



Die
Heizerschule
von
F.O.Morgner

Zweite Auflage

Die Heizerschule

Vorträge über die Bedienung und die Einrichtung
von Dampfkesselanlagen

mit einem Anhang über Niederdruckkessel für Heizungsanlagen

Von

F. D. Morgner

Königlichem Gewerbeinspektor
Leiter der Heizerkurse in Chemnitz

Zweite, umgearbeitete und vervollständigte Auflage

Mit 158 Textfiguren



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1918

Alle Rechte,
insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten
Copyright by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1918
Ursprünglich erschienen bei Julius Springer 1918.
ISBN 978-3-662-42250-2 ISBN 978-3-662-42519-0 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-42519-0
Softcover reprint of the hardcover 2nd edition 1918

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

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 Kesselfeuers vom Standpunkte der Rauchverhütung und des möglichst sparsamen Kohlenverbrauches aus besprochen. Zur größeren Anschaulichkeit habe ich die Skizzen 9—17 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 Haier „Die Dampfkesselfeuerungen“ entnommen sind. Im übrigen sind auch die neuzeitlichsten Erscheinungen auf dem Gebiete der Dampfkesseltechnik, die Rauchgasprüfer, die mechanischen Kostbeschickungsapparate, die Wanderroste, die Steilrohrkessel, die künstlichen Zuganlagen, der Gitterschornstein, 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.

Die Zeichnungen und Abbildungen sind sorgfältig ausgewählt.

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

Chemnitz, März 1913.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die seit längerer Zeit vergriffene erste Auflage meiner Heizerschule hatte eine günstige Aufnahme und einen flotten, auch durch den Krieg nicht wesentlich verzögerten Absatz gefunden. Ausländische Fachkreise planten vor dem Kriege Übersetzungen derselben in die russische, polnische und holländische Sprache.

Die vorliegende zweite Auflage ist, dem fließenden Stande der Maschinen- und Feuerungstechnik entsprechend, in vielen Abschnitten wesentlich umgearbeitet worden. Hierbei habe ich namentlich mehrere von mir in letzter Zeit in Fachzeitschriften veröffentlichte Aufsätze über:

Die physikalischen Vorgänge im Kesselfeuer (der Einfluß und das Verhalten der Kohlenmasse im Feuer).

Die Verhütung von Stichflammen bei der Verfeuerung von Kohlen- schlamm auf Schrägrosten.

Die Lebensdauer und Schonung der Kofststäbe.

Eine Gasexplosion in einem Kohlenfelo (ein Beitrag über die Selbst- entzündlichkeit von Braunkohlenbriketts)

verwertet.

Die Kapitel über die Verbrennungsvorgänge und die Bedienung des Kesselfeuers sind in Anbetracht ihrer besonderen Wichtigkeit einer gründlichen und ausführlichen Umarbeitung unterzogen worden, von denen der Kessel- heizer und das sonstige Kesselhauspersonal mit Interesse Kenntnis nehmen werden. Maßgebend war hierbei für mich u. a. der Umstand, daß während der Kriegszeit ein erheblicher Mangel an geübten Kesselwärtern eingetreten ist, dem durch die leicht faßlichen Beschreibungen in meiner „Heizerschule“ nach Möglichkeit vorgebeugt werden soll, und daß ferner die gegenwärtig eingetretene, ganz ungeheuerliche Verteuerung und Knappheit der Kohle die fachmännische Bedienung der Dampfkesselfeuerungen zu einem zwingenden Gebot für die Industriekreise machen. In dem Abschnitt über die Vorgänge im Kesselfeuer habe ich die physikalischen und chemischen Vorgänge scharf voneinander geschieden. Soweit mir die einschlägige Literatur bekannt, ist diese ausdrückliche Form bisher noch nirgends angewendet worden, so daß ich, obgleich meine Heizerschule in einer durchaus volkstümlichen Fassung geschrieben ist, in dieser Hinsicht wohl die Priorität für mich in Anspruch nehmen darf.

Eine ausführliche Besprechung haben auch die Zugmesser, als Kontroll- apparate für die Feuerung, ferner die Behandlung und Schonung der

Koststäbe im Feuer, die Bedienungsregeln für die Dampfüberhitzer, die Hinweise auf die durch den Betrieb am meisten gefährdeten Stellen an den Dampfkesseln und die Beschreibung, Wirkungsweise und Bedienung der Speisewasserreinigungsapparate erfahren.

Neu aufgenommen sind u. a. Beschreibungen und Abbildungen der Tenbrinkkessel und der in den letzten Jahren namentlich bei größeren Dampfanlagen als Kesselspeisevorrichtungen häufig anzutreffenden Zentrifugal- oder Kreiselpumpen. Eine große Anzahl von Abbildungen der ersten Auflage ist durch neue ersetzt worden; auch habe ich viele Abbildungen eingedenk dessen neu hinzugefügt, daß hierdurch die Anschaulichkeit von maschinellen Einrichtungen bedeutend erleichtert wird.

Die während der Kriegszeit in größerer Häufigkeit durch Wassermangel in den Dampfkesseln verursachten Kesselschäden, die, wie aus der Reichsstatistik ersichtlich ist, in mehreren Fällen zu schweren Explosionskatastrophen geführt haben, boten die Veranlassung, dem Bau und der Bedienung der Wasserstandsapparate und sonstigen Sicherheitsvorrichtungen an den Dampfkesseln eingehendere Beachtung zuteil werden zu lassen. Den Kesselheizern seien daher diese Kapitel besonders empfohlen.

Einem vielfach geäußerten Wunsche der Teilnehmer an meinen Heizerkursen entsprechend und mit Rücksicht darauf, daß den Wärtern von Hochdruckkesseln auch vielfach die Bedienung von Heizungsanlagen obliegt, sind in einem Anhang (Abschnitt XIII) die Bauart und die Bedienung von Niederdruckdampfkesseln besprochen worden.

Die in der ersten Auflage meiner Heizerschule enthalten gewesenen Abschnitte über Dampfentblüung und Ölwiedergewinnung, Druckminderungsventile und die Erläuterungen der im Dampfkesselbetriebe üblichen Fremdwörter sind für meine demnächst unter dem Titel „Der Maschinistenkursus“ in Buchform erscheinenden Vorträge über die Bedienung von Dampfmaschinen und Dampfturbinen bestimmt.

Möge der „Heizerschule“ in der vorliegenden umgearbeiteten, verbesserten und vervollständigten Form gleichfalls eine freundliche Aufnahme zuteil werden und sie namentlich auch fernerhin in Fachkreisen willkommen sein!

Allen denen aber, die mir bei der Ausarbeitung meiner Heizerschule mit Ratschlägen zur Seite gestanden oder mich durch die Überlassung von Abbildungen und Zeichnungen unterstützt haben, verbindlichen Dank.

Chemnitz, März 1918.

F. D. Morgner,
Gewerbeinspektor.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.

	Seite		Seite
Wärmeausnutzung in einer Dampf- anlage	1	Aufgaben des Bedienungsperso- nales	1

I. Die Brennstoffe.

Entstehung und innerer Aufbau der Brennstoffe	1	Zündung der Kohle (Silo mit Druckentlastung)	6
Die Steinkohle	3	Flüssige und gasförmige Brenn- stoffe	7
Die Braunkohle	3	Die chemische Zusammensetzung der Brennstoffe	8
Der Torf	4	Der Kohlenstoff	9
Das Holz	4	Der Wasserstoff	9
Briketts oder Brechkohlen	4	Der Sauerstoff	10
Der Koks	5		
Lagerungsverluste und Selbstent-			

II. Die Verbrennung.

Allgemeines über die Verbrennung	10	Der theoretische und praktische Luft- bedarf des Feuers	14
Die Zusammensetzung der Luft	10	Die Zusammensetzung der Feuer- gase	15
Die vier Verbrennungsabschnitte	11	Tabelle über die Schädlichkeit des Luftüberschusses	15
Das Verhalten der Kohlennässe im Feuer	11	Die Untersuchung der Feuergase	16
Die Entgasung oder Vertokung der Kohle	12	Apparate zur Untersuchung der Rauchgase	16
Die Entstehung des Rauches	12	Der Heizwert der Brennstoffe	19
Die vollständige und unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffes	13	Die Kalorie oder Wärmeeinheit	19
Die unverbrennlichen Bestandteile: Schlacke und Asche	14		

III. Die Bedienung des Kesselfeuers.

Das Anzünden des Feuers	20	Der zu kleine Kofst	23
Die gleichmäßige und lockere Brenn- schicht	20	Die Höhe der Brennschicht	24
Das Aussehen der Flamme	21	Die Beschickungszeit	26
Die Stichtammen	22	Regulierung des Feuers bei schwan- kendem Dampfverbrauch	26
Der zu große Kofst	23	Die selbsttätigen Zugregler	26

Seite	Seite
Die Beschickung des Planrostes zur Erzielung eines sparsamen und rauchfreien Kesselfeuers . . . 28	Das Abschladen 31
a) gleichmäßiges Beschicken des Rostes 28	Rauch-Gasexplosionen und das Decken des Feuers 33
b) das Kopfheizen 29	Hilfsapparate bei der Befuerung: a) der einfache Zugmesser . . . 33
c) die abwechselnde Beschickung einzelner Roststellen 30	b) der Differenz-Zugmesser . . . 34
	Prämien für den Kesselheizer . . . 35

IV. Die Feuerungsanlagen der Dampfkessel.

Der Feuerraum 35	Die Planrostinnenfeuerung . . . 41
Die Planrostfeuerung 36	Die Planrostunterfeuerung . . . 42
Wie der Rost u. Roststab sein sollen 36	Die Planrostvorfeuerung 42
Schonung u. Abbrand der Roststäbe 38	Die Treppenrostfeuerung 42
Die Schürplatte 40	Die Schrägrostfeuerung 48
Feuergeschränk und Feuertüre . . 40	Die Schonung der Schrägroste . . 49
Die Feuerbrücke 40	Die Tenbrintfeuerung 49
Der Ascheraum oder Aschenfall . . 40	Eine bewährte Sägepänefeuerung 50
Die Benützung der Aschefallklappe 41	Die Muldenrostfeuerung 50

V. Die rauchverhütenden Dampfkesselfeuerungen.

Die Ursachen des zu starken Rauches 52	a) Der Leachapparat 56
Verbrennen des Rauches durch Zugschlucht 52	b) Die Wurf- oder Katapultfeuerung 57
a) Die gewöhnliche hohle Feuerbrücke 53	Feuerungen mit wandernder Brennschicht 60
b) Die Heißluftfeuerbrücke von Thost 54	Die Wander- oder Kettenrostfeuerung 60
c) Die hohle Feuerbrücke von Storbeck 54	Die Unterwindfeuerung 65
Die Feuerungen mit mechanischer Beschickung 55	Die Gasfeuerungen 67
	Die Leerfeuerung 69

VI. Die Feuerzüge und der Schornstein.

Regeln für die Heizgasführung . . . 69	Die normale Temperatur der Essengase 75
Die Heizfläche 70	Der Schornsteinverlust 75
Nachteile der zu großen und zu kleinen Heizfläche 70	Ausnutzung der Wärme in gut gebauten Kesselanlagen 75
Heizgasführung und Wasserumlauf 71	Der künstliche Essenzug 76
Der Nutzen des Wasserumlaufs im Kessel 72	a) Direkte Saugzuganlagen . . . 76
Verminderung der Zugkraft (Zugverluste) 72	b) Indirekte Saugzuganlagen . . 75
Die Zugänglichkeit der Feuerzüge 73	Vor- und Nachteile des künstlichen Zuges 77
Das Kesselgemäuer 73	c) Das Busterrohr an Lokomotiven und Lokomotiven 77
Der Essenschieber 74	Der Gitterschornstein 79
Der Schornstein 75	

VII. Die Verhütung und Beseitigung des Kesselsteins.

	Seite		Seite
Gute und schlechte Wärmeleiter	80	c) gerbstoffhaltiger Mittel	84
Das Kesselblech als guter Wärmeleiter	81	d) Petroleum	84
Ruß und Kesselstein als schlechte Wärmeleiter	82	e) von Soda und Kalk	84
Die Entstehung des Kesselsteins	82	Der Wasserreiniger von Reifert	85
Die Härte des Wassers	83	Die Kesselsteinausscheideapparate	88
Berschiedene Verfahren zur Kesselsteinverhütung	83	Härtebestimmung des Wassers	88
Zusätze: a) von Bimsstein	83	Die Gefährlichkeit ölhaltigen Speisewassers	88
b) Stärkemehlhaltiger Mittel	84	Das Ausklopfen des Kesselsteins	89
		Das Entlüften des Kessels bei der Reinigung	90

VIII. Die Verdampfung des Wassers.

Die Aggregatzustände des Wassers	91	Das Regulieren der Dampfüberhitzung	100
Die Schmelzwärme des Eises	91	Die Anwendbarkeit der Dampfüberhitzung	102
Die Flüssigkeitswärme des Wassers	91	Unreiner Dampf	103
Die Verdampfungswärme	93	Der Dampfdruck	103
Tabelle über Dampftemperaturen bei verschiedenen Dampfspannungen	93	Der Luftdruck (Atmosphäre)	104
Gesättigter und überhitzter Dampf	94	Die Saughöhe der Pumpen usw.	104
Die Dampfüberhitzer	95	Die Atmosphäre als Maßeinheit im Dampfkesselbetrieb	105
Die Bedienung der Überhitzer	97		

IX. Beschreibung und Bedienung der hauptsächlichsten Kesselarten.

Allgemeine Anforderungen an einen Dampfkessel	105	Der Heizrohrkessel	118
Der Großwasserraumkessel	107	Der kombinierte oder zusammengesetzte Kessel	121
a) Der Walzen- oder Zylinderkessel	107	Der ausziehbare Röhrenkessel	124
b) Der mehrfache Walzenkessel	109	Der Wasserrohrkessel	126
Der Tenbrinkkessel	112	a) mit Wasserkammern	126
c) Der Flammrohrkessel	113	b) Der Steitrohrkessel	132
		Der Schiffskessel	135

X. Bau und Reparatur der Dampfkessel.

Das Material der Dampfkessel	138	Verankerungen	144
Kupfer	138	a) der Stirnböden	144
Guß Eisen	138	b) Die Stehbolzen	144
Schweiß Eisen, Flußeisen, Stahl	138	Versteifung der Flammrohre	145
Schäden im Kesselblech	139	Die Adams'sche Verbindung	145
Doppelblechstellen	139	Das Einwalzen und Abdichten der Siederöhre	147
Anrostungen	140	Das Wiegen der Rohre	148
Nietverbindung und Schweißung	140	Die Wasserdruckprobe des Kessels	148
Das Verstemmen der Nietnähte	141	Das autogene Schweißverfahren	149
Kanten- und Stegriffe in der Nietnaht	143		

XI. Die Ausrüstung des Dampfkessels.

Seite	Seite		
Die Wasserstandszeiger	150	Der Injektor	172
Der zulässig niedrigste Wasserstand	151	a) Der einfache Injektor	173
Die Probierhähne	152	b) Der Körting'sche Universal-	
Die Wasserstandsgläser	154	injektor	173
Der Klinger'sche Wasserstands-		c) Das Einstellen des Injektors	175
apparat	158	d) Der Restating-Injektor	176
Wasserstandsapparate mit Selbst-		Die Zentrifugal- oder Kreisel-	
verschluß	158	pumpen	177
Schwimmerwasserstandszeiger	160	Die selbsttätigen Wasserstands-	
Der Black'sche Speiserufer	161	regler	181
Das Manometer	162	Das Speise- oder Rückschlagventil	184
Die Sicherheitsventile	165	Die Ablaufvorrichtung	185
Die Vollhubficherheitsventile	166	Das Absperrventil	186
Vollhubventil Pop für Loko-		Die Speisewasservorwärmer	189
motiven	167	a) Abdampfvorwärmer	189
Die Speisevorrichtungen	168	b) Rauchgasvorwärmer (Eko-	
Die Kolbenpumpen	169	nomiser)	190
Die Dreiplungerpumpe	169		

XII. Verhaltensregeln für Dampfkesselheizer.

Das Anheizen	193	Betrieb während der Arbeitspausen	196
Kontrolle der Sicherheits- und		Stillegung des Dampfkessels	196
Speiseapparate	193	Schlechte und richtige Abdichtung	
Überschreitung des Dampfdrucks	195	der Mannlöcher	196

XIII. Die Niederdruckdampfkessel.

Allgemeines	197	Die Feuerungen	200
Der Bau der Niederdruckkessel	197	a) mit oberem Abbrand	201
Der Betriebsdruck	198	b) mit unterem	
Das Sicherheitsstandrohr	199	Die Regulierung des Feuers	202
Die Speisung des Heizkessels	200	Die selbsttätig-Verbrennungsregler	203
Der Wasserstand	200	Die Reinigung der Heizkanäle	204

Sonstige Zubehörteile zur Dampfanlage.

