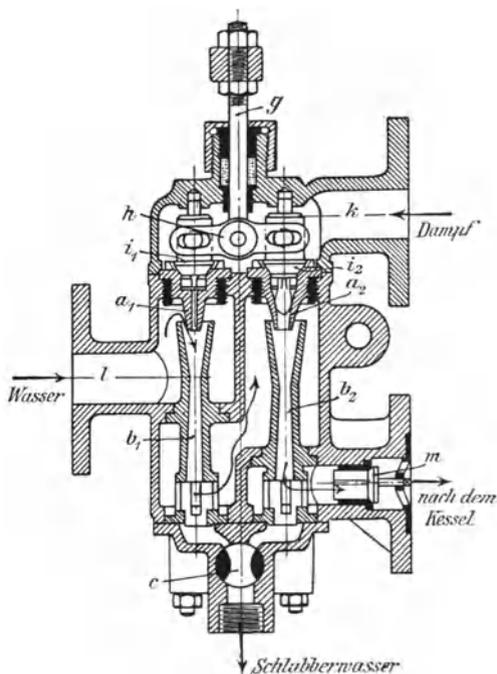


Fig. 120.

Druckdüse. Der Injektor ist langsam in Gang zu setzen, und es darf namentlich nicht mehr Dampf, als nötig, zugeführt werden. Die Dampfdüse muß verstellbar sein und während des Ansaugens zunächst wenig Dampf zuströmen lassen. Saugt der Injektor an, so muß durch weiteres Herausdrehen der Regulierspindel noch mehr Dampf in den Injektor hineingelassen werden, bis das Wasser vom Dampfstrahl in den Kessel gedrückt wird. Damit sich die allmähliche Steigerung des Dampfverbrauches besser erreichen läßt, macht

man die Regulierspindel unten konisch, so daß sie beim Herausdrehen die Öffnung der Dampfdüse nur allmählich frei gibt.

Fließt dem Injektor das Speisewasser zu, fällt also die Arbeit des Ansaugens fort, so wird auch die Stellvorrichtung der Dampfdüse überflüssig und der Injektor wesentlich einfacher. Solche einfache, nichtsaugende Injektoren mit festen Düsen werden gewöhnlich bei Lokomotiven verwendet. Bei einem derartigen Injektor (dem Schauschen Injektor) sind die Misch-

und Überdruckdüse in der Mitte zusammengelassen und haben an der Verbindungsstelle schließförmige Öffnungen, durch welche das Überlaufwasser abfließen kann.

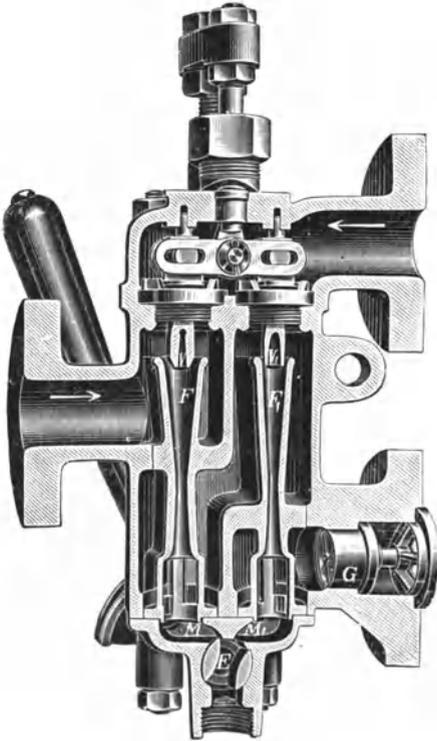


Fig. 121.

**Der Körting'sche Universal-Injektor.** Derselbe bildet eine Vereinigung von zwei Injektoren, von denen der eine das Wasser anzusaugen und der zweite das angesaugte Wasser in den Kessel zu drücken hat. Infolgedessen kann  $b_1$  ihm die Saughöhe wesentlich größer und das Speisewasser wärmer sein als beim einfachen Injektor. Man nennt ihn auch einen doppelwirkenden Injektor. Die Düsen  $a_1$  und  $a_2$  sind die beiden Dampfdüsen;  $b_1$  und  $b_2$  die zugehörigen Mischdüsen. Zur Inbetriebnahme

des Injektors ist nur eine langsame Bewegung des auf den Hahn  $c$  gesteckten Hebels  $d$  von rechts nach links erforderlich. Wird der Hebel in der Richtung des Pfeiles bewegt, so schiebt sich die Stange  $e$  nach oben. Das untere Ende dieser Stange gleitet nämlich mittels eines kleinen Zapfens in einer spiralförmigen Nutte der mit dem Hebel verbundenen Scheibe  $f$ . Mit der Stange  $e$  wird aber auch zugleich die Stange  $g$  gehoben, die durch eine Stopfbüchse hindurch in

den oberen Teil des Injektorgehäuses geführt ist und dort zwei um einen Bolzen frei bewegliche Balanciers  $h$  trägt. Die Balanciers haben nach den Seiten zu Schlitze, in die zwei durch die Dampfventile  $i_1$  und  $i_2$  gestützte Bolzen geführt sind. Das Ventil  $i_1$  hat einen kleineren Durchmesser als das Ventil  $i_2$ . Letzteres hat außerdem unten einen zugespitzten Ansaß, welcher, wie beim einfachen Injektor, die Öffnung der Düse reguliert. Da die Ventile nicht gleich groß sind, werden sie durch den Druck des Dampfes, der dem Injektor durch das Rohr  $k$  zufließt, ungleich belastet. Geht die Stange  $g$  in die Höhe, so öffnet sich zunächst das kleine, weniger belastete Ventil  $i_1$  des ersten Injektors, und letzterer beginnt mit dem Ansaugen des durch das Saugrohr  $l$  eintretenden Wassers. Erst wenn das Ventil  $i_1$  ganz geöffnet ist und sein Stiel oben im Injektorgehäuse anstößt, hebt sich bei der Weiterbewegung des Hebels  $d$  das Ventil  $i_2$  des Druckinjektors und setzt letzteren in Tätigkeit. Im unteren Teile des Injektors haben sich inzwischen folgende Vorgänge abgespielt: Anfänglich steht der Hahn  $e$

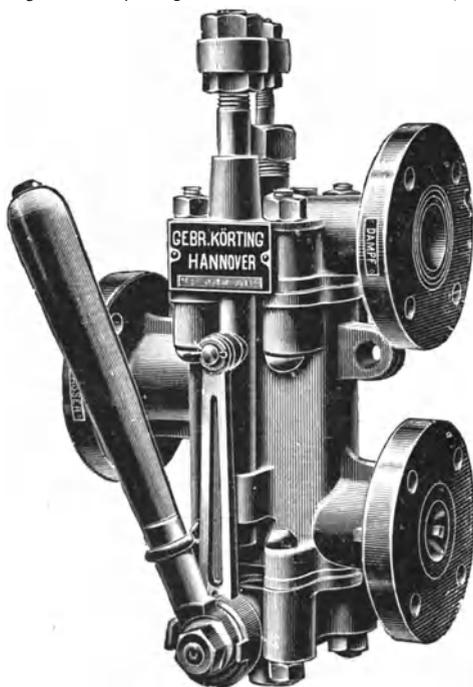


Fig. 122.

so, daß das angesaugte Wasser durch das Schlubberrohr ablaufen konnte. Gleichzeitig mit dem Zingangehen der zweiten Injektorhälfte schließt sich aber der Hahn  $e$  so weit, daß das angesaugte Wasser durch die im unteren Teile der Düse  $b_1$  angebrachten schlißförmigen Öffnungen nach der Mischdüse  $b_2$  strömen muß. Der Hahn  $e$  stellt sich hierbei so ein, daß das Wasser aus der Düse  $b_2$  zunächst durch das Schlubberrohr entweichen kann. Allmählich wird aber der Hahn  $e$  aber auch auf dieser Seite geschlossen, und das Wasser dringt endlich durch die unteren Schlitze der Düse  $b_2$  und durch das Rückschlagventil  $m$  hindurch in die Druckleitung und in den Kessel ein (Fig. 120 bis 122).

Der ganze Vorgang vollzieht sich sehr schnell, so daß der Heizer nur nötig hat, den Hebel *d* langsam von einer Seite nach der anderen zu bewegen und hierbei auf das richtige Ansaugen des Injektors zu achten. Diese Injektoren wirken sehr zuverlässig. Sie saugen kaltes Wasser bis  $6\frac{1}{2}$  Meter,

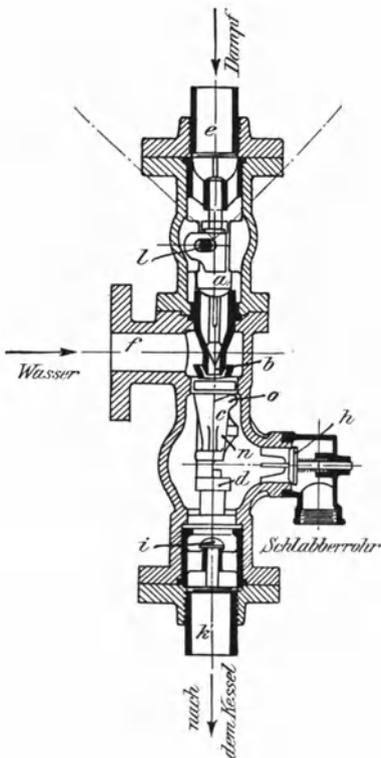
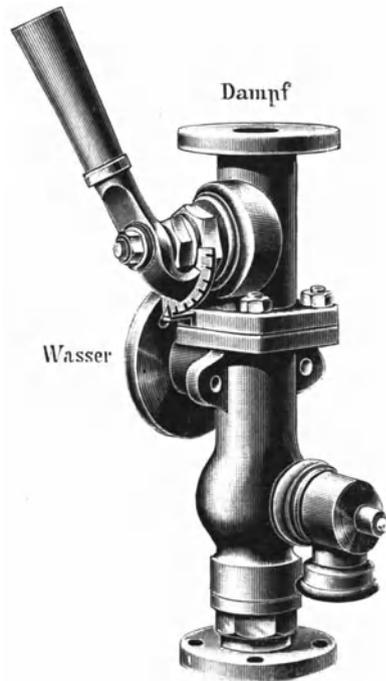


Fig. 123.

zum Kessel  
Fig. 124.

60 Grad Celsius warmes Wasser noch 2 Meter hoch an. Fließt ihnen das Wasser zu, so kann die Temperatur des Speisewassers bis zu 70 Grad Celsius betragen; sie führen es dann weit über 100 Grad erhöht dem Kessel zu.

**Der Restarting-Injektor.** Er heißt Restarting- (Wiederansaug-) Injektor, weil er selbsttätig wieder ansaugt und von selbst weiter arbeitet, wenn er einmal abschnappt. *b* ist die Dampfdüse, die oben durch das Ventil *a* abgeschlossen ist, *c* die Mischdüse und *d* die Überdruckdüse. Das Rohr *e* ist die Dampfzuleitung, das Rohr *f* die Saugleitung nach dem Brunnen, das

Rohr k die Druckleitung nach dem Kessel. Dreht man den Hebel (s. Fig. 123, 124), so bewegt sich der Zapfen l in die Höhe und hebt den Ventilkörper a zugleich mit der daran angebrachten Regulierspitze. Der Injektor beginnt zu saugen und drückt das Wasser durch die Mischdüse c und die Druckdüse d nach dem Kessel, wobei das Rückschlagventil i geöffnet wird. Die Mischdüse c hat nun eine Klappe n, die um den Bolzen o nach außen aufklappen kann und während des regelrechten Ganges des Injektors geschlossen ist. Versagt der Injektor während der Speisung, so braucht er in Folge dieser Klappe nicht von neuem angestellt zu werden, sondern er saugt von selbst wieder an. Da beim Ansaugen aber weniger Dampf gebraucht wird, die Dampfzuströmung beim Abschneiden des Injektors aber dieselbe bleibt, muß der überflüssige Dampf bequem entweichen können. Diesem Zwecke dient die Klappe n. Sobald der Injektor während des vollen Ganges versagt, klappt sie auf und öffnet dem überschüssigen Dampf und Wasser einen freien Austritt durch das Schlabberventil h. In dem Maße, in dem der Injektor nun wieder zu arbeiten beginnt, wird die Klappe n wieder angesaugt, so daß die Mischdüse c die Form einer ungeteilten Düse annimmt und das Wasser durch die Druckdüse c und das Rückschlagventil i in die Speiseleitung nach dem Kessel dringt. Bei den Restarting-Injektoren kann man sogar die Saugleitung aus dem Wasser heben; sobald man sie wieder unter Wasser hält, arbeitet der Injektor weiter. Der Restarting-Injektor muß entweder liegend mit nach oben gefehrter Klappe oder stehend eingebaut werden.

Versagt ein Injektor, so kann dies an zu heißem Speisewasser oder zu großer Saughöhe liegen. Fußventile am unteren Ende des Saugrohres sind, da sie das Ansaugen erschweren, beim Injektor zu vermeiden. Alle Rohrleitungen für Kesseldampf und Wasser sowie alle in die Rohrleitungen eingeschalteten Ventile und Hähne müssen den vollen freien Querschnitt der Rohre haben. Besonders ist darauf zu achten, daß die Rohre nicht durch zu wenig ausgeschnittene Gummidichtungen oder durch Kesselstein verengt sind. Alle Rohre müssen möglichst gerade sein, erforderliche Krümmungen sind in schlankem Bogen auszuführen. Sind scharfe Ecken in den Rohrleitungen vorhanden, so stößt sich das Wasser und es ist unnötig viel Reibungswiderstand zu überwinden. Hat sich in den Düsen Kesselstein angefangen, so sind sie sorgfältig herauszunehmen. Beim Reinigen dürfen sie nicht beschädigt werden, da grobe Beschädigungen der Düsenbohrung den Injektor untauglich machen. Einige Firmen empfehlen die Reinigung der Düsen vom Kesselstein mittels verdünnter Salzsäure. Die Injektoren werden für bestimmte Betriebsdrücke gebaut; fehlt der notwendige Druck, so arbeitet der Injektor nicht.