Nondensstöpfe	}	sind im Leitfaden „Der Maschinenkursus“ über die Bedienung von Dampf- maschinen und Dampfturbinen be- handelt.
Druckminderungs- (Reduzier-) ventile		
Rohrleitungen		
Pulsometer		
Dampfentöler		
Schmierapparate		

Fremdwörter-Erläuterungen siehe eben daselbst.

Einleitung.

Die Wärmeverteilung in einer Dampfmaschine. In einer Dampfmaschine mit Auspuffdampfmaschine findet ungefähr folgende Wärmeverteilung statt. Von der in der verfeuerten Kohle enthaltenen Wärme gehen 12 Prozent durch Ausstrahlung durch das Mauerwerk, das eiserne Feuergerüst, die Asche und Schlacke verloren, 18 Prozent ziehen in den Schornsteingasen ab und 70 Prozent enthält der erzeugte Dampf. In der Rohrleitung nach der Dampfmaschine entsteht durch die unvermeidliche Ausstrahlung ein weiterer Verlust von 5 Prozent.

In der Dampfmaschine gehen 10 Prozent der Wärme des eintretenden Dampfes durch Kondensation und Ausstrahlung verloren, 13 Prozent werden zur Überwindung der inneren Reibung der Dampfmaschine selbst verbraucht, 65 Prozent verbleiben in dem Auspuffdampf, so daß nur 12 Prozent der in die Dampfmaschine gelangten Wärme für die Nutzleistung (Abgabe von Kraft) der Dampfmaschine zur Verfügung stehen.

Aufgabe des Bedienungspersonals ist es in erster Linie auf die unbedingt nötige Betriebssicherheit der Kesselanlage zu achten und ferner dafür zu sorgen, daß dieser bei mittleren Anlagen normale Nutzeffekt durch grobe Fehler nicht herabgemindert wird. Namentlich ein tüchtiger, geschulter Kesselheizer kann durch sorgfältige Bedienung des Kesselheizers, der Feuerungsapparate, des Dampfüberhitzers, des Economisers, durch regelrechten Gebrauch der Speiseapparate, durch genaue Beobachtung des Manometers, der Zugmesser und Rauchgasprüfer, sowie durch ordentliche Instandhaltung des Kesselmauerwerks und der Wärmeschutzverkleidungen wesentliche Ersparnisse machen und unnötige Wärmeverluste rechtzeitig erkennen und vermeiden.

I. Die Brennstoffe.

Entstehung und innerer Aufbau der Brennstoffe. In Deutschland kommen für die Dampfkesselfeuerungen hauptsächlich die festen Brennstoffe vor.

stoffe: 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 Kohlenruben 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 Holzfasern, 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 Holzfasern ist schwarz, glänzend, steinartig, dichter und schwerer geworden; die teerartigen und harzigen Bestandteile des Holzes haben sich unter Abgabe von Gasen (d. s. 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 Kohlensorten bestehen, sind umso größer, je verschiedenartiger die ursprünglichen Holzsorten 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.

Der Heizer muß über den Heizwert, die sonstigen Eigenschaften und möglichst auch über den Preis der verfügbaren Kohle unterrichtet sein; es seien daher im nachstehenden die hauptsächlichsten Brennstoffe kurz besprochen.

Die Steinkohle ist von allen Kohlenforten am ältesten; daher besitzt sie den größten Heizwert. Nach ihrem Verhalten beim Erhitzen unter Luftabschluß (in einem zugebedekten 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 ausbläht, schmilzt und zusammenbäckt. Für die Dampfkesselfeuerung eignet sich am wenigsten eine backende Kohle.

Man mischt daher derartige Kohlen etwa bis zu einem Drittel oder Viertel mit Braunkohlenbriketts oder kleinstückiger Braunkohle, die schneller als die Steinkohle verbrennen, durch ihre sandartige Asche das Zusammenbacken der Steinkohle verhindern und das Feuer luftdurchlässiger halten.

Für das Verhalten der Kohlen im Feuer ist noch ihr Gehalt an flammbaren Bestandteilen von Wichtigkeit, die sich aus dem Teer der frisch aufgeworfenen Kohle als Gase verflüchtigen und beim Verbrennen die Flamme des Feuers bilden. Man bezeichnet daher die Kohlen auch nach ihrer Flammenbildung als lang-, mittel- und kurzflammig oder nach der Höhe des Gehaltes an teerartigen Stoffen als Fett- oder Eckkohlen und als Magerkohlen. Eine sehr kurzflammige Kohle ist der Anthrazit mit etwa 5—10 Prozent flüchtiger Bestandteile. Wegen seines hohen Preises wird er 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. Die gasarmen Kohlen erfordern zu ihrer Entzündung sehr hohe Anfangstemperatur und sehr lebhaften Effenzug.

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 vermorschtes 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 er-

kennt daher auch die Braunkohlenfeuerungen mitunter schon von weitem an dem weißlichen, dem Schornsteine entströmenden Dampfswaden. Braunkohlen mit hohem Wassergehalt haben einen niedrigen Heizwert und können daher, wenn weite und teure Transportwege in Frage kommen, nicht mit der Steinkohle in Wettbewerb treten. Die Entzündungstemperatur 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 Dampfkesself Feuerungen 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.

Brifetts 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 Brifetts. Bei der Erwärmung dieser

Braunkohlen wird das darin enthaltene Harz oder Erdpech zähflüssig und verkittet die Kohlenteile beim Erkalten 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 Kohlengrus 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 und in der erhöhten, in der Verminderung des Wassergehaltes begründeten Heizkraft. Auch sind die Steinkohlenbriketts infolge des Zusatzes an Bindemitteln und die Braunkohlenbriketts infolge des verringerten Wassergehaltes leichter entzündlich und verbrennen mit längerer Flamme als die Rohkohlen. Manche Braunkohlenbriketts haben jedoch eine sehr geringe Wetterbeständigkeit und Festigkeit und zerfallen bei der Lagerung im Freien mitunter schon nach ganz kurzer Zeit.

Der Koks entsteht bei der Vergasung der Back- und Sinterkohlen. Man füllt die Kohlen in geschlossene, mit einem Gasabzug versehene feuerfeste Schamotterohre (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 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 weniger Schwefel als die Kohle und wird daher für Dampfkesselfeuerungen verwendet, bei denen eine Belästigung der Umgebung durch Rauchgase unter allen Umständen vermieden werden muß, z. B. bei Straßenwalzen, Dampfkesseln für die pneumatische Düngerabfuhr in den Städten usw. Die Schlacke sammelt 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. Koks-

abfall hat jedoch einen Schlackengehalt bis zu 20 Prozent seines Gewichtes, so daß sein Heizwert beträchtlich niedriger als der des Stückkokes ist.

Infolge seines ganz geringen Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen entzündet er sich sehr schwer und wird während des Brennens nicht locker und mürbe. Er verbrennt im wesentlichen an der Oberfläche und verlangt eine möglichst innige Berührung zwischen Luft und Oberfläche. Für Kesselfeuerungen sind daher in erster Linie gebrochener Koks kleiner Körnung oder auch Siebkoks zu empfehlen. Auch muß die Schütthöhe größer gewählt und ein scharfer (künstlicher) Zug verwendet werden. In manchen Feuerungen ist Koks als ausschließlicher Brennstoff überhaupt nicht verwendbar. Gemische aus Kohlen und Koks müssen sorgfältig ausprobiert werden, wenn der Koks richtig mitverbrennen und nicht in der Schlacke verloren gehen soll. Eingehende während der Kriegszeit angestellte Versuche haben ergeben, daß schon eine Koksbeimischung von nur 10 v. H. für den Wirkungsgrad der Feuerung und die Verdampfung nachteilig ist.

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 Tischlereien und Kartonnagenfabriken dient er in kleinen Öfen (Grubeöfen) zum Warmhalten des Leimes.

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 muß man sie vor Regen schützen. Ganz gering sind die Lagerungsverluste und die Gefahren einer Selbstentzündung bei Koks. Er nimmt jedoch viel Wasser auf und muß daher vor Regen bewahrt werden.

Manche Braunkohlenbriketts geraten nach verhältnismäßig kurzer Lagerfrist im Kohlenfillo infolge des eigenen Druckes in Brand. Abhilfe ist in solchen Fällen möglich durch Benutzung eines Kohlenfillos mit Druckentlastung durch schräg eingebaute Querwände oder durch Beimischung einer Gruskohle, die die von den Briketts gebildeten Zwischenräume ausfüllt und ein Zerbröckeln und allzu festes Zusammendrücken der Briketts verhindert; auch müssen die Kohlen trocken in den Silo gebracht werden, da die Nässe das Zerbröckeln und Zusammenballen der abgebröckelten

Braunkohlen begünstigt. Zur Vermeidung der wiederholt in den Dachräumen der Kohlenilos vorgekommenen Gasexplosionen sind dieselben gut zu entlüften. In Brand geratene Silozellen sind ins Freie zu entleeren, die brennende Kohle ist in dünne Schicht auszubreiten, mit Wasser zu löschen und sofort zu verfeuern. Hören die Silobrände trotz aller Maßnahmen nicht auf, so muß eine andere Brickettsorte verwendet werden.

Als **flüssige Brennstoffe** werden in Deutschland nur Teer und Steinkohlenteeröle verfeuert, die in Gasanstalten und in großen Mengen in Kokereien als Rückstände entstehen. Sie werden selten unter den Dampfkesseln verbrannt, da die Kohle billiger ist. Insbesondere der Teer wird zum größten Teil auf die wertvollen Bestandteile Benzol und Naphthalin weiterverarbeitet. Das bei seiner Verarbeitung zurückbleibende Schwarz- oder Steinkohlenpech wird zum Imprägnieren von Dachpappen oder Holz und als Bindemittel bei der Steinkohlenbrickettierung verwendet. Die Teeröle ergeben bei der Verbrennung eine sehr hohe Verdampfung, hinterlassen keine Rückstände, insbesondere auch keinen Rauch, weshalb auch die Dampfkessel der Torpedoboote seit mehreren Jahren damit beheizt werden.

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 Treppenrost 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 Gas schmelzöfen erforderlich sind, benutzt man mitunter das Gas auch mit zur Dampfkesselbefuerung.

In Hüttenwerken verwendet man die aus Hochofen, Koksöfen 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 Brennstoffe.

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 Brennmaterialien sind der Kohlenstoff, der Wasserstoff, der Sauerstoff und in geringerem Maße der Schwefel. Der Kohlenstoff kommt in den Brennstoffen einmal in fester Form (als Überrest der ursprünglichen Holzfaser) sowie in Verbindung mit Wasserstoff in den teerartigen Bestandteilen vor, die deshalb auch Kohlenwasserstoffe heißen. Das in nachstehender Tabelle mit aufgeführte Stickstoffgas beteiligt sich nicht an Verbrennung. Es heißt Stickstoff, weil es die Flammen erstickt. 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.

100 kg Brennstoff enthalten	Kohlen- stoff kg	Wasser- stoff kg	Sauer- stoff u. Stickstoff kg	Schwe- fel kg	Wasser kg	Nische 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, Wil- helmschacht Zwi- kau = Oberhohn- dorf	75,95	5,35	11,17	0,63	3,68	3,22	7295
Braunkohle, Schacht Fort- schritt, Meuselwitz	44,47	3,67	14,69	1,72	27,13	8,32	4014—4059
Erdige Braun- kohle, lufttrocken	31,12	2,79	9,42	3,87	47,45	5,35	2800—2820
Steinkohlen- briketts	83,24	4,05	3,13	1,26	1,06	7,26	7816—7830
Braunkohlen- briketts	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
Gasfoks	86	0,5	2,00	1,00	3,5	7,00	7040
Koksabfall	69,13	1,84	4,75		8,8	15,98	5000—5500
Teer	81,0	7,0	11+1	—	—	—	8230

Diese Bestandteile sind nun nicht etwa in der Kohle nebeneinander geschichtet, sondern innig miteinander verbunden. So wie etwa jedes kleine Feilspänchen eines Messingrohres 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 Kohlenstück ist aus diesen Bestandteilen aufgebaut und bildet eine einheitliche Masse, ebenso wie dies bei dem Messing oder einer anderen Metalllegierung der Fall ist.

Der Kohlenstoff bildet, wie schon sein Name sagt und 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 abgefühlt 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 Kof, kann sich keine Rußschicht bilden. Graphit ist gleichfalls sehr schwer brennbar, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man eine Bleistiftspitze, die bekanntlich aus Graphit besteht, ins Feuer hält. Man benützt ihn daher zum Ausstreichen feuerfester Schmelzriegel und als Zusatz zu Schmiermitteln, die hohen Temperaturen oder großen Belastungen, z. B. durch schwere Transmissionswellen 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 Kohlen Säure, bilden.

Der Wasserstoff ist in reinem Zustande ein farbloses und geruchloses Gas, das bei der Verbrennung unter allen Gasen die höchste Hitze entwickelt. Er ist das leichteste von allen bekannten Gasen, weshalb er zum Füllen der Luftballons verwendet wird. Sein Verbrennungsprodukt bildet, auf gewöhnliche Temperatur abgefühlt, das Wasser (daher sein Name Wasserstoff).

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 verbirbt, die Milch sauer macht und daher mit Recht den Namen Sauerstoff verdient.

II. Die Verbrennungsvorgänge.

Allgemeines über die Verbrennung.

Die Verbrennung (gleichviel ob es sich um Kohle, Holz, Koks, Teer oder Gase handelt) besteht darin, daß sich die brennbaren Bestandteile mit dem Sauerstoff der Luft vereinigen. Hierbei entstehen hocherhitzte Verbrennungsgase (Heizgase), und es gerät der Brennstoff ins Glühen oder bildet eine leuchtende Flamme. Zur Einleitung der Verbrennung muß der Brennstoff zunächst auf seine Endzündungstemperatur erwärmt werden, wie wir dies beim Anzünden eines Streichholzes durch Reiben auf der Zündfläche sehen. Ist er einmal angezündet, so brennt er gewöhnlich von selbst weiter und vermag auch andere Brennstoffe mit höherer Endzündungstemperatur durch Wärmeabgabe in Brand zu setzen. Ein Feuer kann aber auch umgekehrt durch Abspernung der Luftzufuhr oder durch Abkühlung stark vermindert oder ganz ausgelöscht werden, wie wir dies beim Betreten eines Eiskellers mit einer brennenden Kerze an dem Kleinerwerden der Flamme und am Verlöschen einer Kerze unter einer luftdicht abgeschlossenen Glasglocke ersehen können.

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 10015° 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 vier Verbrennungsabschnitte. Bei der Verbrennung treten an jedem in ein Feuer geworfenem Kohlenstück in nachstehender zeitlicher Reihenfolge vier hauptsächlich Vorgänge auf, nämlich:

1. die Verdampfung des Wassers oder das Trocknen des Brennstoffes,
2. die Vergasung und Verbrennung der teerartigen Bestandteile oder die Verkokung der Kohle,
3. die Verbrennung der kohligen Bestandteile (d. i. der Kohlenstoff),
4. die Bildung der unverbrennlichen Rückstände, der Asche und Schlacke.

Die Verdampfung des Wassergehaltes, die Entgasung der Kohle und die Bildung der Rückstände stellen keine eigentlichen Verbrennungsercheinungen dar, weil der Wasserdampf und die aus den teerartigen Bestandteilen bestehenden Gase im Feuer nur ihre Zustandsform geändert haben, keine Verbindung mit dem Sauerstoff der Brennluft eingegangen sind und durch Abkühlung wieder in ihre anfängliche Form zurückgeführt werden können. Man nennt sie deshalb auch **physikalische Vorgänge**.

Bei der Verbrennung der vergasteten teerartigen Bestandteile und des Kohlenstoffes entstehen aber völlig neue Stoffe (Gase) und zwar die chemischen Verbindungen mit dem Sauerstoff der Luft. Man nennt diese Vorgänge daher auch **chemische Vorgänge**.

Die Verbrennung der Kohle besteht demnach aus physikalischen und chemischen Vorgängen, die indes teilweise ineinander übergehen und sich weder in der Praxis noch vom wissenschaftlichen Standpunkt aus scharf voneinander trennen lassen. Die weitaus wichtigeren sind die chemischen Vorgänge, weil sie sich an dem Hauptteil der Kohle, an deren Brennmasse, abspielen und Wärme erzeugen, während die physikalischen Vorgänge nur kurze Zeit andauern, Wärme verbrauchen und nur insofern von Bedeutung sind als sie die chemischen Vorgänge zu erschweren oder zu erleichtern vermögen.

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.

Das Verdampfen und die Bedeutung der Kohlennässe. Die beim Beschicken des niedergebrannten Feuers aufgeworfene Kohle muß von der vorhandenen Kohlenglut zunächst auf ihre Entzündungstemperatur (ungefähr 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. Obgleich die Kohle demnach in möglichst lufttrockenem Zustande verfeuert und vor dem Verfeuern nicht noch besonders naß gemacht werden sollte, ist doch das vielfach übliche Anfeuchten derselben mitunter angebracht. Es ist dies der Fall, um durch den aus der Kohle entweichenden Wasserdampf das Zusammenbacken der Schlacken oder um beim Verfeuern von trockener feinkörniger Kohle das Fortreißen von unverbrannten Kohleteilen in die Feuerzüge zu verhüten. Durch den Wassergehalt kann aber auch die Entgasung der Kohle vorteilhaft verzögert und hierbei eine Kohlenersparnis erzielt werden, denn bei einer verlangsamten Vergasung ist es leichter, die Gase zu verbrennen.

Die Entgasung oder Verkofung der Kohle. Nachdem das Wasser aus der frisch aufgeworfenen Kohle verdampft ist, entweichen die teerartigen Bestandteile, die Kohlenwasserstoffe; und zwar gehen sie, ebenso wie das Wasser, in Dampfform über, oder, wie man sagt, die Kohle entgast oder verkoft. 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 bilden die Flamme. Sie zerfallen in der Hitze zunächst in ihre Urbestandteile, den Kohlenstoff und den Wasserstoff, woraus als Verbrennungsprodukte wieder Kohlen Säure und sehr hoch erhitzter Wasserdampf entstehen. Ihre Verbrennung findet im Feuerraum über dem Kofte statt. Entweichen aus der Kohle viel Gase, so können sie sich nicht sofort mit der Verbrennungsluft vermischen und füllen nicht nur den Verbrennungsraum über dem Kofte 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 die Temperatur im Feuerraum durch das Ausschütten 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 genügend 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. Brennstoffe mit geringem Gehalt an teerartigen Bestandteilen, Anthrazit, Holzkohle, Koks usw., lassen sich daher leichter rauchschwach verfeuern als Kohlenarten mit hohem Gas- und Erdpechgehalt. Die flüchtigen Bestandteile der Kohlen sind im allgemeinen um so leichter brennbar, je jünger die Kohle ist, infolgedessen ist auch die Rauchentwicklung beim Braunkohlen- oder Holzfeuer leichter vermeidbar als beim Steinkohlenfeuer.

Die vollständige und unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffes. 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 Kubikmeter Luft enthalten ist. Für die Verbrennung zu Kohlenoxydgas ist jedoch nur die Hälfte dieser Sauerstoff- oder Luftmenge erforderlich. Trifft das Kohlenoxydgas nachträglich 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 Essenzugs 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 keine Flamme bildet, sondern die Verbindung des Sauerstoffes mit dem Brennstoffe sich an dessen glühenden Oberfläche vollzieht. In 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 Rostspalten freihalten und erforderlichenfalls die Schlacken mit dem Schüreisen aufbrechen und aus dem Feuer herausziehen.

Tritt die unvollständige Verbrennung nicht bloß vorübergehend auf, und erstreckt sie sich ferner auf die ganze Feuerung, so macht sich der damit verbundene enorme Wärmeverlust durch schnelles Fallen des Dampfdruckes bemerkbar, so daß der Heizer einen deutlichen Hinweis auf einen Mangel im Feuer erhält.

Die unverbrennlichen Bestandteile der Brennstoffe bleiben zurück. Je nachdem sie einen mehr oder minder hohen Schmelzpunkt haben, fließen sie zusammen und bilden auf dem Rost eine zusammenhängende Masse, die Schlacke, oder fallen als einzelne Körner (Asche) durch die Rostspalten hindurch in den Aschenfall.

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, sich aber mitunter durch ihre Schädlichkeit für die Umgebung der Kesselanlage bemerkbar macht.

Der theoretische und praktische Luftbedarf des Feuers. Wir haben gesehen, daß für die vollkommene Verbrennung der Kohle eine richtig bemessene Luftmenge zugeführt werden muß. Und zwar ist dieser Luftbedarf ein doppelter. Die eingeführte Luft muß ausreichen erstens für die Verbrennung der brennbaren Gase aus den teerartigen Bestandteilen der Kohle und zweitens für die vollständige Verbrennung des festen Kohlenstoffes zu Kohlensäure.

In der Praxis ist es jedoch nicht möglich, 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 restlos aufgezehrt wird. Man muß daher in allen Dampfkesselfeuerungen mit einem Luftüberschuß arbeiten. Da indes ein Luftüberschuß ebenso wie ein Luftmangel, wie wir gesehen haben, Wärmeverluste und somit einen unnötigen Aufwand an Kohle herbeiführt, muß man ihn möglichst gering machen. Die Höhe des Luftüberschusses in der Feuerung kann man aus dem Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt der Heizgase ersehen. Würde es möglich sein, die Kohle nur mit der theoretischen Luftmenge vollständig zu

verbrennen, so würden die aus dem Feuer abziehenden Gase bei einer Kohle mittlerer Güte etwa 19,2 Prozent Kohlenäure enthalten, die übrigen 80,8 Prozent würden in erster Linie Stickstoff sein, da derselbe, wie schon früher erwähnt, überhaupt nicht brennt; je nach dem Wassergehalt der Kohle würden diese 80,8 Prozent auch etwas Wasserdampf und die Verbrennungsgase des Schwefels, Schwefelorydgas, enthalten; Sauerstoff würde völlig fehlen. Arbeitet man mit einem Luftüberschuß im Feuer, so ändert sich die Zusammensetzung der Heizgase derart, daß ein Sauerstoffgehalt in den Heizgasen auftritt und der Kohlenäuregehalt dagegen geringer wird. Im allgemeinen begnügt man sich bei den Dampfkesselfeuerungen damit, wenn die im Essenruch abziehenden Gase 11—13 Prozent Kohlenäure aufweisen, Kohlenoxydgas soll nicht darin enthalten sein. Der Sauerstoffgehalt soll in gut bedienten Feuern etwa 4—5 Prozent, jedenfalls nicht über 8 Prozent betragen. Ist der Gehalt an Kohlenäure geringer als 9—13 Prozent, und an Sauerstoff größer als 4—5 Prozent, so ist der Luftüberschuß in der Feuerung zu groß und es ist zu prüfen, ob seine Verringerung nicht ratsam sei.

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 unvermeidbar 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 mittelhute Steinkohle und eine Abgastemperatur 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 Kohlenäuregehalt von	19,2	15	13	12	10	8	6	4	2 Prozent
ist der Luftüberschuß:	1	1,3	1,5	1,6	1,9	2,4	3,2	4,7	9,5 mal so groß als theoretisch erforderlich.
Der Kohlenverlust beträgt dann . .	0	12	14	15	18	23	30	45	90 Prozent.

Untersuchung der Feuergase. Es empfiehlt sich, die Dampfkesselfeuerungen durch öftere Untersuchung der Heizgase zu kontrollieren. Man benützt hierzu besondere Apparate, sogenannte Rauchgasprüfer, mittels welcher man feststellt, wieviel Kohlenäure, Kohlenoxydgas und Sauerstoff in den Essengasen enthalten sind. Die gebräuchlichsten dieser Untersuchungsverfahren bestehen darin, daß man mittels jener Apparate aus dem Essenfuchs eine bestimmte Rauchgasmenge — gewöhnlich 100 Kubikzentimeter — herausfaugt und diese Gasprobe der Reihe nach durch drei Behälter mit je einer besonderen Flüssigkeit hindurchdrückt. Die eine Flüssigkeit

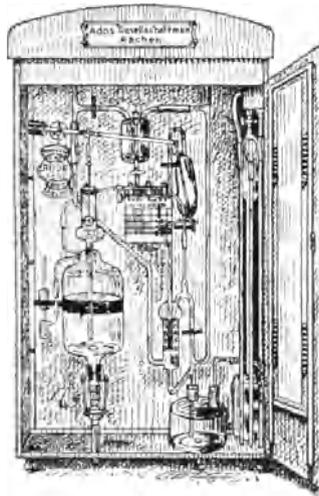
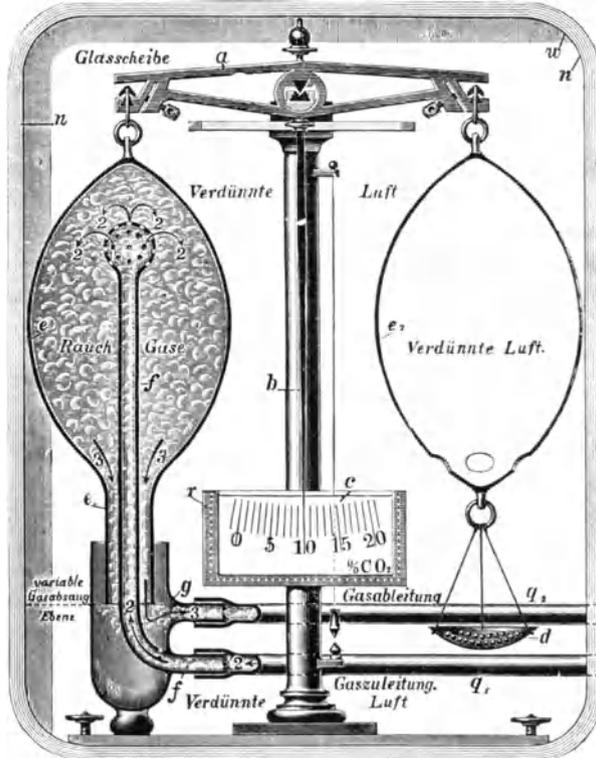


Fig. 1. Verbrennungskontrollapparat der Firma Adol. Beck & Co. in Aachen für die Bestimmung des Kohlenäuregehaltes in den Rauchgasen.

faugt dann die Kohlenäure, die andere das Kohlenoxydgas und die dritte den Sauerstoff aus der Rauchgasprobe auf, so daß man aus der in drei Abstufungen entstehenden Verringerung der Rauchgasprobe die Mengen der darin enthaltenen einzelnen Gase ersehen kann. Preßt man z. B. 100 Kubikzentimeter Rauchgase durch eine Alkalilösung, so wird nur die Kohlenäure der Gasprobe von der Alkalilösung aufgesaugt, während die übrigen Gase wieder aus ihr austreten. Bleiben dann von der Gasprobe nur noch 88 Kubikzentimeter übrig, so betrug der Kohlenäuregehalt der Feuergase = $100 - 88 = 12$ Prozent. Die bekanntesten derartigen

Rauchgasuntersuchungsapparate sind der Orsat- und der Udosapparat. Letzterer, von der Udos-G. m. b. H. in Vachen (Fig. 1), bestimmt, da dies für die praktischen Verhältnisse vollkommen ausreicht, nur den Kohlen- säuregehalt 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—12



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

Fig. 2. Arndt'sche Rauchgaswaage zur Kohlensäurebestimmung.

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 Kubikzentimeter 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 Kohlen Säure aus den Rauchgasen heraus saugt. Je nachdem mehr oder weniger Gase dann übrig bleiben, einen um so längeren Strich macht dann der Schreibstift auf der Papiervolle. Ein Rauchgasprüfer anderer Art ist die Arndtsche Patent-Gaswage von der Firma Wwe. Schuhmacher, Köln (Fig. 2). Sie beruht darauf, daß die Kohlen Säure 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 um so tiefer nach unten ziehen, je mehr Kohlen Säure darin enthalten ist. Der Zeiger auf der Skala zeigt während der Benutzung der Wage ohne weiteres an, wieviel Prozent Kohlen Säure in den Rauchgasen enthalten sind. Der Apparat wird durch zwei Röhre mit den Rauchgaskanälen 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 Wattedropfen ausgefüllte Öffnung, die einem schwachen Luftstrom den Zutritt zum Innenraume des Apparates gestattet. Bevor die Rauchgase in den Wageapparat eintreten, werden sie in Holzwolle- und Wattediltern gereinigt und in einem mit Kalziumkarbid 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 Kohlen Säuregehalt der Rauchgase nicht richtig anzeigt. Namentlich durch eine zu große Geschwindigkeit wird das Hohlgefäß von den durchströmenden Rauchgasen nach unten gezogen und ein zu hoher Kohlen Säuregehalt angezeigt.

Der Gebrauch der Rauchgasprüfer erfordert zwar einige Übung, ist jedoch von jedem Kesselheizer leicht erlernbar. Zeigt der Apparat zu wenig Kohlen Säure 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 Kohlen Säuregehalt der Rauchgase in schädlicher Weise vermindert wird. Die Apparate sind gewissenhaft zu bedienen und gut in stand zu halten, wenn sie immer richtig arbeiten sollen. In diesem Falle machen sie sich aber auch durch die Kohlenersparnis bald bezahlt. Eine eingehende Gebrauchsanweisung und eine der jeweils verfeuerten Kohlenforte entsprechende Tabelle, ähnlich wie auf Seite 8, werden jedem Apparate bei-

gefügt und sind im Kesselhause auszuhängen. Der Heizer kann daher jederzeit ersehen, mit welchem Luftüberschuß und Kohlenverlust er arbeitet, und dem entsprechend die Zugstärke ausfindig machen, bei welcher letzterer am geringsten ist und der Dampfdruck sich am besten halten läßt.

Unter dem **Heizwert der Brennstoffe** versteht man die Zahl der Wärmeeinheiten, die man aus 1 Kilogramm Brennstoff bei der vollständigen Verbrennung erhält. Eine Wärmeeinheit oder Kalorie (vom lateinischen Worte calor d. i. die Wärme) ist die Wärmemenge, die notwendig ist, um die Temperatur von 1 Kilogramm (= 1 Liter) Wasser um 1° Celsius zu erhöhen.

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 nachdem die eine Kohlenart mehr oder weniger bössartig brennt, schlackt usw. und infolgedessen für die Feuerung weniger Wert hat. 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 Heizwerte, 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. Er wird in chemischen Laboratorien bestimmt, indem man aus einer Kohlenprobe (ungefähr 1 Gramm) feststellt, wieviel Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Schwefel darin enthalten sind, und man 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 (Kalorimeter) verbrennt und die Verbrennungsgase in einer vom Wasser unspülten 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. Das Schwierige bei der Feststellung des Heizwertes ist aber nicht die Laboratoriumsuntersuchung, sondern die Probeentnahme, bei welcher die größte Vorsicht an-

zuwenden ist, um einen richtigen Durchschnittswert zu erhalten. 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 8 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 Kohlenforten zu. Es enthalten im allgemeinen 1 Kilogramm

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

III. Die Bedienung des Kesselfeuers.

Beim **Anzünden des Feuers** ist auf die Entzündbarkeit des Brennstoffes Rücksicht zu nehmen. Bei Braunkohlen und leicht entzündlichen Steinkohlen genügt ein Holzfeuer, auf welches allmählich einige Schaufeln Kohle zu legen sind, bis eine genügend hohe, für den Betrieb ausreichende Brennschicht vorhanden ist. Will man schwer entzündliche Steinkohle, Kohlen Schlamm oder Koks auf dieselbe Weise beim Anzünden des Feuers in Brand setzen, so würde sehr viel Holz verbraucht werden. Man hilft sich in solchen Fällen damit, daß man in das Holzfeuer zunächst einige Schaufeln Braunkohle anlegt und erst, nachdem letztere in Brand geraten sind, mit dem Verfeuern des Koks oder der schwer entzündlichen Steinkohle beginnt. Man erspart hierdurch nicht nur Holz, sondern das Anbrennen des Feuers geht auch schneller von statten. Dies ist namentlich bei den mit Koks beheizten Niederdruckkesseln für Zentralheizungen in Schulen, Kirchen, Krankenhäusern usw. zu beachten.

Die gleichmäßige und lodere Beschaffenheit der Brennschicht. Das Kesselfeuer erfordert in mehrfacher Hinsicht eine aufmerksame und

fachkundige Bedienung. Zunächst hat der Heizer den Kofst gleichmäßig mit Kohle bedeckt zu halten. Sind auf dem Kofste 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 Kohlenglut 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. Letzteres ist namentlich dann öfters — etwa je nach 10 Minuten erforderlich — wenn die Kohle durch mechanische Kofstbeschickungsapparate auf den Kofst geschleudert wird. Denn diese Apparate haben trotz ihrer vielen Vorzüge den Nachteil, daß eine völlig gleichmäßige Schütthöhe nicht erreichbar ist.