**Die ununterbrochene und selbsttätige Speisung. Die selbsttätigen Wasserstandsregler.** Der Zweck dieser Apparate ist, selbsttätig die Speisung eines Kessels derart zu regeln, daß der Wasserstand im Kessel unter Zulassung geringer Schwankungen auf einer bestimmten normalen Höhe gehalten wird und sowohl Wassermangel wie Überspeisung verhindert werden. Es muß demnach jeder Dampfkessel einen solchen Wasserstandsregler für sich erhalten. Diese automatischen Wasserstandsregler, die also unabhängig von der Bedienung durch den Heizer die Speisevorrichtungen, wie Transmissions- oder Dampfpumpen, an- und abstellen, werden in verschiedener Weise ausgeführt. Einige Apparate wirken durch einen beweglichen Schwimmer, der auf dem Wasserspiegel im Kessel schwimmt und sich mit diesem hebt und senkt und hierbei ein Hebelwerk bewegt, durch welches das Speiseventil geöffnet und geschlossen wird. Bei diesen Apparaten muß die Speisepumpe ununterbrochen laufen und etwas mehr Wasser fördern, als verdampft wird. Damit die Pumpe nicht beschädigt wird, wenn der automatische Speiseapparat das Speiseventil am Kessel geschlossen hat, muß in die Speiseleitung ein Sicherheitsventil eingebaut werden, durch welches das zuviel geförderte Wasser aus der Speiseleitung entweichen kann und in einer Rohrleitung nach dem Wasserbassin zurückgeleitet wird. Dieses Sicherheitsventil ist für einen um  $\frac{1}{2}$  bis 1 Atmosphäre höheren Druck als der zulässige Dampfdruck im Kessel einzustellen. Zweckmäßig ist es in solchen Fällen, in die Speiseleitung ein Manometer einzuschalten, nach welchem man den Überdruck in der Speiseleitung bemißt. Der Nachteil dieser Einrichtung besteht darin, daß die Pumpe überflüssige Arbeit verrichten muß und daß in der Speiseleitung bei abgestelltem Speiseventil ein ziemlich hoher Druck entsteht.

Um diesen Übelstand zu beseitigen, richtet man die automatischen Wasserstandsregler so ein, daß sie nicht das Speiseventil, sondern das Dampfventil an der Speisepumpe öffnen und schließen oder die Transmissionspumpe durch Verschieben des Riemens von der Fest- nach der Losscheibe ein- und ausrücken. Bei dem nebenstehend skizzierten von Rasmussen und Ernst, Chemnitz, gebauten Apparat (Fig. 125) dient zur Regulierung des Wasserstandes im Kessel kein Schwimmer, sondern es sind zu diesem Zwecke zwei Einhängenrohre vorhanden, von denen das eine bis zum normalen Wasserstande reicht, während das andere 100 Millimeter unter den normalen Wasserstand reicht. Beide Rohre sind an einem Kesselstutzen befestigt und durch zwei dünne elastische Kupferrohre von etwa 15 Millimeter Durchmesser mit einem geschlossenen hohlen Behälter verbunden, der an dem Kipphebel befestigt ist. Auf der anderen Seite trägt der Hebel ein Gegengewicht. Ist genügend

Wasser im Kessel, so tauchen die beiden Einhängeröhre in das Wasser ein. Der Dampf im Gefäß kondensiert, letzteres füllt sich mit Wasser und zieht infolge seiner Gewichtszunahme den Hebel nach unten. Hierbei wird das Ventil in der Dampfleitung nach der Kesselspeisepumpe geschlossen, so daß letztere aufhört zu arbeiten. Fällt der Wasserstand im Kessel, so tritt das untere Ende des kurzen Rohres aus dem Wasser hervor, das Wasser fließt

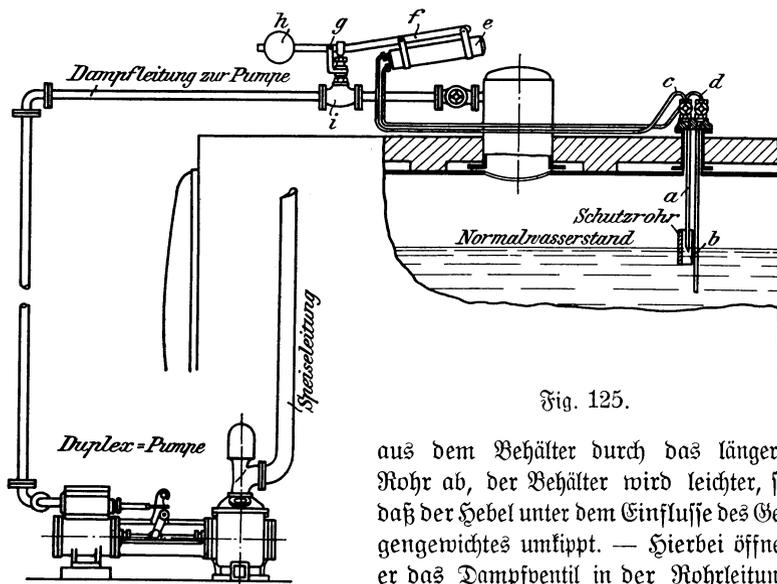


Fig. 125.

aus dem Behälter durch das längere Rohr ab, der Behälter wird leichter, so daß der Hebel unter dem Einflusse des Gegengewichtes umkippt. — Hierbei öffnet er das Dampfventil in der Rohrleitung nach der Speisepumpe, und letztere

beginnt wieder zu arbeiten. Steigt dann der Wasserstand im Kessel, bis wieder das kurze Rohr eintaucht, so kondensiert wieder der Dampf in dem Behälter, letzterer füllt sich mit Wasser; er bewegt sich infolge der Gewichtszunahme nach unten, so daß der Hebel das Dampfventil schließt, und die Speisepumpe aufhört zu arbeiten. Die beiden dünnen Kupferröhrchen machen die Bewegung des Behälters mit und sind, genügende Länge vorausgesetzt, durchaus haltbar. Ist statt der Dampfmaschine eine Transmissionspumpe vorhanden, so wird die Bewegung des Klapphebels durch einen Seilzug auf die Einrückvorrichtung der Transmissionspumpe übertragen und hiermit deren An- und Abstellen bewirkt.

Derartige Apparate werden in sehr verschiedener Weise ausgeführt. Sie bewirken, daß der Wasserstand im Kessel nur wenige Millimeter schwankt, sie erleichtern ferner die Kesselbedienung; doch soll sich der Heizer hüten, sich

ganz darauf zu verlassen, da sie trotz ihrer Einfachheit mannigfachen Störungen ausgesetzt sind. Bei jeder Kesselreinigung sind die Apparate von etwa anhaftendem Kesselstein zu befreien, damit Verstopfungen der Röhre rechtzeitig vorgebeugt wird. Für Betriebe mit stark schwankendem Dampfverbrauch eignen sich diese Apparate nicht in besonderem Maße, weil es in solchen Fällen empfehlenswerter ist, den Wasserstand zeitweilig sehr hoch und sehr niedrig zu halten. Der Heizer kann dann allerdings auch den Wasserstandsregler abstellen und nach seinem freien Belieben die Pumpen in Gang setzen.

**Das Speise- oder Rückschlagventil.** Das Wasser im Kessel steht unter hohem Druck und würde durch jeden Ausweg entweichen. Etwaige undichte Stellen in der Speiseleitung könnten daher einen Wassermangel im Kessel herbeiführen. Um dies zu vermeiden, und um kleine Reparaturen an der Speiseleitung auch während des vollen Betriebes vornehmen zu können, bringt man in der Speiseleitung möglichst nahe am Kessel ein Speise- oder Rückschlagventil (Fig. 126) an. Dasselbe gestattet zwar dem Wasser den Eintritt in den Kessel, verhindert ihm aber den Austritt. Es wird unter dem Drucke des Pumpenkolbens selbsttätig geöffnet und vom Kesseldruck selbsttätig geschlossen. Der Ventilteller *b* muß sich daher im Ventilgehäuse *a* frei bewegen können. Das Ventil ist so einzubauen, daß das Wasser das Ventil in der Richtung des eingezeichneten Pfeiles durchfließt. Damit sich das Ventil nicht festklemmen kann, erhält der Ventilteller außer den gebräuchlichen Führungsflügeln im Ventilsitz noch einen langen, im Deckel des Ventilgehäuses geführten Stiel.

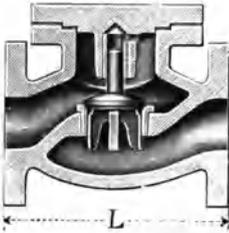


Fig. 126.

Das gewöhnliche Rückschlagventil hat den Nachteil, daß der Ventilteller vom durchfließenden Wasser einseitig belastet wird, infolgedessen sich seine Führungsflächen und der Ventilsitz stark abnutzen. In neuerer Zeit fertigt man daher Rückschlagventile an, bei denen das Speisewasser in senkrechter Richtung auf den Ventilteller drückt. Die betreffenden Rückschlagventile haben entweder eine gegen früher verbesserte Gehäuseform oder eine ringförmige Verlängerung auf dem Ventilsitz. Fig. 127 zeigt ein derartiges Rückschlagventil von Dreher, Rosenkranz und Droop, Hannover; Fig. 128, 129 ein solches der Firma Schäffer und Pödenberg, Magdeburg-Buckau. Zwischen dem Speiseventil und dem Kessel ist gemäß gesetzlicher Vorschrift ein Absperrventil einzuschalten. Hierdurch ist es möglich, das Speiseventil bei etwaigen Undichtheiten auch während des Kesselbetriebes nachzusehen oder

auszuwechseln zu können. Die früher übliche Bauart, bei welcher das Rückschlagventil zugleich als Absperrventil ausgeführt war, ist nicht mehr gesetzlich zulässig, da Störungen am Ventil nur bei abgelassenem Kessel beseitigt werden könnten. Das Speiseventil muß der Heizer gut in Ordnung halten, da Undichtheiten desselben Wassermangel im Kessel zur Folge haben können.

**Die Abbläſvorrichtung.** Damit das Kesselwasser zeitweilig abgelassen werden kann, ist der Kessel an der tiefsten Stelle mit einem Hahn oder einem Absperrventil zu versehen. Ist die Abbläſvorrichtung nicht direkt am Kessel, sondern an einem Rohrstück angebracht, so ist letzteres vor der Berührung durch die Heizgase zu schützen., da andernfalls der sich darin ansammelnde Schlamm festbrennt, und das Rohr nach kurzer Zeit völlig verstopft wird.

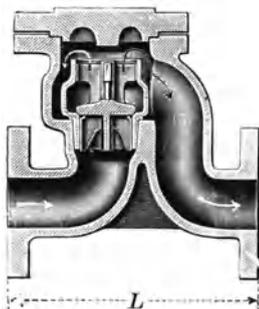


Fig. 127.

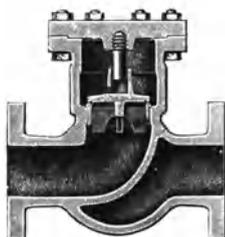


Fig. 128.



Fig. 129.

Soll der Dampfkessel gereinigt werden, so ist zunächst das Kesselgemäuer genügend abzukühlen und der Dampfdruck herunter zu lassen und dann erst der Abbläſhahn zu öffnen.

Setzt das Wasser viel Schlamm im Kessel ab, was namentlich bei der im Kessel vorgenommenen chemischen Speisewasserreinigung oft vorkommt, so versucht man, den Schlamm durch öfteres regelmäßiges Öffnen der Abbläſvorrichtung am Sonntag, nachdem der Kessel mehrere Stunden stillgestanden hat, unter vermindertem Dampfdruck abzulassen. Dieses Abbläſschlamm unter Druck bleibt immer eine sehr gefährliche Sache. Verwendet man den einfachen Abbläſhahn, so kann es leicht vorkommen, daß er sich mit Schlamm verstopft oder von dem heißen durchströmenden Wasser so stark erwärmt und ausgedehnt wird, daß er sich nicht wieder schließen läßt und bei Anwendung von Gewalt abbricht. Gewöhnliche Absperrventile lassen sich zwar leichter wieder zumachen; sie haben jedoch den Nachteil, daß sie nicht dicht zu bekommen sind, sobald sich beim Ausbläſen des Schlammes abgeprungene Kesselsteinchalen und Schlamm auf der Sitzfläche festsetzen.

Um diese Übelstände der einfachen Ablaufhähne und Absperrventile zu beseitigen, sind die Ablaufvorrichtungen in zahlreichen mannigfaltigen Konstruktionen hergestellt worden, ohne daß jedoch eine den gestellten Anforderungen völlig genügen würde. Häufig angewendet ist der Stopfbüchsenhahn, dessen Regel durch Anziehen der unten im Gehäuse eingeschraubten Druckschraube gelockert werden kann. Vor jedesmaligem Ausblasen des Kessels ist der Hahn zur Verhütung des Festklemmens vorsichtig mittels der Druckschraube zu lüften. Letztere ist vor dem Festfrieren zu schützen, da andernfalls die Vorteile der ganzen Hahnkonstruktion wieder hinfällig

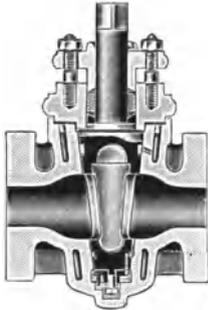


Fig. 130.



Fig. 131.

werden. Bei dem nebenstehend abgebildeten Ablaufhahn der Firma Hof, Zwickau (Fig. 130 und 131), wird das Anheben des Hahnregels nicht durch eine Schraube, sondern durch Dampfdruck bewirkt. Der Hahn enthält zu diesem Zwecke Dampfkanäle und wird durch eine dünne Rohrleitung mit dem Dampfraum verbunden. Soll der Schlamm aus dem Kessel herausgeblasen werden, so wird das Hahngehäuse durch Öffnen eines Ventils in der Dampfleitung angewärmt, so daß sich der Hahnregel von selbst lockert. Das Abschlämmen erfolgt dann in der Weise, daß man den Hahn in kurzen Pausen 3- oder 4 mal schnell hintereinander auf- und zumacht.