Das Ausgleichen des Feuers verursacht jedoch stets eine sehr beträchtliche Rauchentwicklung, da bei demselben die noch nicht völlig durchgebrannten Kohlenstücke mit der Grundglut innig durcheinander gerührt werden und sehr schnell und lebhaft entgasen. Der Heizer muß also darauf sehen, daß das Feuer von vornherein möglich gleichmäßig bedeckt ist und ohne Röhren gleichmäßig niederbrennt. Bei Kohlen, z. B. Braunkohlenbriketts, die im Feuer zerfallen, hat das Röhren außerdem zur Folge, daß ein großer Teil derselben unverbrannt in den Ascherraum hindurchfällt.

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.

Das Aussehen der Flamme. 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 ausgeschieden wird, der zur Weißglut erhitzt wird. Davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man in die Flamme (etwa

einer Kerze) einen kalten Körper hineinhält (etwa einen Porzellanteller oder einen Eisenstab), auf welchem sich dann der weißglühende Kohlenstoff als Ruß absetzt. An der Oberfläche und am Rande der Flamme verbrennt der weißglühende Kohlenstoff zu Kohlensäure.

Nach dem Aussehen der Flamme läßt sich beurteilen, ob der Feuerung genügend oder zu wenig Luft zuströmt. Beobachtet man das Feuer nach dem Beschicken mit frischer Kohle, so reicht der Luftzug zur Verbrennung der Rauchgase gewöhnlich nicht aus. Die Flamme leuchtet dann nicht hell auf, sondern sieht dunkelrot aus und stößt schwarze Rauch (Ruß) wolken aus. Der Kohlenstoff aus den Rauchgasen kann nicht verbrennen und wird nur bis zur Rotglut erhitzt. Öffnet man in solchen Fällen die Feuertüre ein wenig, so daß durch einen schmalen Spalt noch Luft hinzutreten kann, so wird die Flamme helleuchtend und die Rauchgase verbrennen.

Die Stichflamme. Leitet man in das Innere einer helleuchtenden Flamme einen Luftstrom, so verbrennt der weißglühende Kohlenstoff schon hier. Die Flamme wird dann nichtleuchtend und sehr heiß, wie wir dies bei den Bötampen sehen. Infolge der Temperaturzunahme und weil bei der Verbrennung des weißglühenden Kohlenstoffes große Mengen Kohlensäure entstehen, wird die Flamme aber auch plötzlich vergrößert, so daß sie sich explosionsartig ausbreitet, d. h. es entsteht eine Stichflamme.

Im Kesselfeuer können Stichflammen auftreten, wenn die durch eine durchgebrannte Stelle einströmende Brennluft auf eine Flamme aus einer noch nicht durchgebrannten Stelle stößt. Treten solche Stichflammen öfters 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 forge 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 herausschlägt, sondern in das Flammrohr oder in den Essenzug hineingefaugt wird.

Dieselbe Vorsicht ist auch beim Verfeuern von Kohlenschlamm auf Schrägrosten geboten, der beim Schlackenziehen leicht durch die Rostspalten hindurch fällt und alsdann unter Entwicklung einer Stichflamme plötzlich verbrennt. Abhilfe ist in solchem Falle durch einen geeigneten Rost möglich.

Der zu große Kofst. Kann der Heizer mit einem stellenweise unbedeckten Kofst trotzdem die Dampfspannung im Kessel gut auf gleicher Höhe halten, so ist dies ein sicheres Zeichen dafür, daß der Kofst zu groß ist und verkleinert werden muß. Es ist dann entweder eine Reihe Kofststäbe herauszunehmen oder ein Teil des Kofstes mit Schamottesteinen abzudecken. Das teilweise Abdecken des Kofstes hat den Vorteil, daß es wenig Arbeit verursacht, und daß man den Kofst durch Herausziehen der Schamottesteine schnell wieder auf die ursprüngliche Kofstfläche vergrößern kann. Diese Verminderung der Kofstfläche 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 Kofstfläche auszukommen.

Will der Heizer trotzdem mit einem offen ersichtlich zu großen Kofst auszukommen versuchen, indem er die Feuerschicht möglichst dünn hält, so hat dies zwar den Vorzug, daß die Rauchgase leichter verbrennen und die Feuerung rauchschwach arbeitet, ist jedoch immerhin nicht vorteilhaft, da alsdann die Brenngeschwindigkeit durch starke Droffelung des Essenzuges vermindert werden muß und ein mattes, schwelendes Feuer entsteht, in welchem Wärmeverluste durch die unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenoxydgas kaum zu vermeiden sind. Das Feuer soll lebhaft brennen.

Der zu kleine Kofst macht sich nach außen hin durch starkes Rauchen des Feuers bemerkbar. Die Brennschicht muß durch öfteres und reichlicheres Beschicken sehr hoch gehalten werden, brennt trotz des erforderlichen lebhaften Essenzuges nicht genügend durch und verschlackt schnell, so daß der Heizer zur Vermeidung von Wärmeverlusten infolge von Luftmangel und um überhaupt genügend Dampf erzeugen zu können, öfter abschlacken muß, was für den Wirkungsgrad der Feuerung natürlich nicht zuträglich ist. Der zu kleine Kofst kennzeichnet sich daher ferner durch großen Brennstoffverbrauch und die starken Anforderungen an den Heizer, obgleich hiermit keinerlei Gewinn verbunden ist. Ist ein ausreichender Schornstein vorhanden, so empfiehlt es sich in solchen Fällen den Kofst um eine Stabreihe zu verlängern.

Die richtige Größe der Kofstfläche muß durch die Erfahrung im einzelnen Fall bestimmt werden. Je hochwertiger der Brennstoff und je kräftiger der Essenzug ist, umso kleiner kann sie sein. Auch die Rauchverhütung aus Rücksichtnahme auf die Anwohner erfordert oft eine Vergrößerung der Kofstfläche, nach der alten Erfahrung, daß mit zunehmender Kofstbelastung die Rauchentwicklung zunimmt und das wirksamste Mittel, die

Rauchbildung ohne Zuhilfenahme besonderer rauchverzehrender Feuerungen zu verringern oder zu vermeiden, geringe Kostenanstrengung d. h. Vergrößerung der Kofstfläche ist. In Steinkohlenfeuerungen kann man bei mäßigem Betriebe 70, bei flottem Betriebe 100, bei angestregtem Betriebe 150 Kilogramm Kohle auf einem Quadratmeter verbrennen. Für Koks nehme man $\frac{2}{3}$, für Braunkohle das 1,5 bis 2,5fache, für Holz und Torf das $1\frac{1}{3}$ fache dieser Werte.

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 = $0,7 \times 1,5 = 1,05$ Quadratmeter. Je nach der Stärke des Effenzuges macht man die Kofstfläche

eines mehrfachen Walzenkessels	$\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{30}$
„ Flammrohrkessels	$\frac{1}{28}$ bis $\frac{1}{35}$
„ Heizrohr-, Wasserrohr- oder Lokomotivkessels	$\frac{1}{40}$ bis $\frac{1}{50}$
„ kombinierten Flammrohrkessels mit Heizrohrkessel	$\frac{1}{55}$ bis $\frac{1}{60}$

der Heizfläche des Kessels.

Die Höhe der Brennschicht. Damit der Sauerstoff der Luft nahezu restlos 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 Kohlenschicht hindurch, und die Folge ist ein übermäßiger Luftüberschuß im Feuer-raume. Eine zu hohe Kohlenschicht versperrt der Luft den Durchgang durch das Feuer, so daß die Feuerung an Luftmangel leidet und stark raucht. Die geeignete Brennschichthöhe muß daher der Heizer in jedem einzelnen Falle durch Beobachten des Feuers ausprobieren.

Beim Verfeuern grobstückiger, nicht backender Kohle muß die Brennschicht hoch sein. Denn grobe Kohlenstücke lagern sich beim Aufschütten mit weiten 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 Stück-

größe, etwa die sogenannte Stückkohle, würde eine sehr hohe Brennschicht erfordern und müßte daher vor dem Verfeuern zerkleinert werden. Sehr zuistatten 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 Kohlengruß schneller als die grobe Kohle durchbrennt und sehr leicht ausgebrannte Stellen im Feuer entstehen.

Die Förderkohle wird daher, nachdem sie in den Kohlenwäschen von den beigemengten unverbrennlichen Steinen, Schieferstücken (Berg) befreit ist, auf großen Siebtrommeln nach folgenden Kohlenforten sortiert: Stückkohle über 65 Millimeter, Würfelfohle I 50—65 Millimeter, Würfelfohle II 35—50 Millimeter, Würfelfohle III 30—35 Millimeter, Rußkohle I 25—35 Millimeter, Rußkohle II 15—25 Millimeter, Rußkohle III 8—15 Millimeter und Kohlengruß. Für die Dampffesselfeuerungen werden hauptsächlich die letzteren Kohlenforten verfeuert, die in großen Mengen abfallen und am billigsten sind. Den höchsten Heizwert und den geringsten Aschengehalt zeigen die meist für den Hausbrand oder besondere Feuerungen benutzten groben Kohlenstücke.

Grobstückige Kohle wird wegen des hohen Preises und der vor der Verfeuerung erforderlichen umständlichen Zerkleinerung von Hand nicht zu Dampffesselfeuerungen verwendet. Eine Ausnahme macht nur die Staatseisenbahn, die die Lokomotiven mit Stückkohle befeuert, die vor dem Aufschütten von dem Hilfsheizler 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 Briquets erleichtern infolge ihrer gleichmäßigen Größe gleichfalls die Bedienung des Feuers. Für die Höhe der Brennschicht ist neben der Stückgröße auch die Schlackenbildung der Kohle maßgebend. Stark backende Kohle erfordert eine niedrige, vor dem Verschicken zu lockende Brennschicht und wird am besten durch leichtes Aufstreuen auf die Brennschicht verfeuert. Koks ist in höheren Schichten zu verfeuern, da er luftdurchlässig ist.

Einen ungefähren Anhalt für die Höhe der Brennschicht ergeben die praktischen Erfahrungen, nach denen bei gutem Schornsteinzug Rußkohle I und II in einer etwa 10 Zentimeter hohen Schicht, Koks und Würfelfriquets 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 Kohlengruben verfeuerte Kohlenschlamm aus den Kohlen-

wäshen ist in abwechselnder Beschickung mit einer besseren Kohlenforte (Nußkohle II und III) 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 Beschickungszeit. Nach der Entgasung werden die an ihrer glühenden Oberfläche verbrennenden Kohlenstücke von der vorbeiziehenden Brennluft allmählich aufgezehrt, bis sie zuletzt ganz verschwinden und schließlich nur noch die Asche und die Schlacke zurückbleiben. Das Feuer wird allmählich schwarz und löscht aus; soll es ununterbrochen weiterbrennen, so darf der Heizer mit dem Beschicken nicht so lange warten, bis aller Kohlenstoff verbrannt ist, denn an der zurückbleibenden Asche kann sich die Kohle nicht entzünden. Der Heizer darf daher das Feuer nie herunter brennen lassen und muß immer für eine gute, nicht zu niedrige, etwa handhohe Grundglut sorgen, welche die frisch aufgeworfene Kohle rasch in Brand setzt und in welcher ununterbrochen Heizgase erzeugt werden.

Die Regulierung des Feuers ist dem Dampfverbrauche anzupassen. Beginnt die Dampfspannung zu fallen, so ist das Feuer durch öfteres Beschicken zu verstärken und die Brenngeschwindigkeit durch Aufziehen des Essenschiebers zu erhöhen. Die Brennschicht wird dabei höher und gibt infolge der größeren Verührungsfläche mit der lebhaft zuströmenden Brennluft mehr Wärme und mehr Heizgase ab, so daß auch die Dampferzeugung steigt. 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 legeren Falle, durch Öffnen der Feuertüren kalte Luft in die Feuerung einströmen zu lassen. Die einströmende kalte Luft bewirkt zwar eine sofortige Abkühlung des Feuer-raumes und verhütet ein weiteres Anwachsen der Dampfspannung; der scharfe Temperaturwechsel erzeugt aber möglicherweise Risse im Blech und in den Nietreihen. 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 Dampfkesseln mit Handbeschickung ist der Luftbedarf des Feuers nach dem Beschicken am größten und nimmt hierauf allmählich ab. Wollte man von einer Beschickung 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

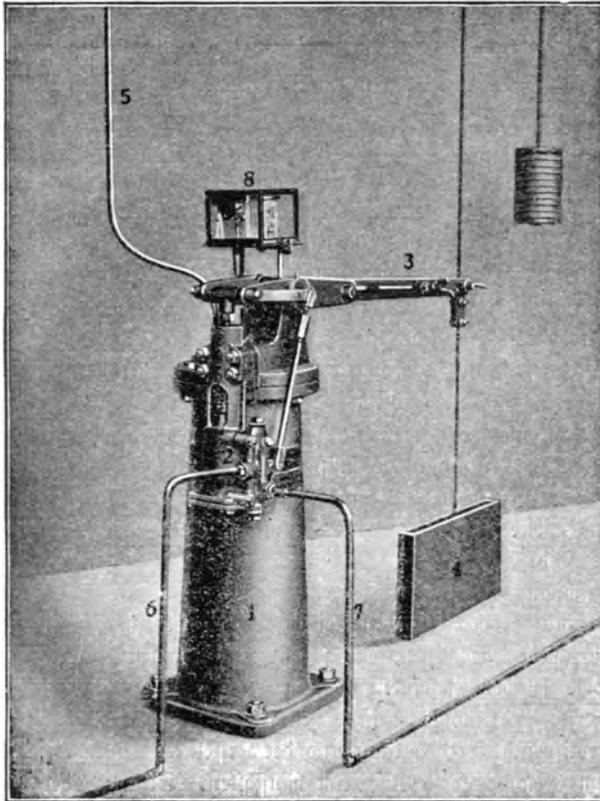


Fig. 3. Automatischer Essenschieberregler der Berlin-Anhaltischen Maschinen-Bauanstalt.

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 Beschickung ist der Apparat aufzuziehen, wobei der Essenschieber hochgeht. Die Apparate werden mit einem Klingelwerk ausgerüstet, welches dem Heizer anzeigt, daß der Schieber niedergelassen und der Koft zu beschicken ist. Dieser Feuerzugregler eignet sich am besten für Dampfkessel mit nur einer Feuerung, die nicht von früh bis abends ununterbrochen überlastet ist, da während des Niedergehens des Schiebers die Verbrennung und die Verdampfung verlangsamen.

Der patentamtlich geschützte Zugregler der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau A.-G. reguliert den Essenschieber nach dem Dampfdruck (Fig. 3). Steigt letzterer, muß also das Feuer abgeschwächt werden, so läßt er den Essenschieber herunter und umgekehrt wird letzterer aufgezo gen, wenn der Dampf zu fallen beginnt. Der Heizer hat hierbei nur das Feuer gut zu beobachten und dasselbe gleichmäßig bedeckt zu halten. Der Dampf drückt durch Rohr 5 auf eine Membran in dem Gehäuse 1, durch deren Bewegungen der Schieber zu dem mit Wasserdruck arbeitenden Kolben im Gehäuse 2 gesteuert wird, so daß sich der letztere hebt und senkt und hierbei mittels des Hebels 3 den Essenschieber 4 auf- und abwärts bewegt. Rohr 6 leitet das erforderliche Druckwasser zu dem Kolben 2; durch Rohr 7 fließt die geringe verbrauchte Wassermenge wieder ab (etwa in einen Speisewasserbehälter).

Während des Abschlackens müssen die Zugregler abgestellt werden.

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

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

Die erste Bedienungsart ist diejenige, bei welcher die Koftfläche 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 Aufheuern viel Kohle aufwirft. Soll die Feuerung rauchschwach arbeiten und die Kohle möglichst gründlich ausgenutzt werden, so muß die Kohle öfter und jedesmal in dünner Schicht aufgestreut werden (Fig. 4). Die Temperatur des Feuerraumes wird dann nicht zu sehr abgekühlt und die aus der aufgeworfenen Kohle

¹⁾ Fig. 4 bis 11 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Haier, Dampfkesselfeuern, 2. Aufl.“ entnommen.

entweichenden Gasmengen 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 Gasmengen aus, daß sie nicht verbrennen können. Der Schornstein raucht dann solange, 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 Rauchgase werden dann nur allmählich aus der frischen Kohle frei und sind beim Abzuge gezwungen, über das Feuer auf der hinteren Hälfte des Kofes hinwegzustreichen, wobei sie verbrannt werden (Fig. 5 und 6). Eine andere, dem Kopfheizen ähnliche Methode besteht darin, daß der Heizer auf dem vorderen Teile des Kofes überhaupt keinen Brand unterhält, sondern die Kohle (etwa 3 bis 5 Schaufeln) dort unmittelbar auf den Kofst legt. Ist das Feuer hinter diesem Kohlenhaufen niedergebrannt, so schiebt der Heizer die inzwischen entgaste Kohle nach hinten und schüttet vorn frisch auf. Die Entgasung der Kohle dauert bei dieser Heizmethode etwas länger als beim

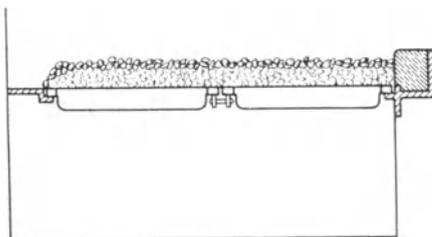


Fig. 4.

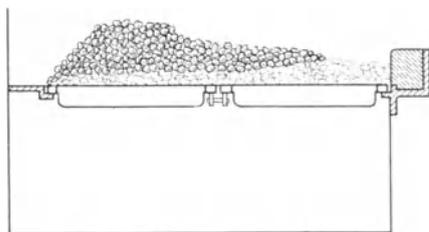


Fig. 5.

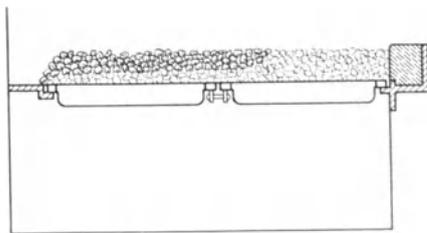


Fig. 6.

Kopfheizen. Zu beiden Seiten der frisch aufgeworfenen Kohle bleibt je ein Streifen der Kohlenglut liegen; bei Luftmangel können die vordersten Kofspalten auf 2—5 Zentimeter Länge unbedeckt bleiben (Fig. 7 und 8).

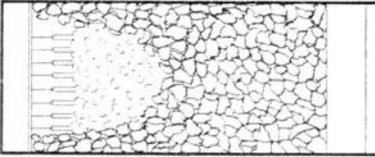
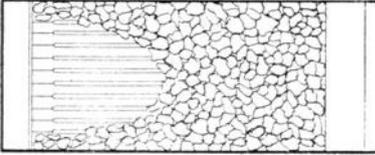


Fig. 7 und 8.

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 ver säumen, beide Heizmethoden gründlich auszuprobieren. Dabei hat er insbesondere zu beachten, daß die

frisch aufgeworfene Kohle schnell genug entgast und sich während dieser Entgasung keine leeren Stellen auf dem hinteren Teile der Kofstfläche bilden.

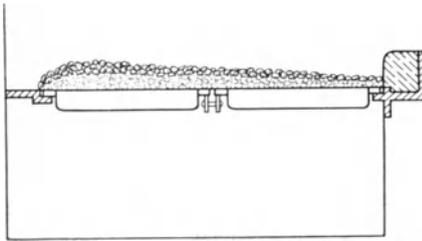


Fig. 9.

Da bei diesen Beschickungsarten der vordere Teil des Kofstes nicht für die eigentliche Verbrennung der Kohle mit ausgenutzt wird, muß natürlich die hintere Kofstfläche mehr leisten oder der ganze Kofst vergrößert werden. Auch mit einer dritten Beschickungsart, abwechselnd

nur gewisse Teile der Kofstfläche mit frischer Kohle zu bewerfen, oder bei der Beschickung die Seiten des Kofstes nur teilweise zu bedecken (Fig. 9, 10 und 11), will

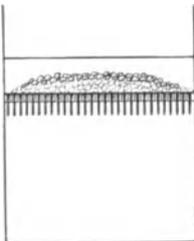


Fig. 10.

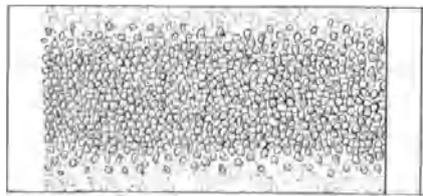


Fig. 11.

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 Kofstflächen mit mehreren Feuertüren gebräuchliche Bedienungsart, die auch bei Zweiflammenteffeln zur Rauchverminderung angewendet werden kann, besteht darin, daß durch die einzelnen Türen abwechselnd beschickt wird.

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 Kofstes. Sie sind daher nur für nicht zu stark beanspruchte Kesselanlagen anwendbar.

Der Heizer darf beim Bedienen des Kesselfeuers nicht schematisch verfahren, treten im Betriebe Stunden mit geringerem Dampfverbrauche ein, so muß er versuchen, mit dem Kopfheizen oder dem abwechselnden Beschicken verschiedener Kofststellen auszukommen. Steigt der Dampfverbrauch wieder, so muß er nach dem ersten Verfahren, d. h. regelmäßig die ganze Kofstfläche mit frischer Kohle beschicken.

Das Abschladen. Die Verbrennungsrückstände der Kohle aus dem Kofste, die Schlacken, müssen zeitweilig entfernt werden, da sie den Luftzutritt durch die Kofstspalten 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 Kofststäben 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 dem Kofste aus. Bei Dampfschiffskesseln mit nur einem Kofst soll es auch üblich sein, zunächst nur die linke und später die rechte Hälfte des Kofstes abzuschladen, damit die Verdampfung durch das Abschladen nicht zu sehr gehemmt werde, wie beim sofortigen Abschladen des ganzen Kofstes. Der Heizer darf hierbei natürlich die Kohlenglut nicht nach hinten, sondern muß sie einmal nach rechts und einmal nach links schieben, wozu er sich eines flachausgeschmiedeten

Schüreisens aus Runderisen bedient. Sind mehrere Feuerungen in einer Dampfkesselanlage vorhanden und wird Markkohle bei niedrig zu haltender Brennschicht verfeuert, so läßt der Heizer das Feuer vor dem Abschlacken ganz niederbrennen, räumt die Feuerung völlig mit der Krücke aus und bestreut den leeren Kofst wieder mit einigen Schaufeln glühender Kohle aus einer anderen Feuerung. Hierbei ergibt sich von selbst, daß bei Dampfkesseln mit zwei Feuerungen die eine Feuerung erst abgeschlackt werden darf, wenn sich die andere wieder in vollem Brande befindet. Nach dem Abschlacken darf das Feuer zunächst nur dünn beschickt werden, bis sich auf dem Kofste wieder eine genügend hohe Grundglut gebildet hat. Das Abschlacken soll nicht öfter als ein- bis zweimal täglich nötig sein. Eine Kohle, die ein öfteres Abschlacken nötig macht, eignet sich nur für einen wenig angestregten Kesselbetrieb.

Die Arbeiten bei geöffneter Feuertüre, das Beschicken, Abschlacken 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 Einzelfeuerungen 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 selbständig 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 Einzelfeuerungen anwendbar, während sie für Dampfkessel mit mehreren Feuertüren und nur einem Essenschieber sowie für stark belastete Kesselanlagen überhaupt keinen Vorteil bieten. Wollte man einen Zweiflamrohrkessel 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 Feuerung erzielten Ersparnisse wieder ganz oder teilweise aufheben. Dasselbe gilt auch für die automatischen Zugregler, wenn sie an Dampfkesseln mit mehreren Feuerungen angebracht sind.

Gasexplosionen und Decken des Feuers. Das Feuer ist gegen Schluß der täglichen Arbeitszeit abzuschwächen und nachts über, sowie während längerer Betriebspausen, wenn der Kessel ohne Aufsicht steht, vom Koste zu ziehen; der Essenschieber und die Feuerung sind dicht zu verschließen, damit der Kessel nicht durch einströmende Luft unnötigerweise abgekühlt wird. Zunächst gibt das Kesselmauerwerk jedoch eine Zeitlang noch Wärme ab, so daß der Dampfdruck auch bei herausgenommenem Feuer vorerst steigt und erst später allmählich sinkt. Das zur Vermeidung eines zu erheblichen Spannungsabfalles und zur Erleichterung des täglichen Anheizens mitunter übliche Decken des Feuers mit einer Kohlenschicht über Nacht ist gesetzlich verboten, wird aber auch ohnehin in jedem ordentlich geleiteten Betriebe nicht geduldet, da beim Ansfachen des Feuers schwere Explosionen der in den Kesselzügen sich ansammelnden Heizgase entstehen können. In manchen Betrieben wird das Feuer während der Betriebspausen mit Schlacke abgedeckt, so daß es ganz allmählich verlöscht und der Kessel weniger auskühlt als beim abgeräumten Koste. Wenn hierbei auch die Gefahr einer Gasexplosion sehr herabgemindert ist, so bedarf es jedoch in solchen Fällen vor dem Anzünden eines neuen Feuers unbedingt einer gründlichen Durchlüftung der Kesselzüge wegen der Möglichkeit der Ansammlung von Kohlenoxydgas. Bei dem Beschicken des Feuers dürfen ferner nicht übermäßige Kohlenmengen aufgegeben werden, da auch hierdurch die Kesselzüge mit Rauchgasen gefüllt werden und Gasexplosionen entstehen können.

Der einfachste **Zugmesser** besteht aus einer U-förmigen, auf einem Brett befestigten, an beiden Enden offenen Glasröhre, die bis zum Nullpunkt einer Skala mit (gefärbtem) Wasser zu füllen ist. Ein Rohrende mündet in die freie Luft, das andere durch ein dünnes Rohr in den Feuerraum, so daß das Wasser in dem Zugmesser mit der Zu- und Abnahme der Zugkraft im Feuerraume steigt und fällt. Sobald das Feuer frisch beschickt worden ist, wird durch die erhöhte Brennschicht der Zutritt der Brennluft zum Feuer behindert, so daß die Zugkraft des Schornsteins über dem Koste eine Luftverdünnung erzeugt und das Wasser im Zugmesser aus seiner Gleichgewichtslage herausgezogen wird. Während des Abbrandes wird die Brennschicht allmählich dünner, es tritt infolgedessen auch mehr Luft in den Feuerraum, die in letzterem herrschende Luftverdünnung (die gleichbedeutend mit Zugstärke ist) wird geringer, so daß das Wasser im Zugmesser zurückgeht, d. h. sich der anfänglichen Gleichgewichtslage wieder nähert. Ist es auf ein bestimmtes, vom Heizer ausprobiertes Maß zurückgegangen, so ist dies ein Hinweis, daß das Feuer

weit genug heruntergebrannt ist und frisch beschickt werden muß. Der senkrechte Abstand zwischen den beiden Wasserspiegeln in der Glasröhre zeigt somit die jeweilige Zugstärke im Feuerraum an und, man kann daraus erkennen, ob dem Feuer viel oder wenig Luft zuströmt. Aufgabe des Heizers ist es nun, durch genaue Beobachtung des Zugmessers diejenigen Schieberstellungen ausfindig zu machen, bei welchen er zu den verschiedenen Tagesstunden den Dampf mit der kleinsten Zugstärke (also mit den geringsten Luft- und Kohlenmengen) zu halten vermag. Bemerkt er Abweichungen von den regelmäßigen Angaben des Zugmessers, so hat er zu untersuchen, ob die Brennschicht zu stark beschickt, zu weit heruntergebrannt, zu stark verschlackt, ungleichmäßig bedeckt oder stellenweise durchgebrannt ist, ob die Feuerzüge durch Ruß oder Flugasche verengt sind oder ob das Mauerwerk undicht ist. Man ersieht hieraus, daß der Zugmesser ein recht brauchbares Kontrollinstrument ist und sich bei einem geübten Heizer bald bezahlt macht.

Der beschriebene einfache Zugmesser hat den Nachteil, daß er eine große Zugkraft anzeigt, wenn wenig, und eine kleine Zugkraft, wenn viel Luft in die Feuerung einströmt. Übersichtlicher sind die **Differenzzugmesser**. Bei denselben werden beide Schenkel der Glasröhre mit den Feuerzügen in Verbindung gebracht und zwar der eine wieder mit dem Feuerraum und der andere mit dem Essenfuchs, kurz vor dem Essenschieber, so daß man mit demselben den Unterschied zwischen der Zugkraft im Essenfuchs und im Feuerraum mißt. Im Essenfuchs bleibt die Zugkraft der aufsteigenden Schornsteingase unverändert gleich stark und ändert sich eigentlich nur mit der Temperatur der Heizzase. Im Feuerraum richtet sie sich nach der Luftdurchlässigkeit der Brennschicht und nimmt, wie wir sehen, während des Abbrandes ab. Beträgt sonach die Zugstärke im Essenfuchs 20, im Feuerraum nach dem Beschicken 12 und nach dem Abbrande 6 Millimeter, so steigt die Angabe des Differenzzugmessers allmählich von $20 - 12 = 8$ auf $20 - 14 = 6$ Millimeter. Zeigt also der Differenzzugmesser eine kleine Zugkraft an, so strömt (wie dies unmittelbar nach dem Beschicken des Feuers der Fall ist) wenig, zeigt er eine große Zugkraft an, so strömt viel Luft in den Feuerraum.

In der Praxis benützt man jedoch die U-förmige Glasröhre nicht als Zugmesser, da sie leicht verschmutzt und das Wasser allmählich verdunstet, so daß die Angaben nicht immer zutreffend sind. Die zumeist benutzten Zugmesser haben einen beweglichen, in das Gehäuse dicht eingepaßten Flügel, der von der Zugkraft mehr oder weniger gedreht wird. Gut bewährt und häufig angewendet ist auch ein von der Manometerfabrik M. Schubert

hergestellter, patentamtlich geschützter Zugmesser (Fig. 12) mit einer zuverlässig arbeitenden, dauerhaften Metallmembrane, die durch die Zugkraft mehr oder weniger zusammengedrückt wird und die hierbei auftretende Bewegung ihrer Oberfläche auf den Zeiger des Zugmessers überträgt. Der Apparat wird, was sehr zweckmäßig ist, mit zwei oder auch drei Schreibvorrichtungen ausgerüstet, auf denen die Zugstärke, die Dampfspannung und die Temperatur der Abgase ununterbrochen aufgezeichnet werden.

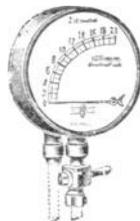


Fig. 12.
Der Zugmesser.

Die **Prämien für den Kesselheizer** bei 'Kohlenersparnis können für beide Teile (nämlich für den Kesselbesitzer und den Heizer) sehr vorteilhaft sein, doch liegt die Sache nicht so einfach, wie sie auf den ersten Blick aussieht. Voraussetzung ist insbesondere, daß der Heizwert der verfeuerten Kohle bekannt ist, um Vergleiche zu ermöglichen und Ersparnisse feststellen zu können. Der Heizer geht auch zu leicht zu sparsam mit der Dampfabgabe für Heizwecke usw. um, so daß er fortwährend im Konflikt mit den Betriebsbeamten steht. Für den Kohlenverbrauch ist es sehr vorteilhaft, wenn der Heizer den Verbrauch an Kohle, die Dampfspannung, die verdampfte Wassermenge und die Kesselhauttemperatur in einem Buche täglich zu notieren hat.

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. 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. Bei den Feuerungen mit gemauerter Decke, das sind die Vorfeuerungen und Treppenrostfeuerungen, wird der Feuer-

raum 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.

Die Planrostfeuerung. Die gebräuchlichste Dampfkesselfeuerung, die unter allen Umständen und auch bei jedem Dampfkesselsystem anwendbar ist, ist die mit einem wagrechten, ebenen Roste, die sogenannte Planrostfeuerung. Je nachdem sie in, unter 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. Die Verstärkungen an den Köpfen der Roststäbe, sowie die Rostbalken müssen so konstruiert sein, daß sie das Durchfallen der Asche und den Durchtritt der Brennluft an keiner Stelle des Rostes verhindern, da sie andernfalls die Schlackenbildung begünstigen und den gleichmäßigen Abbrand beeinträchtigen. 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.