Bei einem verbesserten Ablaufventil ist die Gewindespindel hohl gemacht und eine zweite glatte Spindel hindurchgeführt. Jede Spindel besitzt ein Handrad. Durch Drehen des Handrades auf der Gewindespindel wird das Ventil geöffnet und geschlossen. Hat sich beim Abschlämmen Schlamm oder Kesselstein zwischen Ventilsitz und Ventiltiegel festgesetzt, und ist das Ventil durch Herausdrehen der Gewindespindel nicht dicht zu bekommen, so kann durch Drehen am Handrade auf der glatten Spindel der angelegte Schlamm zerrieben und das Ventil dicht gemacht werden, ohne es auseinandernehmen zu müssen.

Wenn irgend möglich, sollen bei dem Abschlämmen eines Kessels zwei Leute zugegen sein, von denen der eine den Wasserstand im Kessel beobachtet und der andere die Ablassvorrichtung bedient.

**Das Absperrventil.** Dasselbe dient dazu, die Dampfenahme aus dem Kessel zu regeln. Derartige Ventile sind direkt am Kessel zu befestigen und werden in einer großen Anzahl verschiedener Konstruktionen ausgeführt. Große Ventile und Ventile für überhitzten Dampf sind aus einem besonderen Gußeisen oder aus gutem Stahlguß herzustellen. Ein Gußeisen, dessen Gehalt an Silizium, ferner an Phosphor (Kaltbruch) und Schwefel (Warmbruch) nicht genau bekannt ist, darf für Ventile für überhitzten Dampf nicht verwendet werden. Gußeisenventile sind zwar erheblich billiger als Stahlgußventile, doch kann die Kostenfrage wegen der Gefährlichkeit der billigeren Ware in solchen Fällen nicht ausschlaggebend sein. Im großen ganzen kann man bei Dampftemperaturen bis zu 350 Grad Celsius und bei gleichzeitiger Dampfspannung bis etwa 12 Atmosphären Überdruck die Ventilgehäuse bis etwa 150 Millimeter Durchgangsöffnung aus einem besten Spezialgußeisen herstellen; darüber hinaus soll nur guter Stahlguß verwendet werden.

Während Gußeisen für größere Ventile nicht verwendet werden darf, ist auf der anderen Seite Stahlguß bei kleinen Ventilen, oder bei Ventilen mit geringen Wandstärken nicht zu gebrauchen. Stahlguß besitzt die Eigentümlichkeit, daß er beim Gießen schlecht fließt, kleinere Räume der Gießformen schlecht ausfüllt und für geringe Wandstärken und für Körper feiner, exakter Ausführung nicht gebraucht werden kann. Ventile von weniger als 10 Millimeter Wandstärke sollten keinesfalls aus Stahlguß, sondern aus Gußeisen oder aus Nickellegierung oder dergleichen hergestellt werden. Die Nachteile von schlechtem Stahlguß bestehen in der Ungleichmäßigkeit seiner Beschaffenheit, die zu Brüchen führt, und in der Eigentümlichkeit, daß die aus solchem minderwertigen Stahlguß angefertigten Ventile beim ersten Gebrauche mit überhitztem Dampfe sich verziehen und auf lange Zeit nicht dicht zu bekommen sind. Fig. 132 u. 133.

Bei kleineren Ventilen macht man den Ventilteller und den Ventilhub aus demselben Material, das heißt aus Gußeisen oder Rotguß. Rotguß ist vorzuziehen, weil er nicht rostet. Für größere Ventile oder bei Ventilen für überhitzten Dampf wendet man jedoch Nickel- oder Nickellegierungen an. Die metallenen Dichtungsringe müssen einerseits hart genug sein, damit sie beim Zuschrauben des Ventils ihre Form bewahren, andererseits müssen sie genügend nachgiebig sein, damit sie den Bewegungen des Ventilgehäuses, in welches sie schwalbenschwanzförmig eingesetzt sind, folgen können.

Die Ventilschindel ist aus Stahl, Schmiedeeisen oder aus Rotguß herzustellen und sauber abzdrehen, damit sie in der Stopfbüchse gut dicht hält. Die Ventilschindel *b* wird mit dem Ventilteller *a* unter Zuhilfenahme einer Büchse *c* aus Rotguß, Nickel oder anderem nicht rostenden Materiale möglichst dauerhaft verbunden. Der Ventilteller soll in senkrechter Richtung ganz

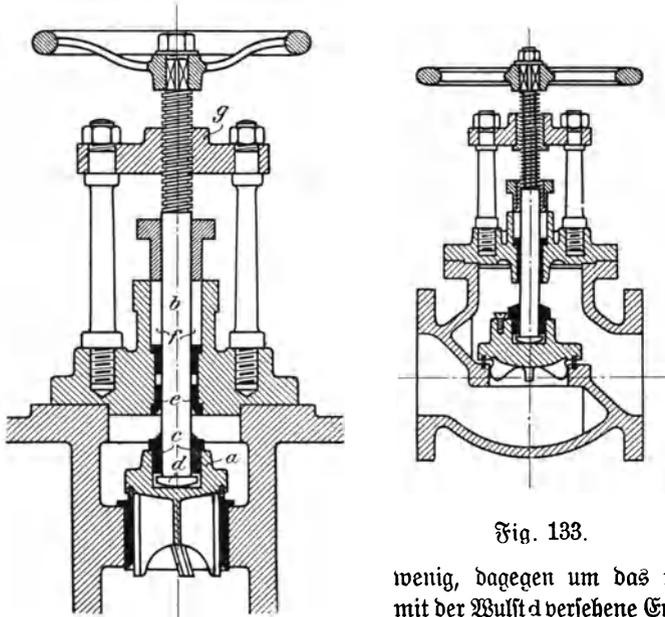


Fig. 132.

Fig. 133.

wenig, dagegen um das untere, mit der Wulst *d* versehene Ende der Schindel hingegen möglichst viel Spiel haben, damit sich die beiden Dichtungsflächen unabhängig von der Richtung des Schindeldruckes dicht schließen können. Zu diesem Zwecke macht man das untere Ende der Schindel nicht gerade, sondern kugelförmig. Die Büchse *c* muß bei ganz hoch gehobenem Ventilteller das Ventilinnere gegen die Grundbüchse *e* dicht abschließen, damit die Stopfbüchse *f* während des Betriebes neu verpackt werden kann. Die Brücke *g*, in welcher die Schindel oben geführt wird, versieht man, um das Festfrieren der Schindel zu verhüten, oder wenn eine größere Festigkeit erzielt werden soll, mit einer Büchse aus Rotguß oder aus Stahl.

Abweichend von Ventilen für Satteldampf bringt man bei Ventilen für überhitzten Dampf am Ventilteller keine Führungsflügel an, da sie sich bei derartigen Ventilen entweder in der Wärme verziehen oder von dem heißen

Dampf zu sehr abgeschliffen werden. Man versteht derartige Ventilkegel nur mit ganz kurzen Führungsflügeln, die nur dazu dienen, die richtige Mittellage des Ventilkegels beim Einschleifen zu wahren.

Häufig hört man, gußeiserne Absperrventile seien bei überhitztem Dampf verbrannt. Die hohe Dampftemperatur ist hieran jedoch nicht schuld. Die auf den Überhitzer aufgeschraubten Ventile können aber verbrennen, wenn der Überhitzer ausgeschaltet wird, und die Ventile durch den Dampf nicht mehr gekühlt werden. Die Wärme der zu heller Weißglut erhitzten gemauerten Züge um den Überhitzer überträgt sich dann nicht nur auf die Überhitzerrohre, sondern auch auf die nahe dem Kesselmauerwerk befindlichen Ventile, die schließlich selbst bis zum Glühen oder bis nahe dahin erwärmt werden. Hierbei ändert das Gußeisen seine chemische Zusammensetzung, namentlich mit dem eingelagerten Kohlenstoff geht eine Umwandlung vor, wodurch das Eisen an Festigkeit verliert und brüchig wird. Schon beim Erkalten bekommen die Ventilgehäuse dann Risse. Wo die Möglichkeit einer derartig hohen Erwärmung besteht, dürfen keinesfalls gußeiserne Ventile verwendet werden.

Große Absperrventile sind so in die Rohrleitung einzubauen, daß der Dampf von unten auf den Kegel drückt, anderenfalls kann das Ventil schwer geöffnet werden. Kleinere Ventile kann man aber auch so einbauen, daß der Ventilkegel von oben vom Dampfe gedrückt wird. Dies hat den Vorzug, daß der Dampfdruck den dichten Abschluß des zugeschraubten Ventils erhöht. Alle Dampfventile müssen langsam geöffnet werden, damit sich die Rohrleitung zunächst anwärmen kann. Die Nichtbeachtung dieser Maßnahme hat schon häufig zu Wasserschlägen in den Rohrleitungen und zu Rissen in den Dampfmaschinenzylindern geführt. Sehr große Ventile versteht man mit einem kleinen Umgehungsventil. Dasselbe wird zum Anwärmern der Rohrleitung geöffnet und verhindert, daß letztere zu plötzlich der Dampfspannung ausgesetzt wird.

**Die Speisewasservorwärmer.** Das Speisewasser hat, je nachdem es einem Brunnen, einem Flusse oder einem Teiche entnommen wird, eine Temperatur von etwa 10 bis 25 Grad Celsius. Benutzt man das aus der Einspritzkondensation einer Dampfmaschine abfließende Wasser, so beträgt dessen Temperatur etwa 38 bis 44 Grad Celsius. Das auf diese Weise verfügbare Speisewasser ist demnach wesentlich kälter als das im Kessel unter Dampf stehende Wasser, und es muß selbstverständlich für seine Erhitzung auf die Temperatur des Kesselwassers eine bestimmte Menge Kohle im Kesselfeuer verbrannt werden. Um diese Kohlenmenge zu sparen, benutzt man den Abdampf der Dampfmaschine oder die im Essenruch ab-

ziehenden Heizgase zum Vorwärmen des Kesselspeisewassers, bevor dasselbe in den Kessel gelangt. Der Vorwärmer des Speisewassers hat ferner den Vorteil, daß die Temperaturschwankungen im Kessel gemildert und ungleiche Ausdehnung der Kesselbleche vermieden werden, wie dies beim Speisen von kaltem Wasser nahezu unvermeidlich ist. Ferner wird die Gefahr der Anrostung der Kesselbleche sehr gemindert, da das Speisewasser beim Anwärmen entlüftet wird.

Einen **Abdampfvorwärmer** stellt die nebenstehende Figur 134 dar. Derselbe besteht aus einem schmiedeeisernem Mantel und einem heraus-

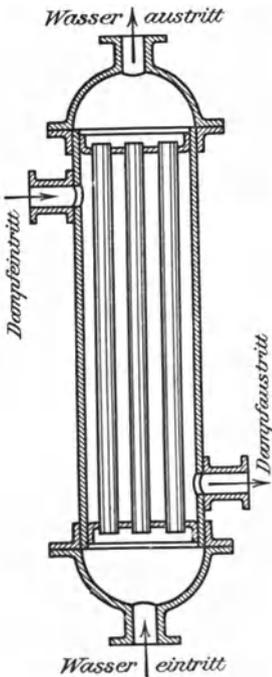


Fig. 134

ziehbaren Röhrensystem. Der Dampf tritt durch die Rohre hindurch, wogegen das Wasser letztere von außen umgibt und den Vorwärmer in der Richtung der eingezeichneten Pfeile durchströmt. Mitunter ist durch eine in der Längsrichtung im Rohrsystem angeordnete Zwischenwand das Wasser zwangsläufig geführt, wodurch es die Wärme des Dampfes gut ausnutzt, und das Wasser gleichmäßig vorgewärmt wird. Der Dampfraum wird in der Regel mit einem Kondensatopfe verbunden, welcher das sich niederschlagende Dampfwasser ableitet. Es gibt auch Abdampfvorwärmer, bei denen die Rohre vom Wasser durchzogen und außen vom Dampf befüllt werden. Damit sich die Rohre bei der Erwärmung ungehindert ausdehnen können, ist bei manchen Konstruktionen der eine Rohrboden fest, der andere frei beweglich angeordnet. Da der Abdampf wenig über 100 Grad Celsius warm ist, kann das Speisewasser bei derartigen Vorwärmern nicht über 100 Grad Celsius erwärmt werden. Es

kann sich daher in derartigen Vorwärmern auch kein hoher Druck bilden, und sie bedürfen keines Sicherheitsventiles und Manometers. Sie sind übrigens nur für kleinere Kesselanlagen bestimmt, da große Dampfmaschinen nicht mit Abspuffdampf, sondern mit Kondensationsanlagen arbeiten.

**Die Abgas- oder Rauchgasvorwärmer.** Wie im Abdampf der Dampfmaschinen, so ist auch in den Essengasen der Dampfkesselanlagen noch eine

beträchtliche Wärmemenge enthalten, die man zur Vorwärmung des Kesselspeisewassers in den Rauchgasvorbärmern auszunutzen sucht. Diese Vorbärmer oder Economiser (Fig. 135) bestehen aus einer großen Anzahl von senkrechten Röhren von etwa 100 bis 120 Millimeter lichtein Durchmesser und etwa 4 bis 5 Meter Höhe, die in einer Erweiterung des Esseufches aufgestellt sind. Die Röhren sind in Gruppen von je 24 Stück angeordnet und oben und unten reihenweise durch wagerechte Querrohre untereinander verbunden.

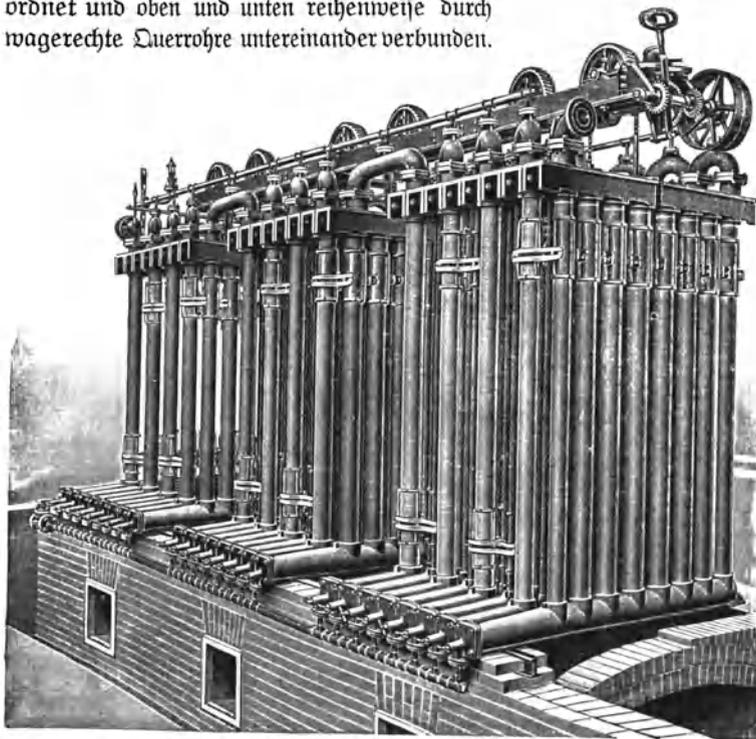


Fig. 135.

Am oberen Ende der Röhre sind Verschlüsse zum zeitweiligen Reinigen angebracht. Beim Speisen des Kessels durchströmt das Wasser langsam die Röhre von unten nach oben und nimmt auf seinem Wege durch die Röhre einen Teil der Wärme der Essengase auf. Damit sich die verhältnismäßig engen Zwischenräume zwischen den Röhren nicht mit Flugasche und Ruß verstopfen, wird jedes Rohr mit einem Schaber ausgestattet, der von einer maschinell bewegten Kette langsam auf- und niedergezogen wird und etwa

außen anhaftende Ruß- und Flugaschenansammlungen von den Rohren entfernt.

Die Ökonomiser werden entweder aus Gußeisen oder aus Schmiedeeisen hergestellt. Gußeiserne Rohre haben den Vorzug, daß sie nicht so leicht rosten wie schmiedeeiserne, während letztere eine höhere Festigkeit besitzen, enger und dünnwandiger gemacht werden können und infolgedessen das Wasser schneller erwärmen als jene. Schmiedeeiserne Ökonomiserrohre ziehen sich unter der Einwirkung der Heizgase leicht krumm und werden deshalb nicht mit Schabern versehen, sondern zeitweilig in gleicher Weise wie die Dampfüberhitzer mittels Dampfstrahls von Flugasche und Ruß äußerlich gereinigt. Die äußeren Anrostungen der Ökonomiserrohre treten hauptsächlich an den Eintrittsstellen des Wassers auf, da die Rohre an dieser Stelle kalt sind und sich hier der Wasserdampf aus den Essengasen niederschlägt. Man mischt daher, je nach der Anfangstemperatur des Speisewassers und dem Wassergehalt des Brennstoffes dem Speisewasser vor dem Eintritt in den Ökonomiser einen Teil des vorgewärmten Speisewassers bei.

In den Rauchgasvornärmern wird das Wasser beträchtlich höher als in den Abdampfvornärmern erwärmt. Die Temperatur des darin vorgewärmten Speisewassers ist oft gleich der Temperatur des Kesselwassers. Zu hohem Druck im Ökonomiser verhindert man durch ununterbrochene, dem Dampfverbrauche im Kessel angepasste Speisung und durch ein Sicherheitsventil am Ökonomiser, welches immer für einen um eine Atmosphäre höheren Druck als der Kesseldruck eingestellt wird.

Ökonomiser darf man nur einbauen, wenn ein genügender Essenzug vorhanden ist. Wird letzterer durch den Ökonomiser beeinträchtigt, so muß er durch eine künstliche Zuanlage verstärkt werden, da andernfalls die Kesselleistung verringert und das Feuer an Luftmangel leiden würde. Die Essengase werden im Gegenströme durch den Ökonomiser geführt, das heißt, sie treffen zuerst auf diejenigen Ökonomiserrohre, aus denen das Speisewasser aus dem Ökonomiser bereits wieder austritt. Um etwaige Reparaturen am Ökonomiser unabhängig vom Kesselbetrieb ausführen zu können, wird für die Essengase noch ein Essenzug angelegt, der um den Ökonomiserkanal herumführt. Durch Drehen mehrerer Essenschieber kann man die Heizgase durch diesen Umgehungs kanal direkt in den Schornstein ableiten und den Ökonomiserkanal völlig ausschalten und begehbar machen. Die Ökonomiser bringen eine wesentliche Kohlenersparnis, sind aber infolge ihrer hohen Anlagelkosten nur für größere Kesselanlagen geeignet. Der abgebildete gußeiserne Ökonomiser stammt aus der König-Friedrich-August-Hütte in Potschappel bei Dresden.

**Die Kondenswasserableiter.** Dieselben dienen dazu, das sich sammelnde Kondenswasser aus Dampfsammlern, Dampfleitungen, Heizapparaten, Dampftrockenzylindern usw. selbsttätig zu entfernen. Kleine Dampfsammler und kurze Rohrleitungen brauchen keine Kondenswasserableiter, da das wenige sich darin bildende Wasser von der Dampfströmung mit fortgerissen wird. Sie müssen aber wenigstens mit einem Wasserablaßventil ausgerüstet sein, womit bei der täglichen Betriebsaufnahme das aus dem Dampfe ausgeschiedene Wasser abgelassen werden kann. Dampftrockenzylinder (z. B. an Papiermaschinen), Dampfheizungsrohre und alle Dampfapparate, in denen der Dampf stillsteht oder nur eine geringe Bewegung hat, sind hingegen unbedingt mit einem Kondenswasserableiter zu versehen, da das zeitweilige Ablassen des Wassers durch ein Handventil unzuverlässig wäre und auch Dampfverluste verursachen würde.

Die gebräuchlichsten Kondenswasserableiter sind die sogenannten Kondensstöpfe. Sie bestehen aus einem gußeisernen, topfförmigen Gehäuse, welchem das kondensierte Wasser aus dem zu entwässernden Dampfgefäß in einer Rohrleitung zuströmt, und die durch einen im Innern angebrachten offenen Schwimmer aus Kupfer in Tätigkeit gehalten werden. Die Kondensstöpfe müssen genau wagerecht aufgestellt werden, damit das Schwimmgestänge leicht spielt und sich nicht festklemmt. Der Kondensstopf ist mit einem Absperrventil und einer Umgehung für den Dampf zu versehen, so daß er im Falle des Versagens auch während des Betriebes geöffnet und nachgesehen werden kann. Die Größe und Wanddicken des Kondensstopfes richten sich nach der abzuführenden Wassermenge und nach der Dampfspannung. Es sind daher bei der Bestellung die Betriebsbedingungen des Kondensstopfes anzugeben.

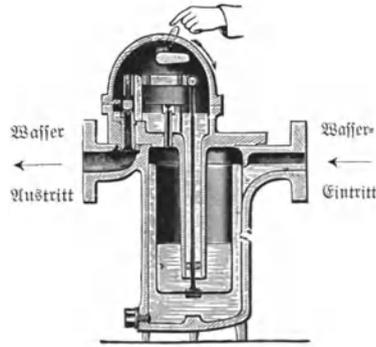


Fig. 136.

Der Heizer hat die Kondensstöpfe sorgsam zu beaufsichtigen, da ein undichter Kondensstopf viel Dampfverlust verursacht, oder bei etwaigen Verstopfungen Wasserflüge entstehen. Die nebenstehende Figur 136 stellt den Kondensstopf „Columbus“ aus der Maschinenfabrik E. Naucke in Coswig bei Dresden in automatischer Tätigkeit dar. Wasser und Dampf treten auf der rechten Seite, wie die Pfeile angeben, ein; das Wasser läuft in den Kupfertopf, hierdurch wird dieser beschwert und zieht

vermittels des wagerechten Hebels im oberen Teile des Kondensstopfes das daselbst befindliche Ventil an der Wasseraustrittsstelle auf. Das Wasser entweicht dann so lange, bis der Wasserspiegel im Kupfertopf so weit gesunken ist, daß der Topf schwimmt, wobei derselbe vermittels des Hebels das Ventil wieder schließt, bis sich wieder eine genügende Menge Wasser

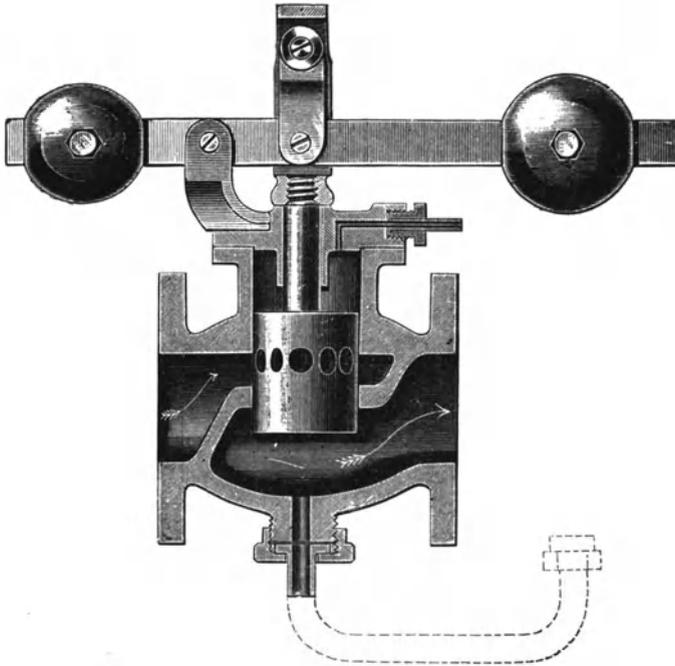


Fig. 137.

im Kupfertopf angesammelt hat und das beschriebene Spiel von neuem beginnt.

Wenn man den Hebel, welcher außerhalb an der Haube angebracht ist, mit der Hand nach abwärts bewegt, so bewegt sich gleichzeitig ein innerhalb des Apparates sitzender Hebel, bis er auf einen Hebel am Schwimmergestänge trifft, diesen niederdrückt und somit das Ventil öffnet. Es bläst dann, wenn der Kondensstopf unter Dampfdruck steht, ein kräftiger Dampfstrahl durch das weit geöffnete Ventil und reinigt dasselbe von etwa angesammelten Unreinigkeiten. Dreht man den Hebel wieder in seine alte Stellung zurück, so arbeitet der Kondensstopf wieder automatisch weiter. Der Ventilteller

ist vermittlems einer Schraube nachstellbar eingerichtet, damit eine etwaige Abnutzung der Ventilsflächen, die mit der Zeit durch die Wirkung des ausströmenden Wassers und durch Nachschleifen eintritt, ausgeglichen werden können. Der innere Mechanismus des Kondensstopfes ist durch einfaches Abnehmen der Haube leicht zugänglich.

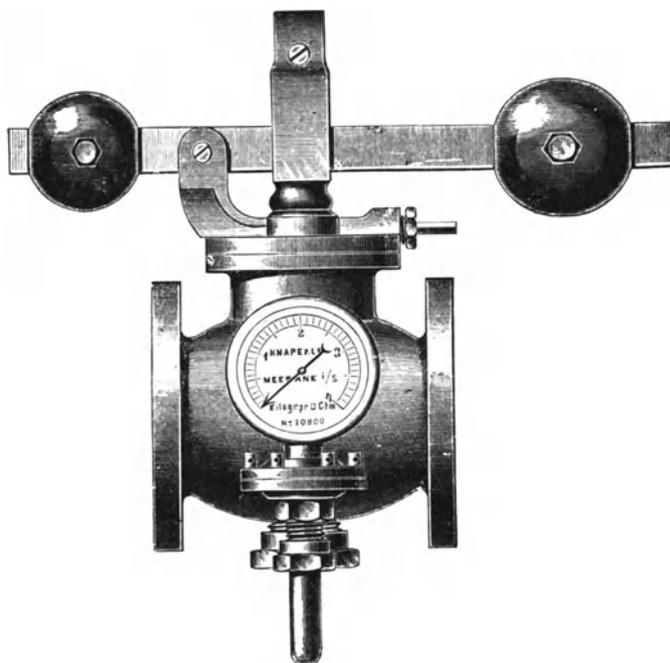


Fig. 138.

In Betrieben wie Zuckerfabriken, Konservenfabriken, Spiritusdestillationen leitet man die entstehenden großen Kondenswassermengen in einen gemeinsamen Sammelbehälter und speist das Wasser mit einem Heißwasserinjektor oder mittels eines Rückspeiseapparates wieder in den Dampfkessel.