Am gebräuchlichsten sind der einfache Flachstab und der Wellen- oder Schlangenroststab, 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 beforgt, deren gleichmäßige Beschaffenheit daher sorgfältig vom Heizer zu überwachen ist. Der abge-

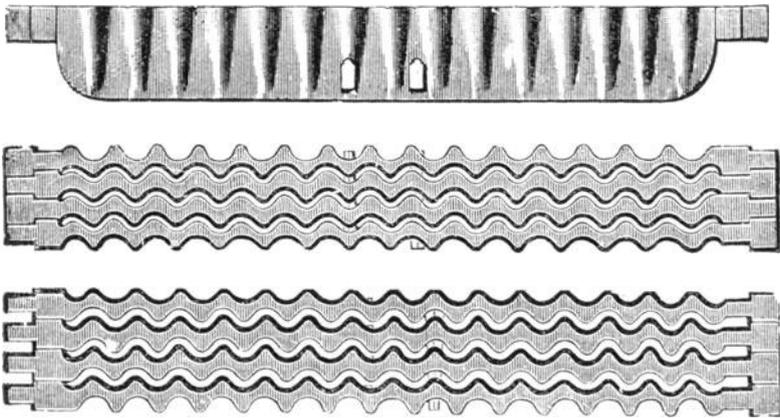


Fig. 13, 14 und 15 umkehrbare Roststäbe.

bildete Wellenroststab der Firma Thost, Zwickau, ist so angefertigt, daß man mit denselben Roststäben durch verschiedenes Aneinanderreihen einen Rost mit engen oder mit weiten Spalten erzielen kann (Fig. 13, 14 und 15).

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 Kohlenruß, Lohe oder 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. 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.

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 Ausföhrung der Roststäbe das Abschlacken 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 vorbeistreichenden Luft ermöglichen sich anzuwärmen und zugleich den Rost kühl erhalten. Voll-



Fig. 16 und 17.



Fig. 18 und 19.



Fig. 20.

Fig. 16 bis 19¹⁾ = die richtige, Fig. 19 = die falsche Form des Roststabes.

ständig falsch ist es daher, die Höhe des Rostes nach den Enden zu abnehmen zu lassen. Die Höhe des Roststabes macht man gewöhnlich ein Fünftel bis ein Sechstel der Länge, etwa in den Grenzen von 70 bis 120 Millimeter (Fig. 16 bis 19). Die gebräuchlichste Länge des Roststabes ist 500 Millimeter; sehr dünne Roststäbe mit engen Spalten (für Kohlengruß, Lohe und Sägespäne) 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

¹⁾ Fig. 16 bis 19 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Gaier, Dampfkesselfeuerungen, 2. Aufl.“ entnommen.

zu einem Bündelroststab zusammen. Damit die Afche nicht hängen bleiben kann, müffen die Kofstspalten nach unten etwas weiter werden; man macht deshalb die Kofststäbe unten dünner als oben. Ferner nimmt man darauf Bedacht, daß sich die Kofststäbe nicht im Feuer verbiegen. Sie dürfen daher nicht stramm zwischen den Kofstbalken sitzen, sondern müffen genügenden Spielraum haben, damit sie sich beim Erhizen im Feuer ausdehnen können. Vielfach versteht man aus diesem Grunde die Kofststäbe nur mit einem hakenförmigen Ende, während man das andere Ende abfchrägt. Der Kofst soll bei Handbefchickung nicht über zwei Meter lang sein, weil längere Kofste hinten fchwieriger zu befchicken find, das Abfchlacken erfchweren und die Überfichtlichkeit der Feuerung beeinträchtigen. Bei fehr breiten Kofstflächen, namentlich bei Unterfeuerungen, ift es vorteilhaft, die Kofstfläche durch eine Mauerzunge in zwei völlig getrennte Feuerungen zu teilen. Der Kofst muß ferner in einer bequemen Höhe über dem Fußboden des Heizftandes liegen. Eine praktische Höhe ift 80 Zentimeter. Zweckmäßig ift es, ihn hinten etwas tiefer zu legen, weil er dadurch überfichtlicher und leichter bedienbar wird. Die Neigung des Kofstes nach hinten kann auch deshalb notwendig sein, damit der freie Raum über der Feuerbrücke nicht zu fehr eingeengt wird, wie dies namentlich bei den Lokomobilkeffeln mit ausziehbarem Röhrenfyftem der Fall ift.

Schonung und Abbrand der Kofststäbe. Solange die Verbrennungsluft durch das Feuer hindurch ftreicht, hält sie die Kofststäbe kühl. Wird ihr jedoch der Weg verfperrt, ift also das Feuer verfchlackt oder wird bei vollem Feuer der Effenfchieber heruntergelaffen, fo hört die Abkühlung der Kofststäbe auf, das auf legteren liegende Feuer gibt feine Wärme nach unten ab, fo daß die Kofststäbe nach kurzer Zeit fehr heiß und glühend werden, auf der oberen Fläche verbrennen und fich verziehen. Die Folgen find dann ungleichmäßig weite Kofstspalten und eine ungleiche Kofstfläche, durch welche viel unverbrannte Kohle hindurchtritt und das Abfchlacken erfchwert wird.

Der Abbrand der Kofststäbe tritt ferner fehnell bei ungleichmäßig bedecktem Kofst ein, fo daß die Luft an einzelnen Stellen leicht durch das Feuer hindurchtreten kann, während an den hochbedeckten Kofststellen die Wärme des Feuers nach unten fchlägt und die Kofststäbe befchädigt. Auch bei den Feuerungen mit Luftzufuhr durch die Feuerbrücke (Fig. 31 u. 32) und bei den fchrägften mit abftichendem Schlackenrost (Fig. 26) tritt ein fehneller Verfchleiß der Kofststäbe ein, wenn der Luftzutritt durch die Feuerbrücke zu groß oder durch Schlackenansammlung auf dem Schlackenrost nicht gehemmt wird.

Vor dem Kofte befindet sich die gußeiserne **Schürplatte** (siehe Fig. 21) von etwa 25 Zentimeter Breite und 20 Millimeter Dicke, die dem Heizer bei der Bedienung des Feuers als Auflage für Schaufel und Schürreifen dient. Sie darf nicht zu lang sein, damit der hintere Kofsteil 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 verhindern und dafür ausreichen, daß die Feuertüre, das Feuergeschränk und die vom Kesselwasser nicht gekühlten Flammrohranschlüsse nicht zu hoch erhitzt oder gar verbrannt werden.

An die Schürplatte schließt sich vorn das **Feuergeschränk** 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 Anliegendeflächen 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 Schutzschirm, 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 Feuergeschränk 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 Kofte einen Abschluß zu sichern und soll verhindern, daß beim Verschicken oder Schüren des Feuers Kohle oder Schlacke vom Kofte herunter in den ersten Feuerzug fallen. Sie soll ferner den Feuergasen einen gewissen Widerstand bieten und der Verbrennungsluft an allen Stellen des Kofstes 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 Untertheil, welches bei der Planrostinnenfeuerung zugleich den Aschefall hinten abschließt. Ihre obere Fläche verläuft meist wagerecht; bei Unterfeuerungen wird sie der Kesselrundung entsprechend abgerundet (siehe Fig. 56).

Unterhalb des Feuerraumes liegt der **Ascherraum** oder **Aschefall**, der vorn mit einer Klappe versehen ist, mittels welcher der Luftzutritt zum Feuer geregelt werden kann. Doch ist dies nicht ratsam, da diese Drosse-

lung des Zuges sich im hinteren Teile des Rostes am meisten bemerkbar macht und einen ungleichmäßigen Abbrand zur Folge hat; auch entsteht durch den vollen Schornsteinzug in den Feuerzügen eine Luftverdünnung, so daß durch das Mauerwerk sehr viel kalte Luft angefaugt wird und die Heizgase abgekühlt werden. Die Aschefallklappen sind daher nur unter gewissen Umständen, z. B. beim Abschladen, Schüren und Ausgleichen des Feuers, zu benutzen, damit die Flamme bei diesen Arbeiten nicht aus der Feuerung herausgeschlagen und den Heizer verletzen kann. Zu Beginn der Betriebspausen, während welcher der Essenschieber herabzulassen ist, sind sie ebenfalls zu schließen, um den Zutritt kalter Luft zu den Feuerungen, Flammrohren und sonstigen Kesselteilen zu verhindern.

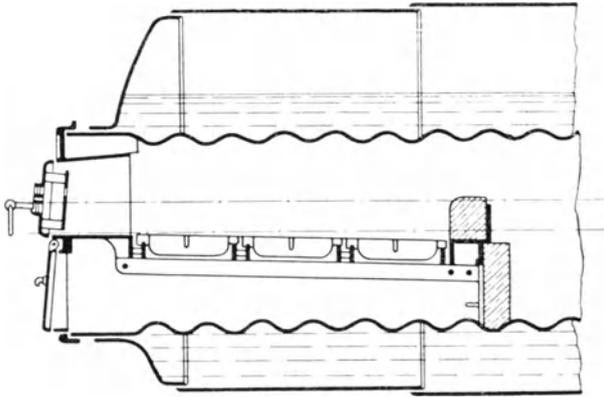


Fig. 21. Die Planroststinnenfeuerung.

Bei den Lokomotiven, bei denen infolge des Fehlens des Mauerwerks das oben erwähnte Nachsaugen von falscher Luft nicht eintreten kann und kein Essenschieber vorhanden ist, dienen die Aschefallklappen allerdings ausschließlich zur Regelung des Luftzuges. 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 ab und dient zugleich zur Kühlung der Roststäbe. Bei den Planroststinnenfeuerungen erhält der Unterteil der Feuerbrücke mitunter im Ascheraum eine Öffnung zum Herausziehen der Flugasche aus dem Flammrohr, die während des Betriebes durch einen leicht herausziehbaren Deckel verschlossen wird.

Die **Planrostinnenfeuerung** (Fig. 21, S. 41) 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 des Feuers wird daher sehr gut ausgenutzt, während die Verluste durch Wärmeausstrahlung nach außen (durch das Feuergeschränk) 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.

Die **Planrostunterfeuerung** (Fig. 22 und 23) liegt unter dem Kessel. Sie ermöglicht sehr breite Rostflächen und wird für Kesselarten, den Walzenkessel, 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 Feuerhize beschädigt werden. Bei Walzenkesseln wird der untere Teil der vorderen Rundnaht zum Schutze gegen die Flammen mit Mauerwerk verkleidet, da anderenfalls im Bleche leicht Rantenrisse 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 **Planrostvorfeuerung** (Fig. 24, S. 44) 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 Verbrennungsraum herrscht daher eine höhere Temperatur als bei Innen- und Unterfeuerungen, so daß die beim Beschicken des Rostes unvermeidliche Abkühlung der Feuerung schnell wieder ausgeglichen und bei genügender Luftzufuhr eine sehr gute Verbrennung der Kohle erreicht wird. Trotzdem ist die Planrostvorfeuerung 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.

¹⁾ Fig. 21 bis 24 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Faier, Dampfkesselfeuerungen“, 2. Aufl. entnommen.

Ferner braucht die Vorfeuerung einen größeren Raum und beeinträchtigt den Übergang der strahlenden Wärme des Kesselfeuers in die ersten Kessel-

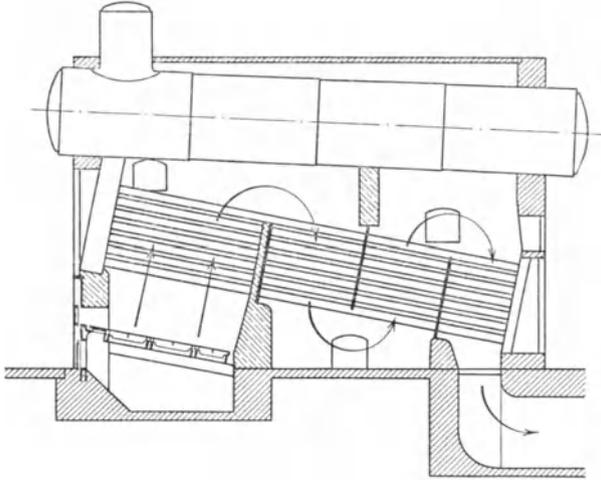


Fig. 22. Senkrechte Gasführung.

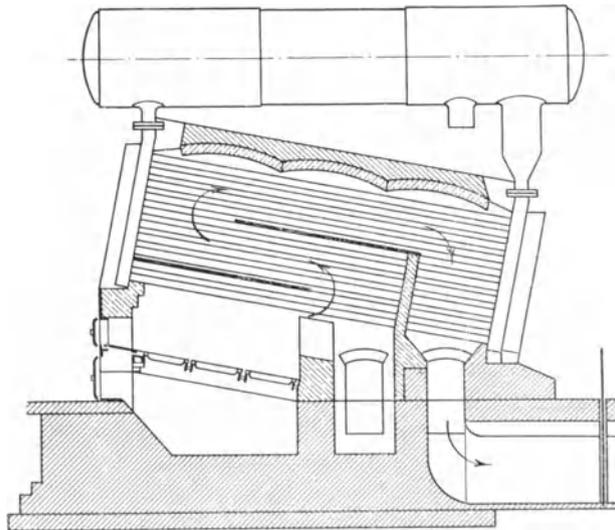


Fig. 23. Wagerechte Gasführung (hat den Nachteil, daß sich die Flugasche im Winkel zwischen der wagerechten Platte und der vorderen Wasserammer ansammelt).

heizflächen. 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 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

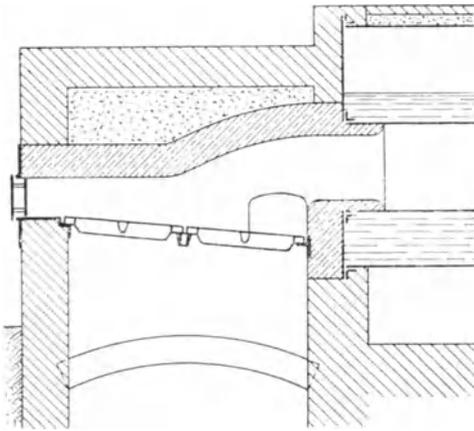


Fig. 24. Die Planrostvorfeuerung.

auch für derartige Brennstoffe die reine Planrostvorfeuerung selten angewendet, sondern man gibt den Schüttfeuerungen mit muldenförmigem Roste oder der später zu besprechenden Treppenvorfeuerung 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 Effenzug völlig abgesperrt ist, damit sich die Feuerung nicht zu weit abkühlt. Risse im Mauerwerk sind sorgfältig zu verschmieren. Beim 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 Treppenrostfeuerung (Fig. 25). 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

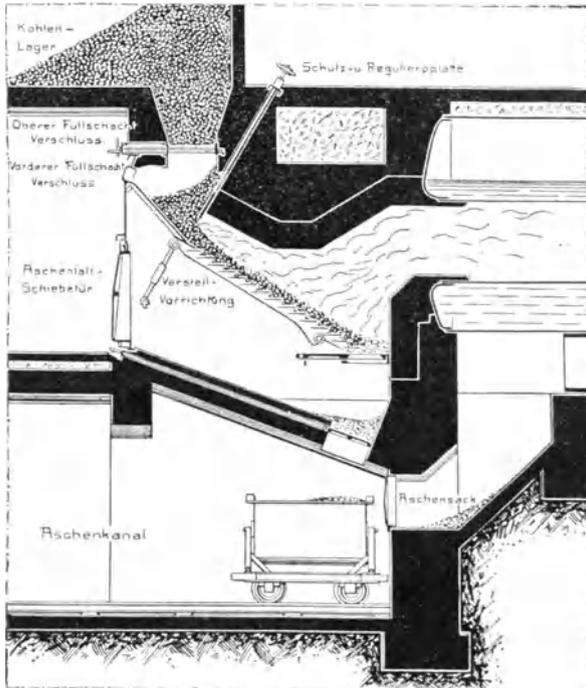


Fig. 25. Die Treppenrostfeuerung von Topf & Söhne.

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 die Schlacke und Asche sich ansammeln. Damit sich letztere beseitigen lassen, muß der Schlackenrost vom unteren Ende des Treppenrostes abstehen und nach vorn geneigt liegen, oder er muß als Schieber ausgebildet 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 Hakens 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 Treppenrost-

feuerungen 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. Treppenrostfeuerungen für zeitweilig wechselnde Brennstoffe erhalten daher Roste 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. 25). Durch Auf- und Niederdrehen der Schrauben kann man die Schräge des Rostes verändern. Die Rostschräge soll so eingestellt sein, daß die Kohlenschicht unten dünner liegt als oben. Ist der Rost zu steil, so stürzt die Kohle nach dem unteren Teil des Rostes, 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 Fülltrichters mehr öffnet, so daß auf dem oberen Teile des Rostes eine sehr dicke Kohlenschicht lagert.

Der Treppenrost läßt bedeutend weitere Rostspalten 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 Roststäbe beim Verfeuern von hochwertiger Kohle durch Verbrennen stark ab, weil sie der Glutschicht eine größere Berührungsfläche darbieten. Es sind daher immer einige Roststäbe vorrätig zu halten, und namentlich die unteren Roststufen müssen leicht auswechselbar sein. Im übrigen ist es völlig verkehrt, wenn jemand auf dem Treppenrost badende Kohle oder Steinkohle mit hohem Schlackengehalt oder von hoher Heizkraft verfeuert.