**Das Dampfdruck-Reduzierventil.** Dasselbe hat den Zweck, den Druck von hochgespanntem Dampf zu vermindern. Soll beispielsweise ein Dampfkessel seinen Dampf an zwei Dampfmaschinen abgeben, von denen die eine mit 12, die andere aber nur mit 8 Atmosphären Überdruck betrieben wird, so ist in die Dampfrohrleitung für letztere Dampfmaschine eine Vorrichtung einzubauen, welche die Dampfspannung von 12 Atm. auf 8 Atm. ver-

mindert (reduziert). Diese Vorrichtung ist das Dampfdruck-Reduzierventil. Es gibt viele verschiedene Bauarten des Reduzierventils. Bei dem Reduzierventil — Fig. 137/138, Knappe, Merane — wird der Dampfdruck vermittlems eines hohlen, beweglichen Kolbens, der mit Löchern versehen und oben verschlossen ist, reduziert. Durch ein Gewicht, welches auf einem Hebel verschiebbar ist, wird der Kolben nach unten gedrückt, so daß die Löcher des Kolbens dem Dampfe freien Durchgang durch das Ventil gewähren. Wird

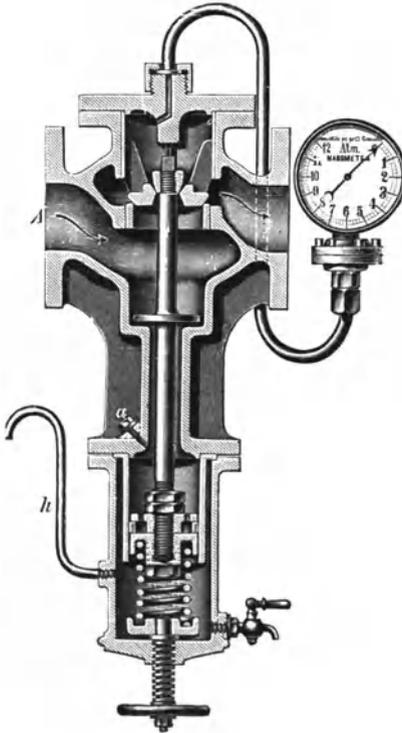


Fig. 139.

der Dampfdruck hinter dem Ventil größer als der auf dem Kolben lastende Gewichtsdruck, so wird der Kolben so weit in den oberen Teil des Ventilgehäuses hineingeschoben, bis die Löcher verdeckt sind und keinen Dampf mehr durch das Ventil hindurchlassen. Fällt der Dampfdruck wieder, so bewegt sich der Kolben nach unten, und die Löcher geben dem Dampfe den Durchgang wieder frei. Durch Verschieben des Gewichts auf dem Hebel kann man die Spannung des durchgelassenen Dampfes nach Belieben erhöhen oder vermindern. Das kleine Gewicht auf dem kurzen Hebelarm hat den Zweck, den Hebel auszubalancieren, damit das Reduzierventil auch für ganz geringen Druck eingestellt werden kann. Das Reduzierventil wird mit einem Manometer versehen, welches den verminderten Druck

anzeigt. Da der Kolben der leichten Beweglichkeit halber nicht mit federnden Ringen versehen werden darf und infolgedessen nicht ganz dicht hält, ist darauf zu sehen, daß das Kondenswasser in dem Raume über dem Kolben immer einen freien Ausweg hat. Das zu diesem Zwecke im Ventildedeckel angebrachte Röhrchen darf daher nicht verschlossen werden, auch wenn es etwas Dampf ausströmen läßt.

Figur 139 stellt ein Reduzierventil der Aktiengesellschaft Strube in Magdeburg-Buckau dar. Der Dampf tritt bei A ein und drückt einerseits gegen den oben befindlichen Ventilkegel, andererseits gegen den Kolben im unteren Teile des Ventilgehäuses, der sich während des Betriebes mit Kondenswasser füllt und einen Wasserfack bildet. Der Ventilkegel und der Kolben sind durch eine Stange fest miteinander verbunden. Schraubt man die untere Ventilschraube in das Ventil hinein, so wird der Ventilkegel abgehoben, und es strömt der Dampf durch das Ventil hindurch, bis sich hinter dem Ventil eine Dampfspannung gebildet hat, die den Federdruck überwindet und das Ventil schließt. Durch einfaches Herein- und Herausdrehen der unteren Spindel kann man die Feder mehr oder wenig anspannen und den reduzierten Dampfdruck beliebig einstellen. Der Kolben in dem unteren Teile des Ventilgehäuses wird durch einen Gummiring abgedichtet, der durch das Wasser im Wasserfacke vor der Zerstörung durch den Dampf geschützt wird. Die Schraube a dient zum Füllen des Wasserfackes bei der ersten Inbetriebnahme des Ventiles. Das Röhrchen h muß offen bleiben, damit sich hinter dem Kolben kein Druck bilden kann. Bei Ventilen, welche nicht dauernd im Betriebe sind und der Gefahr des Einfrierens ausgesetzt sind, wird am Wasserfack ein kleiner Ablasshahn angebracht.

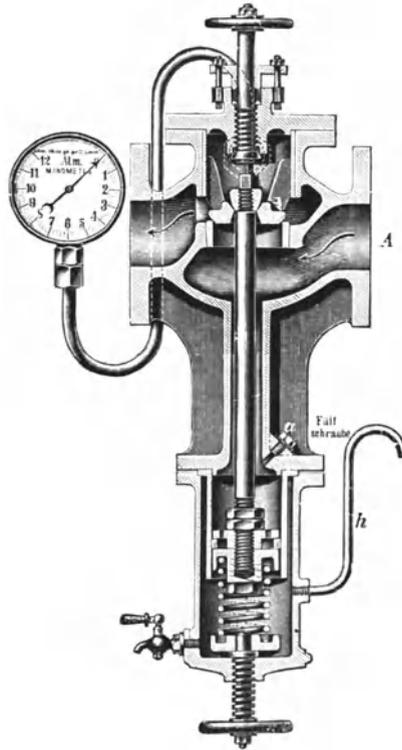


Fig. 140.

Die Reduzierventile werden auch mit Absperrvorrichtung ausgerüstet, damit etwaige Reparaturen an der Rohrleitung für den reduzierten Dampf auch während des Betriebes ausgeführt werden können. Diese Anordnung empfiehlt sich jedoch nur bei kleinen Reduzierventilen. Bei weiten Rohrleitungen ist es besser, vor dem Reduzierventil ein besonderes Dampfabsper-

ventil einzubauen, weil sich letzteres leichter handhaben läßt als die Absperrvorrichtung am Reduzierventil. In der Fig. 140 befindet sich die Absperrspindel oben, doch wird sie auch je nach den örtlichen Verhältnissen und der leichteren Zugänglichkeit halber auch unten angebracht. Beim Dampfmaschinenbetrieb sind die Reduzierventile möglichst entfernt von der Dampfmaschine, also möglichst nahe am Dampfkessel anzuordnen, damit das Funktionieren des Reduzierventiles nicht durch das stoßweife Arbeiten des Dampfes beeinflusst wird. Bei Kesselanlagen mit überhitztem Dampf sind die Reduzierventile möglichst vor dem Überhitzer einzuschalten. Wo dies nicht zugänglich ist, müssen, besonders bei starker Überhitzung, die inneren Ventile aus Nickel hergestellt werden, wodurch sich der Preis natürlich wesentlich erhöht. Da es nicht ausgeschlossen ist, daß das Reduzierventil aus irgendeinem Grunde, wie z. B. durch Eindringen von Schmutz, versagt, muß in allen Fällen, wo die Leitungen vor einem zu hohen Druck unbedingt geschützt sein müssen, hinter dem Reduzierventil ein Sicherheitsventil angebracht werden.

**Die Rohrleitungen.** Dieselben werden für überhitzten Dampf und für hohen Druck ausnahmslos aus schmiedeeisernen, zumeist aus nahtlos gewalzten Mannesmannrohren hergestellt. Für Temperaturen über 249 Grad Celsius ist die Verwendung von Kupferrohren gesetzlich verboten, weil Kupfer bei höheren Temperaturen leicht brüchig wird. Nur bei Dampfkesseln für niedrigen Druck, etwa bis zu 8 Atmosphären, und für sehr enge Rohre, wie Manometerrohre, stellt man die ganze Rohrleitung oder die Bögen (Krümmer) aus Kupfer her. Damit die Rohre bei der Ausdehnung durch die Erwärmung keine gefährlichen Spannungen in den Absperrventilen verursachen, müssen sie elastisch sein.

Für nicht zu lange Rohrleitungen reichen hierzu schon die Bögen in den Rohrleitungen aus, die deshalb möglichst schlank zu machen sind. Lange Rohrleitungen versieht man mit besonderen Ausdehnungsbogen oder Kompensationsrohren, die sich entsprechend den Längenveränderungen der Rohrleitung zusammen- oder aufbiegen (Fig. 141 und 142). Die in Fig. 142 abgebildeten Wellrohrbogen der A.-G. Seiffert & Co., Berlin, zeichnen sich durch besonders hohe Elastizität aus. Sie werden aus nahtlosen Stahlrohren und bei größeren Abmessungen aus überlappt geschweißten und nachgewalzten Schmiedeeisenrohren hergestellt. Gleichen Zwecken dienen die Kugelgelenkkompensatoren (Fig. 143). Derselbe besteht aus einem Stahlgußkrümmer mit einem Kugelförper aus Nickelbronze, der in das anschließende Gehäuse dampfdicht eingeschliffen ist. Verändert die Rohrleitung infolge Erwärmung oder Abkühlung ihre Länge, so wird durch die von selbst ein-

sehende Drehung des Kugelgelentkompensators jedwede Spannung in der Rohrleitung vermieden. Bemerkenswert ist noch, daß der abgebildete Kompensator keine Stopfbüchse enthält, was seine Wirkungsweise und Instandhaltung

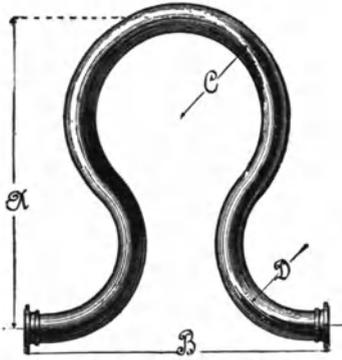
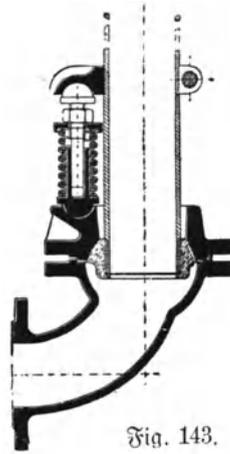
Fig. 141<sup>1)</sup>.

Fig. 143.

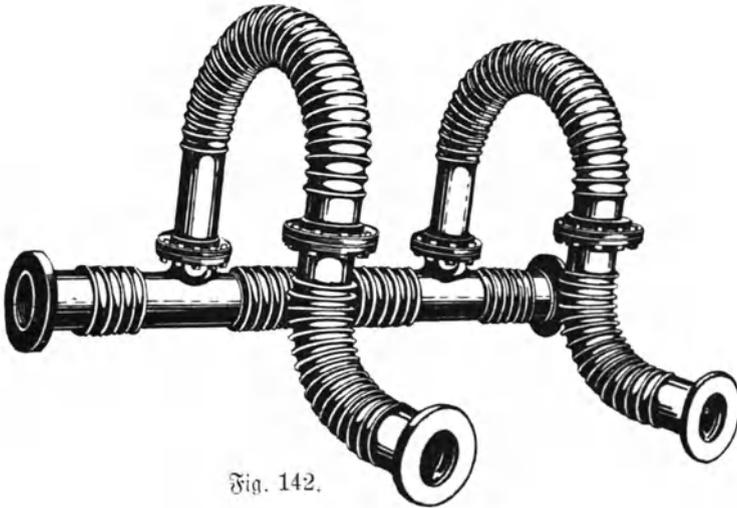


Fig. 142.

wesentlich erleichtert. Die Rohrverbindungen werden auf verschiedene Art ausgeführt. Entweder sind die Flanschen auf den Rohren befestigt oder man befestigt auf den Rohrenden Bunde, hinter denen lose

• <sup>1)</sup> Fig. 141—143. Rohrstücke von Franz Seiffert & Co., N. G., Berlin S D. 33.

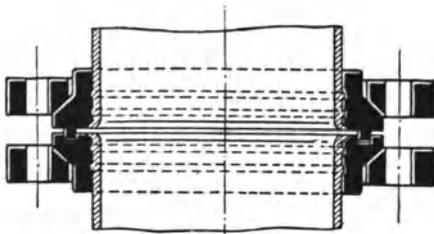
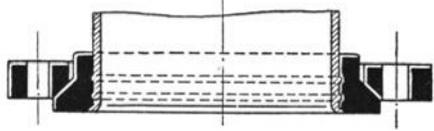
Fig. 144<sup>1)</sup>.

Fig. 145.

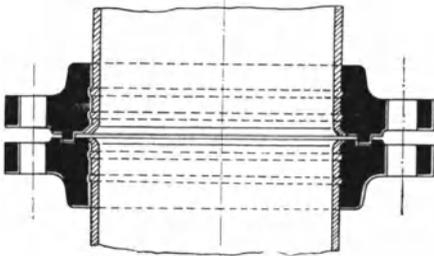


Fig. 146.

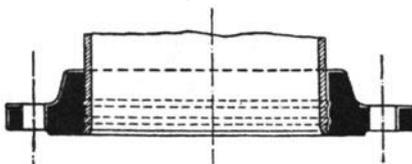


Fig. 147.

Flanschen sitzen (Fig. 144, 145, 146, 147). Der Ausfüh-  
 rung der Rohrleitungen wird neuerdings große Be-  
 achtung geschenkt. Für die  
 Befestigung der Flanschen  
 oder Bunde auf den Rohren  
 kommt nur Aufschweißen  
 oder Aufwalzen in Betracht.  
 Das Auslöten scheidet bei  
 Verwendung von überhitz-  
 tem Dampf ohne weiteres  
 aus. Es hat namentlich den  
 Nachteil, daß die Dichtungs-  
 fläche durch das Auslöten  
 rau wird und nachge-  
 arbeitet werden muß. Aus  
 letzterem Grunde wird auch  
 das Aufschweißen wenig  
 angewendet, auch kann diese  
 Befestigungsart meist nur in  
 der Werkstatt, nicht im  
 Kesselhause vorgenommen  
 werden, was insbesondere  
 bei der Herstellung von Paß-  
 stücken umständlich ist. Es  
 werden daher die Flanschen  
 zurzeit durch Aufwalzen  
 befestigt, und zwar schon bei  
 einem lichten Rohrdurch-  
 messer von 30 Millimeter  
 an. Diese Befestigungsart  
 ist durchaus sicher und hat

den Vorteil, daß die Dichtungsfläche in dem ursprünglichen sauber ge-  
 drehten Zustande bestehen bleibt. Bei dem Ausbohren des Flansches wird dem  
 Drehstahl ein so großer Vorschub gegeben, daß die Aufwalzfläche ein feingän-  
 giges Gewinde aufweist; ferner wird die Walzfläche nach der Dichtfläche zu

<sup>1)</sup> Fig. 144—147. Flanschenverbindungen von Fr. Seiffert & Co., N.-G.,  
 Berlin S.D. 33.

konisch erweitert ausgebohrt, und schließlich werden noch in die Walzflächen des Flansches Nuten eingedreht, so daß die aufgewalzten Flanschen oder Bunde außerordentlich fest auf dem Rohre sitzen. Das Aufwalzen der Flanschen und Bunde wird mit einem Einwalzapparat vorgenommen und kann auch bei der Montage der Rohre im Kesselhause ausgeführt werden. Die Flanschen und Bunde macht man gewöhnlich aus Stahl, weil dann die eingedrehten Vertiefungen der Walzflächen beim Einwalzen des weicheren schmiedeeisernen Rohres besser standhalten, und die Befestigung der Flanschen auf dem Rohre haltbarer wird.