Bei der Treppenrostfeuerung ist das Anheizen infolge der schrägen Lage des Rostes 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 Kesselfplatten 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 Schrägrostfeuerung (Fig. 26). Der Rost der Schrägrostfeuerung ist ein schräg gestellter Planrost, der oben an einen gußeisernen Schüttkasten

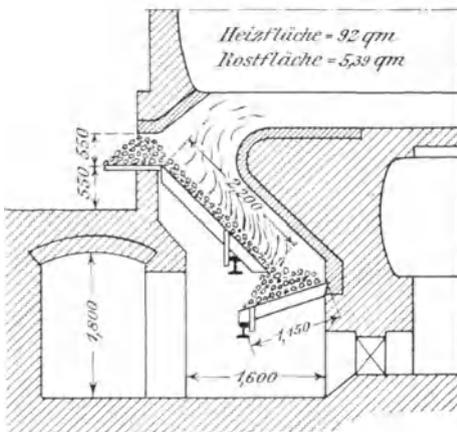


Fig. 26. Die Schrägrostfeuerung.

und unten an einen kleinen Planrost anschließt. Der Schüttkasten hat, wie beim Treppenroste, einen Auslaufschieber, womit die Beschickung der Feuerung geregelt wird. Häufig werden die 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 Rostes schiebt

dann der Heizer diesen in- zwischen entgasteten Kohlenhaufen mit der umgedrehten Schaufel herunter auf den Schrägrost und legt dann auf die Schürplatte frische Kohlen auf.

Die Roststäbe der Schrägrostfeuerung erhalten meist die Länge der Feuerung. Da ihre unteren Enden sehr dem Abbrande unterworfen sind, richtet man die Roststäbe zum Umdrehen ein oder bringt an jedem Roststabe unten einen auswechselbaren Rostschuh an. Im übrigen ist die Betriebsweise die nämliche wie beim Treppenroste. Schrägrostfeuerungen verwendet man namentlich für Sägespäne und für feuchten Kohlen Schlamm aus den Kohlenwäschen. Der Schrägrost eignet sich nicht für schlackenhaltige und backende Brennstoffe, da sich Störungen im Feuer schwieriger als bei den anderen Feuerungen beseitigen lassen. Fig. 27 zeigt einen Schrägrost für Steinkohlenfeuerung und Fig. 28 einen solchen für Braunkohlenfeuerung.

Der hauptsächlichste Unterschied zwischen beiden besteht in den Rostspalten, die bei ersterem nahezu wagerechte, bei letzterem senkrechte 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. 26) 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.

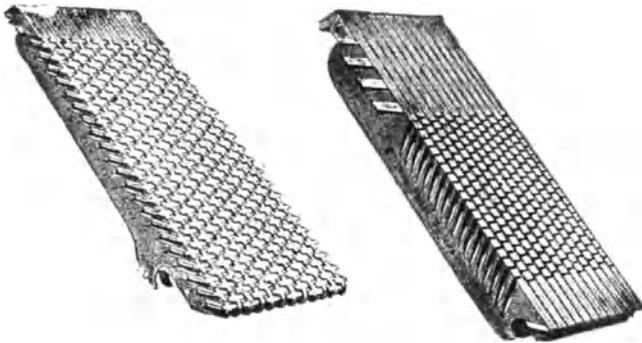


Fig. 27 und 28. Schrägrost mit wagerechten und senkrechten Rostspalten.

Die **Schonung der Schrägroste** beruht darin, daß der Heizer auf eine genügende Schlackenansammlung auf dem Schlackenroste achtet. Ist dies nicht der Fall, geht zu viel Luft durch den Schlackenrost hindurch, so wird der durch den eigentlichen Feuerrost hindurch gehende Luftstrom zu sehr geschwächt, der Feuerrost wird nicht genügend gekühlt und seine Roststäbe brennen an den unteren Enden schnell ab und müssen häufig erneuert werden.

Eine in Süddeutschland häufige Schrägrostfeuerung ist die von mehreren Kesselschmieden ausgeführte **Tenbrinkfeuerung** (Fig. 29). Dieselbe befindet sich bei den Walzenkesseln in der sogenannten Tenbrinkvorlage, die aus einem quer zum Kessel liegenden Walzenkessel besteht, in welchem in ein oder zwei Feuerrohren der Rost untergebracht ist (siehe Fig. 61). Bei dieser Feuerung können die auf dem unteren Teile des Rostes entstehenden Gase über den allmählich nach unten wandernden Brennstoff hinwegziehen, wodurch dessen Entgasung und die Verbrennung der Rauchgase beschleunigt werden, wie dies auch für die Schrägrostfeuerung Fig. 26 zutrifft.

Für **Sägeespäne** hat sich eine patentierte Schrägfeuerung bewährt, bei der der Kofst aus dicht nebeneinander gelegenen U-Eisen von etwa 120 Millimeter Breite besteht. Die Kofstbahn ist bei diesem Kofste eine glatte Ebene. Die Feuerung muß in diesem Falle reichlich bemessene Luftzufuhr im Mauerwerk über dem Kofste erhalten, weil eigentliche Kofstspalten fehlen und die Verbrennung der Sägeespäne sich unter der Wirkung der Glühhitze des Feuerraumes auf der oberen Fläche der Brennstoffschicht vollzieht. An Stelle des unteren Plankofstes werden gelochte gußeiserne Platten von etwa 250 Millimeter Breite angebracht. Da sich die U-Eisen am unteren Ende durch Abbrand erheblich abnutzen, wird dieses Ende — etwa auf eine Länge

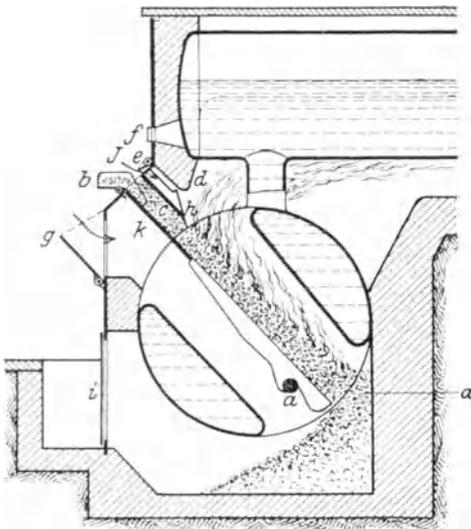


Fig. 29. Lenbrinkfeuerung der Maschinenfabrik Eßlingen. Die Klappe e dient zum Einlaß von Luft zum Verbrennen der Rauchgase (siehe Abschnitt V).

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. 30) zeigt eine patentierte Muldenrostfeuerung mit Reguliereinrichtung von Fränkel & 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

von 150 Millimeter — besonders angelegt und zum Abschrauben eingerichtet, so daß es je nach Bedarf leicht ausgewechselt und der Kofst ohne große Kosten in Ordnung gebracht werden kann.

Die Muldenrostfeuerung.

Bei dieser Feuerung bildet der Kofst eine Mulde, auf welcher die Kohle infolge des Abbrandes zum Teil selbsttätig nachrutscht oder heruntergeschoben werden muß. Der stärkste Brand findet an der tiefsten Stelle des Kofstes statt, während die von oben nachstürzende Kohle zuerst an die höher gelegenen Seiten der Kofstmulde gelangt und hier

dem jeweiligen Verbräuche 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 Koft wieder frisch beschickt werden, so ist durch Drehen an den Gliedern die Kohle auf den

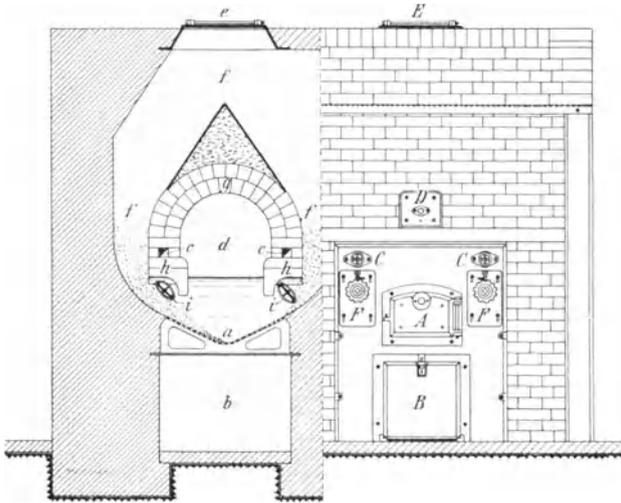


Fig. 30. Die Muldenrostfeuerung.

Koft 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* 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 Reguliermuldenrostfeuerung eignet sich nur für minderheizwertige Brennstoffe, wie Braunkohle, Lohe, Holzabfälle usw., woraus sich auch ihre vielfache Anwendung in dem mitteldeutschen Braunkohlenggebiet erklärt.

V. Die rauchverhütenden Dampfkessel- feuerungen.

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 Effenzug 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 Dampfkesselfeuerungen 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 Effenzug 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.

Die Verbrennung des Rauches durch Zusatzluft. 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 Feuerraume bewirken. Man geht hierbei davon aus, daß der Luftbedarf im Verbrennungsraume gleich nach dem Beschicken 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 Zugluft nach dem Beschicken 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 Kohlenersparnis, 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

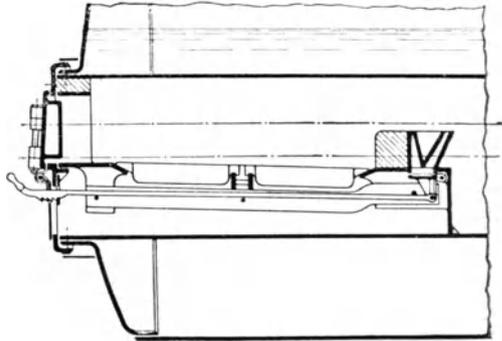


Fig. 31. Rauchverzehrende Feuerung mit Zusatzluft durch die hohle Feuerbrücke.

sehr heiß werden und hierdurch die Entzündung der mit Luft durchsetzten unverbrannten 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 Kühlung der Feuertüre.

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

vom Heizerstande aus mehr oder weniger geöffnet und geschlossen werden kann (Fig. 31, S. 53).

Die Firma Thost in Zwickau fertigt eine sogenannte **Heißluftfeuerbrücke** (Fig. 32) an, bei welcher die Feuerbrücke gleichfalls hohl ist und von Verlängerungen der einzelnen Kofststäbe gebildet wird. Die Zusatzluft wird durch zahlreiche feine Öffnungen im Kopfe der Feuerbrücke in viele

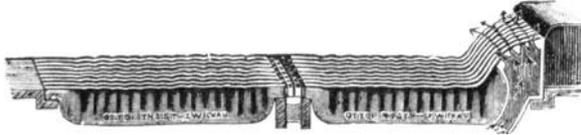


Fig. 32. Rauchverzehrende Heißluftfeuerbrücke von Thost in Zwickau i. Sa.

dünne Strahlen zerlegt und an der eisernen Feuerbrücke sehr gut vorgewärmt. Unterhalb des Kofstes ist an der Feuerbrücke gleichfalls eine von Hand verstellbare 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.

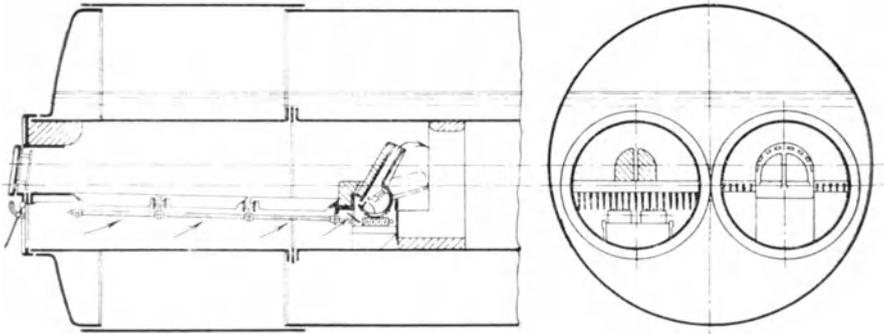


Fig. 33 und 34. Storbeck'sche Feuerbrücke mit Rauchverzehrung.

Die Firma Storbeck in Dresden (Fig. 33 und 34) verwendet eine leichte Aluminiumklappe, die im Hohlraume der Feuerbrücke pendelnd aufgehängt ist und vom Schornsteinzug selbsttätig reguliert wird. Ist der Kofst frisch beschickt, so stößt die Luft in dem Kohlenfeuer auf größeren Widerstand, und es wird infolge der Saugwirkung des Schornsteines

¹⁾ Fig. 31, 33 u. 34 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Haier, Dampffesselfeuerungen“, 2. Aufl. entnommen.

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 durchstreichenden 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.

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 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 schärfer beaufsichtigen und mit größerer Fachkenntnis 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 maschinellern 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. 35) weite Verbreitung gefunden. Jedes Flammrohr hat zwei Schleuderräder e, 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 Prellklappe f, so daß sie von der freien Flugbahn abgelenkt wird und gleichmäßig auf allen Stellen des Kofstes niederfällt. Dem Wurfradgehäuse wird die Kohle aus dem Kohlenrichter 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 Wurfkrädern. Die Speisewalze wird durch einen auf- und niedergehenden

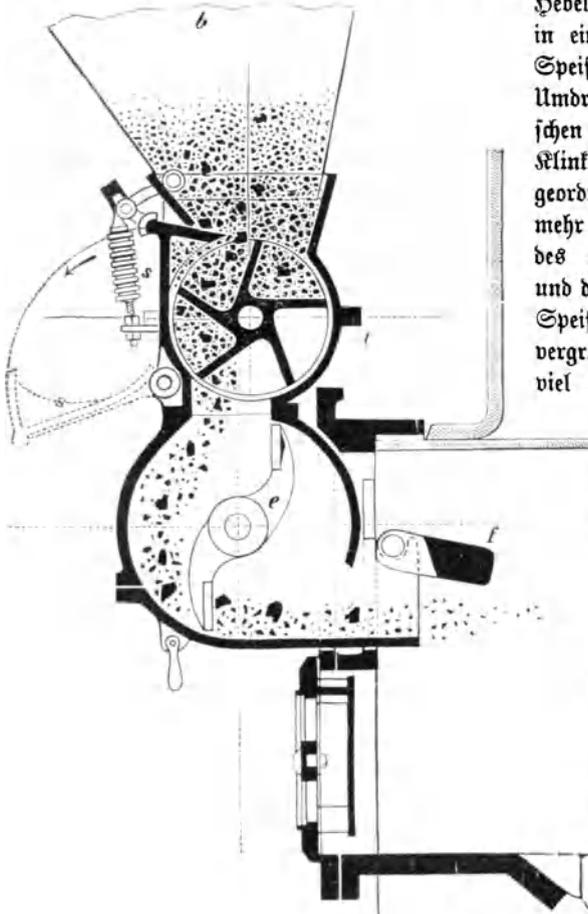


Fig. 35. Leachapparat.

Hebel, der mit einer Klinke in ein Klinkenrad auf der Speisewalze eingreift, in Umdrehung versetzt. Zwischen der Klinke und dem Klinkenrad ist ein Blech angeordnet, mit welchem man mehr oder weniger Zähne des Klinkenrades abdecken und die Umdrehungszahl der Speisewalze verringern oder vergrößern kann, 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 Gehäuswand 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 Wurfgehäuses ist zum Herausziehen eingerichtet, damit

Hebel, der mit einer Klinke in ein Klinkenrad auf der Speisewalze eingreift, in Umdrehung versetzt. Zwischen der Klinke und dem Klinkenrad ist ein Blech angeordnet, mit welchem man mehr oder weniger Zähne des Klinkenrades abdecken und die Umdrehungszahl der Speisewalze verringern oder vergrößern kann, 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 Gehäuswand 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

man etwaige Störungen im Wurfradgehäuse schnell beseitigen kann. Eine drehbare Blattfeder sichert die Wand gegen selbsttätige Lockerung. Leichte Klemmungen sind durch einfaches Rütteln zu beseitigen. Unten ist der Feuerungsapparat mit Feuertüren versehen, welche gestatten, daß der Kessel angeheizt, das Feuer abgeschlackt 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 fortierte 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 grushaltiger 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 Wurfräder schneller laufen lassen. Zu diesem Zwecke erhält der Apparat einen Stufenscheibenantrieb. Der Apparat muß namentlich beim Verfeuern größerer 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 Lauflassen der Speisewalze c. verringern.