Vielfach erhalten die Flanschen oder Bunde Nut und Feder (Figur 144/146), zwischen die die Dichtungsscheibe aus Gummi, Asbest usw. gelegt wird. Bei dieser Befestigungsart sitzt die Dichtung außerordentlich fest und kann durch den Dampfdruck nicht herausgeschleudert werden. Einzelne Firmen empfehlen sie jedoch nicht, weil die Rohre beim Erneuern der Dichtung auseinandergezogen werden müssen, was mitunter schwierig ist, und weil sich die Dichtungsflächen zur Erreichung der unbedingt erforderlichen parallelen Lage der Flanschen nicht nacharbeiten lassen. Diese Firmen lassen deshalb die Dichtflächen der Flanschen oder Bunde an jedem Rohre einige Millimeter vorstehen, so daß sich die Dichtung beim Erwärmen leicht einschieben läßt. Damit nun letztere genügend fest sitzt, werden eine größere Anzahl und stärkere Schrauben angewendet. Welcher von beiden Verbindungsarten der Vorzug zu geben ist, kann nicht ohne weiteres entschieden werden; jedenfalls sind beide in der Praxis viel angewendet und haben sich bei sorgfältiger Ausführung auch gut bewährt. Die Firma Seiffert wendet beide Ausführungen an.

## XII. Verhaltensregeln für Dampfkesselheizger.

1. Bevor der Heizger den Dampfkessel anheizt, hat er nachzusehen, ob sich im Kessel die erforderliche Wassermenge befindet. Ist dies nicht der Fall, so muß zunächst das fehlende Wasser hineingespeist werden.

2. Ferner hat sich der Heizger davon zu überzeugen, daß die Sicherheitsvorrichtungen und Wasserstandszeiger in vorchriftsmäßigem Stande und insbesondere die Sicherheitsventile nicht überlastet sind. Das Feuer ist allmählich zu verstärken.

Der Heizger hat bei Schichtwechsel oder früh bei der Inbetriebnahme des Kessels als erste Handgriffe die Wasserstandshähne zu probieren und anzustellen. Erst wenn er sieht, daß der Wasserstand im Kessel ausreicht, darf er mit dem Anheizen beginnen.

Beim Anheizen muß der Heizer mit mäßigem Essenzuge arbeiten. Viele an Dampfkesseln vorkommende Undichtheiten sind die Folgen des zu schnellen Anheizens. Neues Mauerwerk darf nur mit schwachem Feuer und bei teilweise geöffneten Feuertüren ausgetrocknet werden, andernfalls wird es durch die schnelle Verdampfung der darin enthaltenen Feuchtigkeit zertrieben und bekommt Risse.

Ist der Kessel gereinigt worden, so ist vor und während des Anheizens nachzusehen, ob der Abblafhahn oder das Abblafventil dicht sind. Das Abblafrohr muß sich kalt anfühlen; ist es heiß, so ist die Abblafvorrichtung undicht.

Sind neue Dichtungen eingezogen worden, so sind die Schrauben der betreffenden Rohrverbindungen, Ventilanschraubungen oder Mannlochdeckel usw. beim Warmwerden des Kessels langsam, gleichmäßig und wiederholt anzuziehen.

Die Dampfventile am Kessel sind langsam zu öffnen. Besonders im Winter, wenn die Dampfrohrleitungen abgekühlt sind, ist der Dampf zur Verhütung von Wasserschlägen ganz allmählich in die Leitung einströmen zu lassen. Jede Rohrleitung soll mit einem Entwässerungshahn versehen sein, der bei der Ingebrauchnahme zu öffnen ist.

3. Während des Kesselbetriebes müssen die Wasserstandszeiger mit Hilfe der daran befindlichen Hähne und Ventile öfters probiert und vorhandene Schwimmer auf freies Spiel untersucht werden.

Die Wasserstandsgläser sind täglich einige Male durch Abblasen zu probieren. Hierbei sind sämtliche Hähne oder Ventile zu gebrauchen. Beim Schluß des unteren Hahnes ist darauf zu achten, ob das Wasser im Glase schnell oder langsam hochsteigt. In letzterem Falle ist eine Verstopfung vorhanden, die zunächst beseitigt werden muß.

Ist ein Wasserstandsglas gesprungen, so ist sofort ein neues einzuziehen. Sind an einem Kessel zwei Wasserstandsgläser vorhanden, so müssen stets beide Gläser in Gebrauch sein, da die beiden Gläser zur gegenseitigen Kontrolle dienen sollen.

4. Das Manometer ist von Zeit zu Zeit darauf zu prüfen, ob seine Angabe dem Nullpunkt entspricht, wenn es abgesperrt wird.

Der Manometerhahn ist langsam zu öffnen und zu schließen, da die Manometerfeder durch das plötzliche Belasten und Entlasten vom Dampfdruck beschädigt wird. Ist das Manometer vom Kessel abgesperrt, so muß der Zeiger auf Null zurückgehen. Ob das Manometer den Kesseldruck richtig anzeigt, erfieht man an dem rechtzeitigen Abblasen des Sicherheitsventiles, wenn der höchste zulässige Kesseldruck erreicht ist. Das Manometerrohr

nach dem Kessel ist öfters auszublasen. Damit sich die verhältnismäßig enge Durchgangsöffnung des Manometers nicht verstopft, darf die Manometerverschraubung nicht mit Hanf, sondern muß am besten mit einer Bleischeibe abgedichtet werden.

5. Die Sicherheitsventile sind täglich einige Male durch Anheben zu lüften, wobei sie Dampf entweichen lassen müssen. Eine Vermehrung der Belastung der Ventile ist verboten und auch dann nicht zulässig, wenn das Sicherheitsventil vor Erreichung des höchsten zulässigen Dampfdruckes abbläst.

6. Das Lüften der Sicherheitsventile hat vorsichtig zu erfolgen; auch ist das Öffnen der am Kessel befindlichen Hähne und Ventile langsam zu bewirken.

7. Die Speisevorrichtungen (Pumpen, Injektoren) sind dauernd im vorchriftsmäßigen Stande zu erhalten und so zu benutzen, daß der Wasserstand im Kessel stets über der Marke bleibt, welche den zulässig niedrigsten Wasserstand bezeichnet.

8. Geraten die Speisevorrichtungen während des Kesselbetriebes derart in Unordnung, daß die erforderliche Speisung nicht mehr bewirkt werden kann, und sinkt das Wasser trotz aller Bemühungen des Heizers unter den zulässig tiefsten Stand, so ist die Heizung des Kessels zu unterbrechen und das Feuer vom Roste zu entfernen.

9. Eine Überschreitung des für den Kessel genehmigten höchsten Dampfdruckes ist unzulässig. Steigt der Druck in unerwünschtem Maße, so ist der Dampfkessel zu speisen und gleichzeitig der Zug zu vermindern. Wenn trotzdem die Dampfspannung weiter steigt, muß die Heizung des Kessels unterbrochen, d. h. das Feuer aus der Feuerung herausgezogen werden.

10. Während der Arbeitspausen oder kurz zuvor sowie am Schlusse der Arbeitszeit ist der Essenzug unter gleichzeitiger Verminderung des Zuges zu speisen. Am Schluß der Arbeitszeit hat der Heizer das Feuer vom Roste zu entfernen, denselben von Asche und Schlacke zu reinigen, den Zugschieber und die Feuer- und Aschefalltüre zu schließen.

11. Solange ein Dampfkessel noch Dampf erzeugt, darf der Heizer seinen Posten nicht verlassen. Auch ist es dem Heizer nicht gestattet, sich während der Arbeitspausen von dem Kessel zu entfernen oder seine Obliegenheiten anderen Arbeitern ohne Genehmigung seines Vorgesetzten zu übertragen.

Gegen Schluß der Arbeitszeit ist, soweit dies mit den jeweiligen Betriebsverhältnissen in Einklang gebracht werden kann, das Feuer abzu-

schwächen und der Dampfdruck herunterzuarbeiten, damit nach Einstellung des Betriebes, wenn keine Dampfantnahme mehr stattfindet, die Dampfspannung nicht unter dem Einflusse des heißen Kesselgemäuers über die zulässige Höhe ansteigt. Das Decken des Feuers über Nacht ist unzulässig, da hierdurch beim Anheizen leicht Rauchgasexplosionen entstehen.

12. Die in angemessenen Zwischenräumen auszuführende Reinigung des Kessels von Schlamm und Kesselstein sowie der Feuerzüge von Ruß und Flugasche wird unter Mitwirkung des Heizers vorgenommen. Der Heizer hat hierbei, soweit es die Bauart des Kessels zuläßt, dessen Wandungen innen und außen genau zu besichtigen, nachzusehen, ob sich Risse oder Schiefer gebildet haben oder Rillen und Gruben im Kesselblech vorhanden sind, und ob dadurch oder durch Rost die Blechdicke vermindert worden ist und Undichtheiten des Kessels eingetreten sind. Die hierbei gemachten Wahrnehmungen hat der Heizer seinem Vorgesetzten oder dem Kesselbesitzer nach Befinden mit dem Antrage auf sofortige Reparatur mitzuteilen.

13. Ein Kessel darf erst ausgeblasen werden, nachdem das Feuer vom Roste entfernt worden ist und der Kessel und das Mauerwerk genügend abgekühlt sind. Auch ist es unzulässig, einen abgeblasenen, noch heißen Dampfkessel mit kaltem Wasser anzufüllen.

Im allgemeinen müssen Kessel mit Unterfeuerung, z. B. Heizrohrkessel und Batteriekessel, häufiger gereinigt werden, da sich der Schlamm und der Kesselstein auf den Blechen überm Feuer ansammeln und letztere infolgedessen leicht ausbeulen. In trockenen Jahren ist das Speisewasser meist härter als in wasserreichen Jahren, so daß dann eine öftere Reinigung der Kessel stattzufinden hat. Wird ein Dampfkessel vor dem Abblasen nicht genügend abgekühlt, so können die Bleche des leeren Kessels von dem heißen Mauerwerk zu hoch erhitzt und die Nietnähte und Rohrverbindungen undicht werden. Die Abkühlung des Kessels und des Mauerwerkes wird durch den Schornsteinzug beschleunigt. Kann der Dampfkessel nur unter Dampfdruck entleert werden, so ist mit dem Abblasen zu warten, bis die Dampfspannung durch allmähliche Abkühlung bis auf ungefähr 1 Atmosphäre gefallen ist. Bläst der Heizer den Kessel ohne vorherige ausreichende Abkühlung ab, und füllt er ihn dann zur schnelleren Abkühlung mit kaltem Wasser, so können hierdurch die heißen Kesselteile dermaßen abgeschreckt werden, daß der Kessel undicht wird.

Vor dem Öffnen der Mannlöcher ist durch Probieren an den Wasserstandsähnen oder durch Anheben des Sicherheitsventiles zu untersuchen, ob im Kessel noch gespannter Dampf vorhanden ist, und ob die Verschlussdeckel ohne Gefahr abgenommen werden können.

Ist der zu reinigende Kessel mit anderen unter Dampf stehenden Kesseln verbunden, so sind zur Sicherung der Kesselreiniger die Rohre durch Blindflanschen sicher abzusperrten. Die benutzten Blindflanschen müssen einen vorstehenden Steg haben, so daß sie sich leicht einsetzen lassen und später, bei der Inbetriebnahme des Kessels, nicht übersehen werden können.

Aus demselben Grunde ist auch der Abblafshahn nach der Entleerung des Kessels zu schließen, wenn der Kessel mit den andern in Betrieb befindlichen Kesseln ein gemeinsames Abblafrohr hat. Wird diese Vorsichtsmaßnahme nicht beachtet, so kann beim Abschlämmen der übrigen Kessel das heiße ausströmende Wasser durch den offenen Abblafshahn in den stillstehenden Kessel übertreten und die darin beschäftigten Arbeiter verbrühen.

Sehr zu empfehlen ist die Ventilation des Kessels während der Reinigung, wie dies im Abschnitt VII ausführlich besprochen worden ist. Ist die Flugasche sehr heiß, so kann man sie mit einem Wasserstrahl vor dem Herausziehen ablöschen. Bleibt ein Kessel längere Zeit unbenutzt stehen, so ist auch der Ruß auf den Kesselwänden in den Zügen gründlich abzutragen, da er Schwefelsäure enthält, die das Blech anfrißt, sobald der Ruß feucht wird. In Kesselanlagen mit feuchtem Boden ist der Essenschieber einige Zentimeter offen zu halten, damit die feuchte Luft aus den Kesselzügen abziehen kann. Außer Betrieb stehende, gereinigte Kessel läßt man am besten mit geöffneten Mannlöchern stehen und füllt sie erst kurz vor der Wiederinbetriebnahme mit Wasser, um Rostbildung im Innern zu verhüten.

### XIII. Erläuterungen einiger technischer Begriffe.

**Adhäsion** ist die Zusammenhangs- oder Klebekraft zwischen zwei verschiedenartigen Stoffen. Die Kraft, mit welcher z. B. das Schmieröl an den Laufflächen eines eisernen Transmissionslagers haftet, nennt man die Adhäsionskraft zwischen Öl und Eisen. Sie soll möglichst groß sein, damit das Öl nicht zu schnell aus dem Lager herausgepreßt wird (siehe auch Kohäsion).

**Aggregatzustand** ist der Zustand, in welchem uns ein Körper erscheint. Man unterscheidet drei Aggregat- oder Körperzustände: den festen, den flüssigen und den gasförmigen. Durch Wärmezufuhr — Erhitzen — oder durch Wärmeentziehung — Abkühlen — kann man einen Körper von einem Aggregatzustand in den anderen überführen (Eis, Wasser, Dampf).

**Analyse** heißt die Auflösung oder Zerlegung eines zusammengesetzten Stoffes in seine Grundstoffe. Unter Grundstoffen, die man für gewöhnlich Elemente nennt, versteht man solche Stoffe wie Blei, Kupfer, Silber usw., die wir mit den uns bekannten Hilfsmitteln nicht weiter zerlegen können. Bei der chemischen Analyse eines aus mehreren Bestandteilen zusammengesetzten Stoffes, z. B. der Kohle, wird unter Anwendung von Säuren, durch Erhitzen, durch genaues Wiegen usw. festgestellt, wieviel und was für Grundstoffe darin enthalten sind.

Das Gegenteil von der Analyse ist die Synthese, bei welcher man einen Stoff aus verschiedenen anderen Stoffen aufzubauen versucht. Um z. B. einen künstlichen Dichtungsgummi an Stelle des in der Natur gewonnenen Kautschuks herzustellen, müßte der Chemiker synthetisch versuchen, aus verschiedenen Stoffen einen künstlichen Kautschuk herzustellen, der dem natürlichen möglichst ähnlich ist.

**Anorganisch** heißt leblos, unbelebt. Als anorganische Stoffe bezeichnet man die Steine und Metalle im Gegensatz zu den organischen Stoffen, wie Kohle, Teer, die von Pflanzen und Tieren herrühren.

**Asbest**, auch Amianth, Stein- oder Bergschlacke genannt, ist ein Gestein, das in zarten, fast haarartigen Fäden namentlich in Tirol sehr häufig auftritt. Da er unverbrennlich und dabei weich und schmiegsam ist, wird er als Dichtungsmaterial für Dampfrohrleitungen, ferner zu feuerbeständigen Anzügen und zu Handschuhen (z. B. beim Angreifen von heißen Schürhaken) benutzt.

**Atmosphäre** ist die Lufthülle um die Erdoberfläche. Sie hat wie jedes andere Gas und jeder Körper ein gewisses Gewicht, womit sie auf der Erdoberfläche lastet. Diese Belastung nennt man den Atmosphärendruck. Derselbe hängt von der Höhe und Temperatur der Luftschicht ab; insolgedessen ist er auf den Bergen kleiner als in den Tälern. Die Dampfspannung im Dampfkessel berechnet man nach der Zahl der Atmosphärendrucke, denen sie das Gleichgewicht halten würde. Hierbei rechnet man den Druck einer Atmosphäre gleich dem Druck von einem Kilogramm auf ein Quadratcentimeter Fläche. Der normale Luftdruck ist jedoch etwas größer, und zwar beträgt er 1,03 Kilogramm auf 1 Quadratcentimeter Fläche.

**Barometer** heißt wörtlich Schweremesser. Das Barometer ist ein Instrument zum Messen des Luftdruckes. 1. Das Quecksilberbarometer besteht in der gebräuchlichsten Form aus einer senkrechten mit Quecksilber gefüllten, etwa 1 Meter langen, oben zugeschmolzenen Glasröhre, deren unteres Ende umgebogen ist und in eine offene Kugel mündet. Über dem Quecksilber ist die Glasröhre luftleer. Die Luft drückt auf die Quecksilber-

oberfläche in der Kugel, so daß das Quecksilber nicht herauslaufen kann. Bei normalem Luftdruck steht das Quecksilber in der Glasröhre 760 Millimeter hoch; nimmt der Luftdruck ab, so fällt das Quecksilber, nimmt er zu, so steigt letzteres in der Glasröhre in die Höhe. 2. Das Aneroid- oder Kapselbarometer besteht im wesentlichen aus einer luftleeren Blechkapsel, deren Deckel durch den wechselnden Luftdruck mehr oder weniger zusammengedrückt werden. Die Bewegung der Deckel wird, ähnlich wie bei den Manometern für Dampfkessel, auf einen Zeiger übertragen, der auf einer Skala hin- und herfährt.

**Bitumen** heißt Erdpech oder Erdharz. Man bezeichnet damit asphaltartige Stoffe, die ihren Ursprung in der Zersetzung untergegangener Pflanzen haben und in Kohlen- und Gesteinschichten vorkommen. Derartige Kohle nennt man bituminöse Kohle. Beim Verbrennen der Kohle bilden die bituminösen Bestandteile brennbare Gase.

**Elemente** sind die Ur- oder Grundstoffe, die wir mit den uns zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln (Säuren, durch Erhitzen, mittels Elektrizität usw.) nicht weiter zerlegen können. Solche Elemente treten in fester, flüssiger und gasförmiger Form auf, z. B. Eisen, Kupfer, Kohlenstoff, Quecksilber, Wasserstoff, Sauerstoff.

**Eisen.** Das in der Praxis verwendete Eisen ist niemals reines Metall, sondern enthält stets Kohlenstoff. Der Kohlenstoffgehalt verändert die Eigenschaften des Eisens ganz bedeutend. Je höher er ist, umso mehr nimmt die Geschmeidigkeit, Schmiedbarkeit und Schweißbarkeit des Eisens ab; dagegen erhöht sich dessen Härte und Schmelzbarkeit. Enthält das Eisen mehr als  $\frac{1}{2}$  Prozent Kohlenstoff, so erlangt es die Eigenschaft, bei rascher Abkühlung aus dem rotwarmen Zustande sehr hart zu werden, d. h. es ist härtbar (Stahl). Der Kohlenstoffgehalt beträgt bei Schmiedeeisen höchstens  $\frac{1}{2}$  Prozent, bei Stahl  $\frac{1}{2}$  bis 2 Prozent und bei Gußeisen 2 bis 5 Prozent.

Das beim Dampfkesselbau verwendete Siemens-Martin-Flußeisen wird gewonnen, indem man den ziemlich hohen Kohlenstoffgehalt des Roheisens in der Schmelzglut durch Zusatz von kohlenstoffarmem Eisen (alte Eisenbahnschienen usw.) verringert (Martinverfahren). Das Siemens-Martin-Flußeisen zeichnet sich durch seine gleichmäßige Beschaffenheit aus.

**Expansion** heißt Ausdehnung. Unter Expansion des Dampfes versteht man die Ausdehnung des gespannten Dampfes im Dampfmaschinenzylinder. Sobald die Dampfeinlaßöffnungen des Zylinders geschlossen sind und kein weiterer Dampf mehr zuströmen kann, wird der Kolben vermöge der Expansionskraft des eingeschlossenen Dampfes fortgeschoben.

**Graphit** ist reiner Kohlenstoff, der in Passau, Wunsiedel (Bayern), Sibirien usw. vorkommt. Wegen seines Abfärbens wird er zur Bleistiftfabrikation verwendet. Er ist sehr beständig und äußerst schwer verbrennlich. Man benutzt ihn deshalb als Zusatz zu Schmiermitteln, wie Talg und Öl, und schmiert damit Schrauben und Hähne, die, wie an den Dampfkesseln, viel Hitze aushalten müssen. Der verwendete Graphit muß dann sehr rein und fein gemahlen sein. Graphit in Wasser oder Milch angerührt bildet einen guten Innenanstrich für Dampfkessel. Der Graphit bleibt an den Kesselwänden haften und bildet eine dünne Trennschicht zwischen Kesselblech und Kesselstein, so daß letzterer beim Kesseltupfen leicht abspringt.

**Heizfläche** ist diejenige Fläche der Kesselwandungen, die innen vom Wasser und außen von den Heizgasen bespült wird. An der Heizfläche vollzieht sich also die Verdampfung des Wassers im Kessel. Nicht nur zur Heizfläche rechnet man diejenigen Kesselflächen, die außen von den Heizgasen, innen aber vom Dampf berührt werden.

**Hydraulischer Druck** heißt Wasserdruck. Um zu sehen, ob ein Gefäß dicht hält, füllt man es völlig mit Wasser und erzeugt darin durch Nachpumpen einen Wasserdruck. Undichte Stellen machen sich durch austretendes Wasser bemerkbar.

**Hydraulische Nietung** ist die Nietung, bei welcher die glühenden Nieten mittels Wasserdruck umgestaucht werden.

**Hypothese** heißt eigentlich Wagefaß. Man versteht darunter eine wissenschaftliche Behauptung, für deren Richtigkeit keine vollständigen Beweise erbracht werden können. Eine derartige Hypothese ist z. B. die zurzeit von der Wissenschaft aufgestellte Erklärung über das Wesen der Wärme, wonach diese durch eine unmeßbare und unsichtbare, sehr schnelle hin- und hergehende Bewegung der kleinsten Teile eines Körpers (der Atome) hervorgerufen werden soll.

**Kalorie** ist die Wärmemenge, die man braucht, um 1 Kilogramm = 1 Liter Wasser um 1° Celsius zu erwärmen. Man bezeichnet sie als Wärmeeinheit. Wenn man sagt: 1 Kilogramm Kohle enthält 6500 Wärmeeinheiten, so heißt das: mit 1 Kilogramm Kohle kann man 6500 Kilogramm = 6½ Kubikmeter Wasser von beispielsweise 20° Celsius auf 21° Celsius erwärmen.

**Kompression** ist die Zusammendrückung oder die Verdichtung eines Stoffes durch Druck. Unter Kompression im Dampfmaschinenzylinder versteht man das Zusammendrücken des expandierten Dampfes am Hubende durch den Kolben auf die Spannung des eintretenden Dampfes.

**Kohäsion.** Man nimmt an, daß die Körper, Flüssigkeiten und Gase aus unendlich kleinen Teilen — den Molekülen — zusammengesetzt sind, welche durch eine gewisse gegenseitige Anziehungskraft — die Kohäsionskraft — zusammengehalten werden. Sie ist am größten bei festen Körpern, da sie jederzeit ihre starre Form beibehalten. Geringer ist sie bei den Flüssigkeiten, da sie beim Ausgießen in einer dünnen Schicht breit laufen. Je dünnflüssiger ein Schmieröl ist, umso kleiner ist daher seine Kohäsionskraft. Nicht vorhanden ist die Kohäsion bei Gasen, da ihr Ausdehnungsvermögen unbegrenzt ist. Schmieröle sollen hinreichend dünnflüssig sein, also keine zu große Kohäsionskraft besitzen, damit sie in die Poren und feinen Unebenheiten der Gleitflächen eindringen. Sie dürfen aber nicht zu leichtflüssig sein, weil dann die Adhäsion abnimmt. (Siehe diese).

**Kondensieren** heißt: durch Abkühlen verdichten. Wird Dampf von beispielsweise 6 Atmosphären Druck in einer Rohrleitung durch kalte Zugluft abgekühlt, so verdichtet sich ein Teil davon zu Wasser; gleichzeitig fällt die Dampfspannung. Das aus dem Dampfe ausgeschiedene Wasser nennt man Kondenswasser. Bei den Einspritzkondensationen an Dampfmaschinen wird der Abgangsdampf aus dem letzten Zylinder durch einspritzendes Wasser niedergeschlagen (kondensiert). Das Einspritzwasser nennt man Kondensationswasser.

**Kostille** heißt eigentlich Muschel. Man versteht im Maschinenbau darunter eine eiserne Gießform zur Erzeugung von Hartguß. Damit die Koststäbe eine harte Oberfläche bekommen, gießt man sie nicht in Sandformen, sondern in eisernen Formen — Kostillen — ab, wo sich das flüssige Eisen schnell abkühlt und infolgedessen härter wird.

**Oxyde** nennt man die Verbindung der Körper mit dem Sauerstoff. Der Rost ist die Verbindung des Eisens mit dem Sauerstoff; er heißt deshalb auch Eisenoxyd. Die meisten Elemente können mehrere verschiedene Verbindungen mit dem Sauerstoff eingehen, also verschiedene Oxyde bilden. Kohlenstoff verbindet sich z. B. beim Verbrennen entweder mit einem oder zwei Teilen Sauerstoff; im ersteren Falle entsteht einfaches Kohlenoxydgas, im zweiten Falle Kohlenensäure oder Kohlendioxyd.

**Pneumatische Nietung** ist die Nietung, bei welcher die glühenden Nieten mittels Druckluft zusammengestaucht werden.

**Pyrometer** heißt wörtlich Feuermesser. Die Pyrometer sind Instrumente zum Messen hoher Temperaturen. Da Quecksilber bei ungefähr 360° Celsius in Dampfform übergeht und sich in der Nähe dieser Temperatur ungleichmäßig ausdehnt, kann man die Temperatur im Kesselfeuer und in den Kesselzügen nicht mehr mit dem gewöhnlichen Quecksilberthermometer

messen. Man benutzt hierzu Pyrometer, die auf verschiedene Art ausgeführt werden (Quecksilberpyrometer mit gespannter Kohlensäure, Luftpyrometer usw.).

**Thermometer** heißt wörtlich Wärmemeßer, ist ein Instrument, mit dem wir messen, wie hoch die Wärme in einem Körper, in einer Flüssigkeit oder in einem Gase angestiegen ist (Temperatur). Es besteht aus einer engen, luftleeren, zum Teil mit Quecksilber angefüllten Glasröhre, die unten eine angeblasene Kugel hat. Besondere Punkte (Fundamentalepunkte) sind der Eispunkt und der Siedepunkt des Wassers. Die Strecke zwischen beiden ist beim Thermometer von Réaumur in 80, beim Thermometer von Celsius in 100 gleiche Teile — Grade — eingeteilt. Die Einstellung des Thermometers beruht auf der Ausdehnung des Quecksilbers durch Wärme. Die Grade über dem Null- oder Eispunkt bezeichnet man mit + (plus), diejenigen unter dem Nullpunkte mit — (minus). Bei — 40° Celsius wird das Quecksilber fest. Für sehr niedrige Temperaturen benutzt man daher Weingeistthermometer (siehe Pyrometer).

**Vakuum** heißt Luftleere. Die Vakuummeter sind Vorrichtungen zum Messen der Luftleere. Die zum Messen des Vakuums in den Kondensationsanlagen der Dampfmaschinen benutzten Vakuummeter sind entweder nach Art der Manometer gebaut, oder man benutzt auch Barometer mit einer Quecksilber Säule, wobei der luftleere oder luftverdünnte Raum der Kondensationsanlage der Dampfmaschine mit dem oberen Ende der Barometer- röhre durch ein Rohr oder einen Gummischlauch verbunden ist.

**Volumen** bedeutet Rauminhalt. Ein Körper ist voluminös, d. h. er nimmt viel Platz ein.

**Wärme.** Wesen der Wärme siehe unter Hypothese. Die Wärme dehnt die Körper, Flüssigkeiten und Gase aus. Man unterscheidet lineare und kubische Ausdehnung. Die lineare Ausdehnung eines Körpers ist eine Ausdehnung nach nur einer Richtung, bei einer Transmissionswelle etwa in der Längsrichtung. Die kubische Ausdehnung (von Kubus, d. i. der Würfel) ist die Ausdehnung nach allen drei Richtungen im Raume. (Die Transmissionswelle wird länger und dicker bei der Erwärmung, oder ein Würfel dehnt sich in der Länge, Breite und Höhe aus.) Die Ausdehnung der einzelnen Metalle usw. ist verschieden groß. Messing dehnt sich bei gleicher Erwärmung wesentlich mehr aus als Gußeisen. Ist bei einem Hahne das Gehäuse aus Gußeisen, der Hahnkegel aber aus Messing angefertigt, so würde sich letzterer, falls er zu fest in das Hahngehäuse eingesetzt wird, bei seiner Erwärmung in Folge seiner größeren Ausdehnung sehr schwer oder gar nicht drehen lassen. In der nachstehenden Tabelle ist für einige Stoffe

angegeben, wieviel Millimeter sich ein Stab von 1 Meter Länge verlängert, wenn er um 100° Celsius erwärmt wird. Die räumliche (kubische) Vergrößerung ist das Dreifache der angeführten Zahlen. Beim Erkalten ziehen sich die Stäbe um dasselbe Maß zusammen.

Stoffe	1 Meter Länge nimmt zu um Millimeter	Stoffe	1 Meter Länge nimmt zu um Millimeter
Aluminium . . . . .	2,34	Kupfer . . . . .	1,87
Blei . . . . .	2,85	Messing . . . . .	1,88
Gußeißen . . . . .	1,08	Bronze . . . . .	1,80
Stahl . . . . .	1,12	Glas . . . . .	0,6—0,9
Schmiedeeißen . . . . .	1,21	Hartgummi . . . . .	8

**Spezifische Wärme** heißt die jedem Stoffe eigentümliche Wärme. Man versteht hierunter die Wärmemenge, die einem Kilogramm eines Körpers, einer Flüssigkeit oder eines Gases zugeführt werden muß, um die Temperatur desselben um 1° Celsius zu erhöhen. Bei Wasser beträgt sie 1 Wärmeeinheit, bei Eisen 0,115, bei Kupfer 0,094 Wärmeeinheiten.

Schmelzwärme, Flüssigkeitswärme, Verdampfungswärme siehe Abschnitt VIII, Seite 86—88.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

---

**Die Regelung der Kraftmaschinen.** Berechnung und Konstruktion der Schwungräder, des Massenausgleichs und der Kraftmaschinenregler in elementarer Behandlung. Von Professor **Max Tolle**, Privatdozent an der Technischen Hochschule in Karlsruhe. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 463 Textfiguren und 19 Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 26,—.

---

**Die Dampfturbinen**, mit einem Anhang über die Aussichten der Wärmekraftmaschinen und über die Gasturbine. Von Professor Dr. phil. Dr.-Ing. **A. Stodola**, Zürich. Vierte, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 856 Textfiguren und 9 Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 30,—.

---

**Technische Thermodynamik.** Von Prof. Dipl.-Ing. **W. Schüle**. Zweite, erweiterte Auflage der „Technischen Wärmemechanik“. Erster Band: Die für den Maschinenbau wichtigsten Lehren nebst technischen Anwendungen. In Leinwand gebunden Preis M. 12,80.

---

**Die Kondensation der Dampfmaschinen und Dampfturbinen.**

Lehrbuch für höhere technische Lehranstalten und zum Selbstunterricht. Von Dipl.-Ing. **Karl Schmidt**. Mit 116 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

---

**Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf.** Von Dr. **R. Mollier**, Professor an der Technischen Hochschule zu Dresden. Mit 2 Diagrammtafeln. Preis M. 2,—.

---

**Die Entropietafel für Luft** und ihre Verwendung zur Berechnung der Kolben- und Turbo-Kompressoren. Von Professor **P. Ostertag** in Winterthur. Mit 11 Textfiguren und 2 Tafeln. Preis M. 2,80.

---

**Die Entropie-Diagramme der Verbrennungsmotoren einschließlich der Gasturbine.** Von Dipl.-Ing. **P. Ostertag**, Professor am Kantonalen Technikum Winterthur. Mit 17 Textfiguren. Preis M. 1,60.

---

**Der Entropiesatz oder der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie.** Von Dr. phil. **H. Hort**. Mit 6 Textfiguren. Preis M. 1,—.

---

**Die flüssigen Brennstoffe**, ihre Gewinnung, Eigenschaften und Untersuchung. Von Dr. **L. Schmitz**, Chemiker. Mit 56 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 5,60.

---

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

**Theorie und Konstruktion der Kolben- und Turbokompressoren.** Von Dipl.-Ing. P. Ostertag, Professor am Kantonalen Technikum in Winterthur. Mit 266 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 11,—.

---

**Wasserkraftmaschinen.** Ein Leitfaden zur Einführung in Bau und Berechnung moderner Wasserkraftmaschinen und -anlagen. Von Dipl.-Ing. L. Quantz, Oberlehrer an der Kgl. Höheren Maschinenbauschule zu Stettin. Zweite, erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 159 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 4,—.

---

**Transmissionen.** Wellen, Lager, Kupplungen, Riemen- und Seiltrieb. Anlagen. Von Ingenieur Stephan Jellinek in Wien. Mit 61 Textfiguren und 30 Tafeln.  
In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

---

**Hilfsbuch für den Maschinenbau.** Für Maschinentechner sowie für den Unterricht an technischen Lehranstalten. Von Prof. Fr. Freytag, Lehrer an den Technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 1108 Textfiguren, 10 Tafeln und einer Beilage für Österreich.  
In Leinwand gebunden Preis M. 10,—; in Leder gebunden M. 12,—.

---

**Das praktische Jahr des Maschinenbau-Volontärs.** Ein Leitfaden für den Beginn der Ausbildung zum Ingenieur. Von Dipl.-Ing. F. zur Nedden.  
Preis M. 4,—; in Leinwand gebunden M. 5,—.

---

**Kompressoren-Anlagen, insbesondere in Grubenbetrieben.** Von Dipl.-Ing. Karl Teiwes. Mit 129 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

---

**Die Technologie des Maschinentechner.** Von Prof. Ing. Karl Meyer, Oberlehrer an den Kgl. Verein. Maschinenbauschulen zu Köln. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 377 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

---

**Elementarmechanik für Maschinen-Techniker.** Von Dipl.-Ing. R. Vogdt, Oberlehrer an der Maschinenbauschule in Essen (Ruhr), Reg.-Baumeister a. D. Mit 154 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 2,80.

---

**Aufgaben aus der technischen Mechanik.** Von Professor Ferdinand Wittenbauer, Graz.

I. Band. Allgemeiner Teil. 773 Aufgaben nebst Lösungen. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 572 Textfiguren.  
Preis M. 5,—; in Leinwand geb. M. 5,80.

II. Band. Festigkeitslehre. 591 Aufgaben nebst Lösungen und einer Formelsammlung. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 490 Textfiguren.  
Preis M. 6,—; in Leinwand gebunden M. 6,80.

III. Band. Flüssigkeiten und Gase. 504 Aufgaben nebst Lösungen und einer Formelsammlung. Mit 339 Textfiguren.  
Preis M. 6,—; in Leinwand gebunden M. 6,80.

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

---

**Handbuch der Feuerungstechnik und des Dampfkesselbetriebes** mit einem Anhang über allgemeine Wärmetechnik. Von Dr.-Ing. **Georg Herberg**, Beratendem Ingenieur, Stuttgart. Mit 54 Abbildungen und Diagrammen, 87 Tabellen sowie 43 Rechnungsbeispielen. In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

---

**Wärmetechnik des Gasgenerator- und Dampfkessel-Betriebes.** Die Vorgänge, Untersuchungs- und Kontrollmethoden hinsichtlich Wärmeerzeugung und Wärmeverwendung in Gasgenerator- und Dampfkessel-Betrieb. Von **Paul Fuchs**, Ingenieur. Dritte, erweiterte Auflage. Mit 43 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

---

**Formeln und Tabellen der Wärmetechnik.** Zum Gebrauch bei Versuchen in Dampf-, Gas- und Hüttenbetrieben. Von **Paul Fuchs**, Ingenieur. In Leinwand gebunden Preis M. 2,—.

---

**Technische Untersuchungsmethoden zur Betriebskontrolle,** insbesondere zur Kontrolle des Dampfbetriebes. Zugleich ein Leitfaden für die Arbeiten in den Maschinenlaboratorien technischer Lehranstalten. Von Ingenieur **Julius Brand**, Oberlehrer der Kgl. Vereinigten Maschinenbauschulen zu Elberfeld. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Erscheint im Juni 1913.

---

**Anleitung zur Durchführung von Versuchen an Dampfmaschinen und Dampfkesseln.** Zugleich Hilfsbuch für den Unterricht in Maschinenlaboratorien technischer Schulen. Von **Franz Seufert**, Ingenieur, Oberlehrer an der Kgl. Höheren Maschinenbauschule zu Stettin. Dritte, erweiterte Auflage. Mit 43 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 2,20.

---

**Berechnung, Entwurf und Betrieb rationeller Kesselanlagen.** Von **Max Gensch**, Ingenieur, Berlin. Mit 95 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 6,—.

---

**Technische Messungen bei Maschinenuntersuchungen und im Betriebe.** Zum Gebrauch in Maschinenlaboratorien und in der Praxis. Von Professor Dr.-Ing. **Anton Gramberg**, Dozent an der Technischen Hochschule Danzig. Zweite, ungearbeitete Auflage. Mit 233 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

---

**Die Dampfkessel.** Ein Lehr- und Handbuch für Studierende technischer Hochschulen, Schüler höherer Maschinenbauschulen und Techniker sowie für Ingenieure und Techniker. Bearbeitet von Professor **F. Tetzner**, Oberlehrer an den Kgl. Vereinigten Maschinenbauschulen zu Dortmund. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 162 Textfiguren und 45 lithogr. Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

---

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

**Die Dampfkessel nebst ihren Zubehöerteilen und Hilfseinrichtungen.** Ein Hand- und Lehrbuch zum praktischen Gebrauch für Ingenieure, Kesselbesitzer und Studierende von **R. Spalckhaver**, Regierungsbaumeister, Kgl. Oberlehrer in Altona a. E., und **Fr. Schnell**, Ingenieur in M.-Gladbach (Rhld.). Mit 679 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 24,—.

---

**Die Grundlagen der deutschen Material- und Bauvorschriften für Dampfkessel.** Von **R. Baumann**, Professor an der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. Mit einem Vorwort von Dr.-Ing. C. v. Bach, Kgl. Württ. Baudirektor, Professor des Maschineningenieurwesens an der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt an derselben. Mit 38 Textfiguren.  
Kartonierte Preis M. 2,80.

---

**Berechnen und Entwerfen der Schiffskessel** unter besonderer Berücksichtigung der Feuerrohr-Schiffskessel. Ein Lehr- und Handbuch für Studierende, Konstrukteure, Überwachungsbeamte, Schiffingenieure und Seemaschinisten. In Gemeinschaft mit Dipl.-Ing. Hugo Buchholz herausgegeben von Professor **Hans Dieckhoff**.  
In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

---

**Dampfkesselfeuerungen zur Erzielung einer möglichst rauchfreien Verbrennung.** Von **F. Haier**. Zweite Auflage, im Auftrage des Vereines deutscher Ingenieure bearbeitet vom Verein für Feuerungsbetrieb und Rauchbekämpfung in Hamburg. Mit 375 Textfiguren, 29 Zahlentafeln und 10 lithogr. Tafeln. In Leinw. geb. Preis M. 20,—.

---

**Entwerfen und Berechnen der Dampfmaschinen.** Ein Lehr- und Handbuch für Studierende und angehende Konstrukteure. Von **Heinrich Dubbel**, Ingenieur. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 470 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

---

**Die ortsfesten Kolbendampfmaschinen.** Ein Lehr- und Handbuch für angehende und ausübende Konstrukteure. Von Professor **Fr. Freytag**, Kgl.-Baurat, Lehrer an den Technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Mit 319 in den Text gedruckten Figuren und 18 Tafeln. Preis M. 14,—; in Leinwand gebunden M. 16,—.

---

**Die Steuerungen der Dampfmaschinen.** Mit 446 Textfiguren. Von Ingenieur **Heinrich Dubbel**. Mit 446 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

---

**Hilfsbuch für Dampfmaschinentechniker.** Herausgegeben von **Joseph Hrabák**, k. und k. Hofrat, emer. Professor an der k. und k. Bergakademie in Pribram. Vierte, bedeutend erweiterte Auflage. In drei Teilen. Mit Textfiguren.  
In drei Leinwandbände gebunden Preis M. 20,—.

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.