Die Wurf- oder Katapultfeuerungen. Da man mit den Leachapparaten 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. 36 u. 38) unterscheiden sich von dem besprochenen Leachapparat im wesentlichen dadurch, daß man zum Beschicken des Feuers statt der schnell rotierenden Wurfräder eine hin- und herschwingende Schaufel verwendet, die durch eine langsam rotierende Scheibe mit drei, bei langen Kofsten vier Anaggen (Fig. 36) allmählich zurückgedreht wird und hierbei zwei mit ihr fest verbundene Federn anspannt. Sobald eine Anagge frei wird, schnellt 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 Wurfschaufeln während einer Umdrehung der

Knaggen Scheibe drei verschieden starke Spannungen. Infolgedessen erfolgt die Beschickung des Kofes derart, daß die vor den Wurfschaufeln aufgeschüttete Kohlenmenge abwechselnd einmal auf den hinteren, den mittleren und den vorderen Teil des Kofes geworfen wird. Damit sich die Kohle auch gleichmäßig auf der Kofbreite verteilt, versteht man die Schaufeln auf der Wurfsseite mit einem in der Mitte spitz zulaufenden Aufsatz, dessen

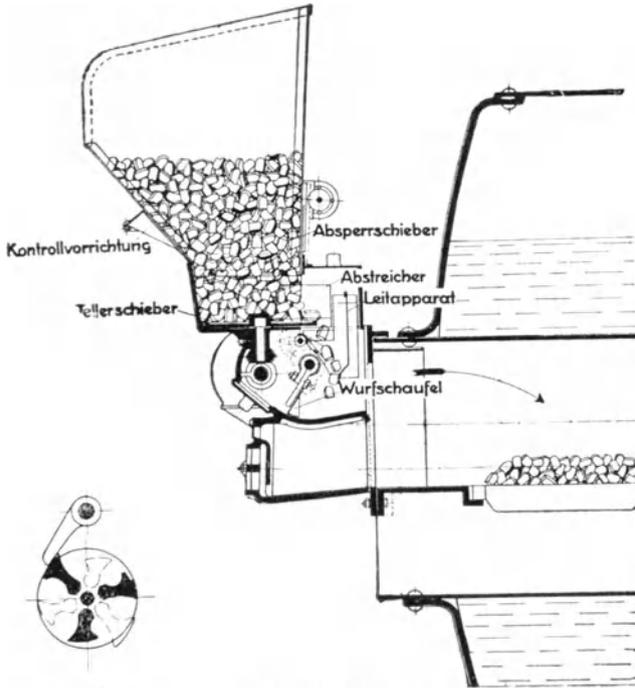
Fig. 37¹⁾.

Fig. 36. Wurfffeuerungsapparat.

Form und Größe nach der Art der Kohle und der Länge und Breite des Kofes zu wählen ist.

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

¹⁾ Fig. 37, 39, 40, 41, 42 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Gaier, Dampffesselfeuerungen“, entnommen.

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 Verteilungs-

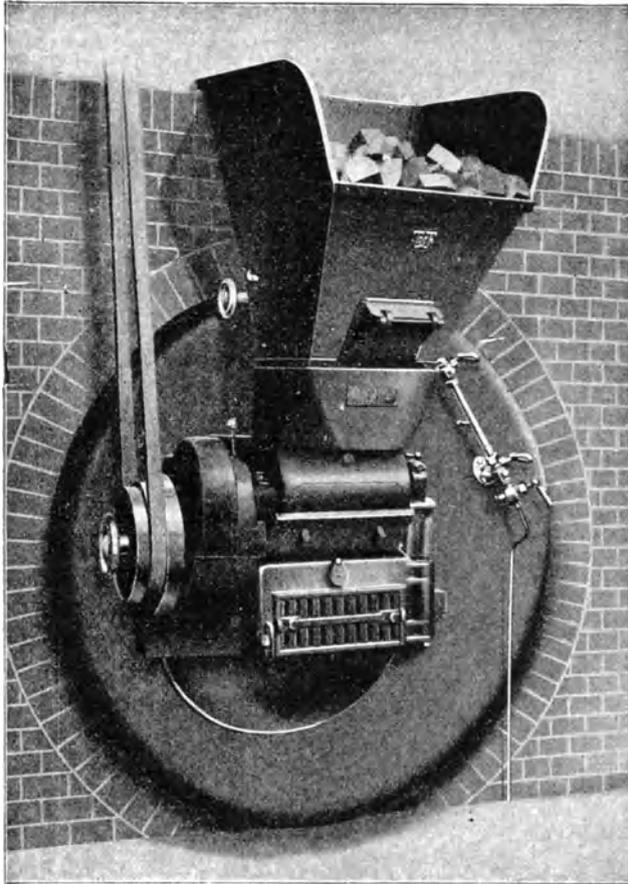


Fig. 38. Wurffeuerungsapparat von Topf & Söhne, Erfurt.

schiebers, wodurch derselbe mehr Kohle vor die Wurfschaufel 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 Briketts 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 Blechwalze zum Zerkleinern der Kohlenstücke aus. Die Bedienung des Feuers ist ähnlich wie beim Leachapparat. Bei Wurfschauselfeuerungen ist besonders darauf zu achten, daß die Federn an den Schaufeln gut imstande sind; werden sie im Laufe der Zeit schlaff, so wirft der Apparat die Kohle nur auf den vorderen Teil des Kofes, während die hintere Koffläche 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 Wurfschauselfeuerungen mit einer Feuertüre versehen, welche das Abschlacken und nötigenfalls auch die Handbeschickung des Feuers beim Anheizen oder bei Betriebsstörungen ermöglichen.

Feuerungen mit wandernder Brennstoffsicht. 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 Kofes aufgegeben und während der Verbrennung allmählich nach hinten befördert. Während bei den eben besprochenen Feuerungsapparaten mit Schleuderrädern und Wurfschaukeln das Feuer beim Abschlacken und zeitweiligem Ausgleichen der Brennschicht noch Handbedienung erfordert, fallen auch diese Handgriffe bei den Feuerungen mit wandernder Brennschicht noch weg. Die Schlacke wird am Ende des Kofes selbsttätig abgehoben oder von den in der Längsrichtung langsam hin- und herschwingenden Kofen (den Schüttelkofen) vom Kofe heruntergestoßen. Das Feuer ist bei diesen Kofanlagen keinerlei Störungen durch Abschlacken 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 eigentliche Grund, weshalb er erst neuerdings in Deutschland rasche Verbreitung gefunden hat, ist der, daß man für die jetzt vielfach üblichen sehr großen Wasserröhrenkessel eine sehr große Koffläche braucht, die weder mit der Hand noch mit den besprochenen Wurfffeuerungen in zufriedenstellender Weise beschickt werden kann. Er besteht aus sehr kurzen, etwa je 25 Zentimeter langen Kofstäben, die, wie beim gewöhnlichen Planrost,

reihenweise nebeneinander liegen und an den Enden durch Bolzen zu einer endlosen Kette verbunden sind. Fig. 39 und 40 stellen den Kettenrost von Zutt im Schnitte und in der Ansicht dar.

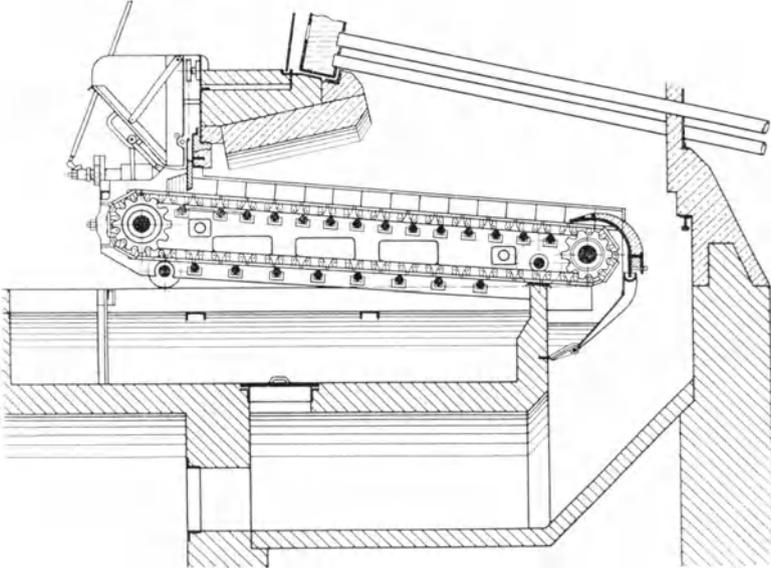


Fig. 39. Wanderrost von Zutt.

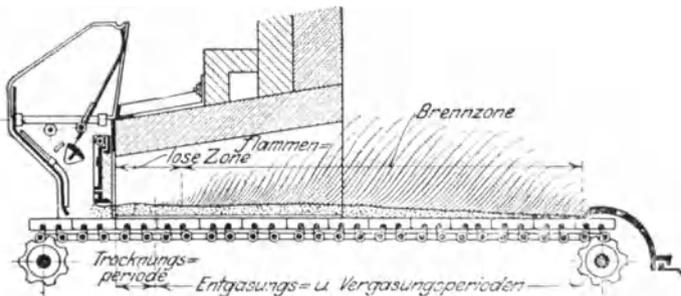


Fig. 39a¹⁾. Verbrennungsverlauf von feuchter oberbayerischer Gruskohle mit hohem Gas- und geringem Kohlenstoffgehalt auf einem Wanderrost.

¹⁾ Fig. 39a ist mit Genehmigung der Redaktion aus der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Jahrgang 1917, entnommen.

Die Kettenroste 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 untere Teil desselben herauswandert. Über dem vorderen Teil des Rostes

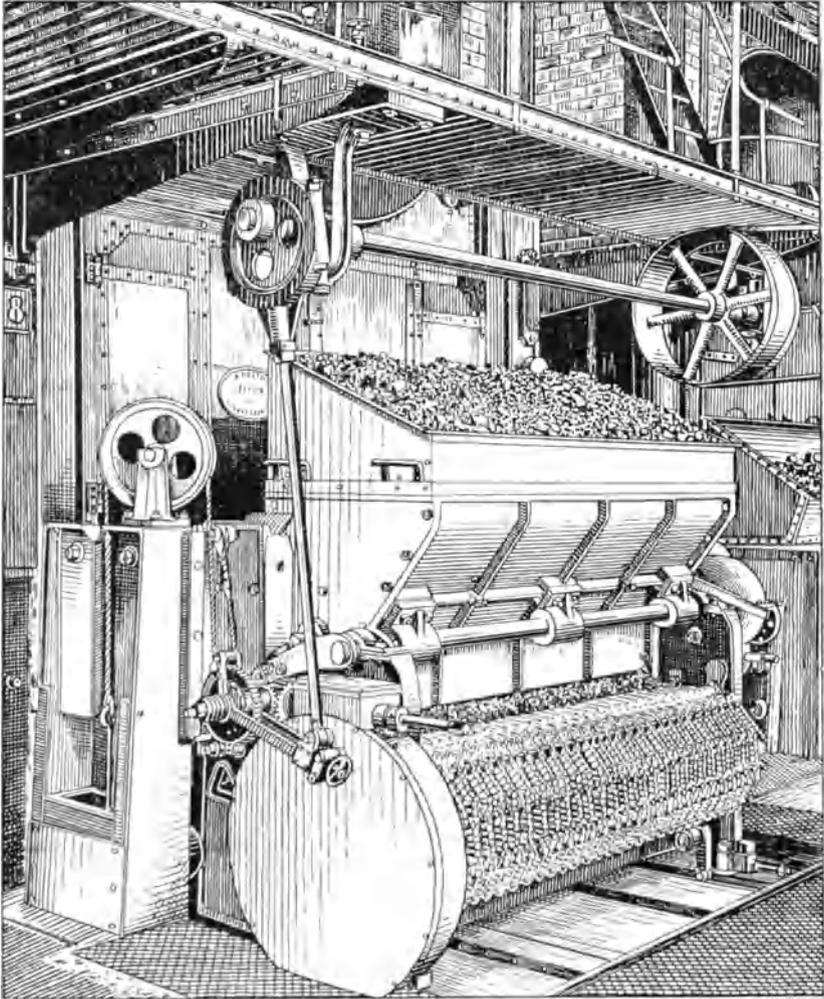


Fig. 40. Wander- oder Kettenrost.

ist ein Fülltrichter angebracht, aus welchem die Kohle auf die ganze Rostbreite 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 Wasserröhrenteffeln nicht zu nahe an die Siederohre heranreichen, da die Röhre 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, mefferartigen Kante vermöge seines Gewichtes auf dem Roste aufliegt (siehe Fig. 39). 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. Unter dem Schlackenstau ist eine von außen drehbare Klappe, welche während des Betriebes dicht zu verschließen ist, angeordnet, mittels welcher man die Schlacke in den Aschefall herunter fallen lassen kann. Auch bei forciertem Betrieb muß darauf geachtet werden, daß die Kohle am Schlackenstau möglichst gut durchgebrannt ist und sich dort nicht in großen Mengen ansammelt, da andernfalls der Schlackenstauer, trotz einer mitunter angebrachten Dampfkuhlung, sowie die hinteren Teile des Feuerraumes zerstört werden. Die Kohle entgast und verbrennt auf der vorderen Hälfte oder dem vorderen zweidrittelsten 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 absperrern kann. Wichtig ist, daß in einer frei

liegenden Wand des Feuerraumes Schaulöcher zur Beobachtung des Feuers vorhanden sind, damit man die Geschwindigkeit des Kofes und die Schichthöhe des Feuers richtig einstellen und auch bei ungünstiger Schlackenbildung auf dem Kofe mit einem Schürhaken nachhelfen kann. Bei manchen Kettenrosten wird auch die Schürstange von vorn unter dem Kohlentrichter hinweg durchgeschoben. Das Regulieren des Feuers, also das Anpassen an den Dampfverbrauch, soll nicht durch Verändern der Schichthöhe, sondern durch schnelleren oder langsameren Gang des Kofes erfolgen. Der Wanderrost kann Belastungen nicht sofort folgen. Wird plötzlich viel Dampf gebraucht, so muß das Schaltwerk für den Kof auf den schnellsten Gang gestellt, nötigenfalls die Schichthöhe vergrößert und der Rauchschieber mehr geöffnet werden. Im äußersten Fall kann der Heizer mit der Handkurbel am Schneckenradantrieb durch je drei- oder viermaliges Herumdrehen in kurzen Zwischenräumen nachhelfen. Wird plötzlich wenig Dampf gebraucht, soll das Feuer also abgeschwächt werden, so darf der Kof keineswegs längere Zeit stillgesetzt werden, da sonst die Kohle auf dem ganzen Kof abbrennt, leicht in den Fülltrichter übergreifen und letzteren durch Abbrand schwer beschädigen kann. Steine und Eisenstücke (Grubennägel) sind aus der Kohle, soweit sie sichtbar sind, zu entfernen, da die Kofglieder abplagen können, wenn sie sich in den Kofspalten festsetzen. Macht sich hierbei ein knarrendes Geräusch bemerkbar, so ist der Kof sofort stillzusetzen und mittels der Handkurbel vor- und rückwärts zu bewegen, bis er sich anstandslos weiter drehen läßt. Jede Anwendung von Gewalt ist hierbei zu vermeiden, sollen die Kofglieder nicht durch Bruch beschädigt werden. Beim Ausfahren des Kofes löst man zunächst etwaige Verschraubungen desselben mit dem Mauerwerk und sehe im übrigen darauf, daß der Kof gleichmäßig und nicht einseitig gezogen wird, was auch für das Einfahren gilt.

Die Kofkette ist zum Spannen eingerichtet. Es sei jedoch hervorgehoben, daß sie nicht zu straff gespannt werden darf, da dies nur schweren Gang des Kofes und schnelle Abnützung der Gelenkstäbe an den Kofgliedern zur Folge hat. Im übrigen darf der Kof nur in **kalttem Zustand** gespannt werden, also nicht während des Betriebes, da der heiße Kof sich beim Erkalten zusammenzieht. Vor jeder Inbetriebnahme ist der Kof mit der Hand zu bewegen und auf leichten Gang zu prüfen. Während der Betriebspausen ist die Auslaßöffnung für die Kohle am Trichter zu verschließen, der Kof ein kurzes Stück laufen zu lassen und mit Asche zu bedecken, um das andernfalls leicht mögliche Vorbrennen des Feuers und Abschmelzen des Trichters sicher zu verhüten.

Für die Wanderroste eignen sich im allgemeinen alle Kohlenforten bis zu 50 Millimeter Korngröße, doch soll die Steinkohle nicht zu ungleichmäßig fein. Wird Förderkohle verfeuert, so müssen alle Stücke über 50 Millimeter Korngröße sorgfältig klein geschlagen werden. Starkohle ist vor dem Aufgeben anzufeuchten, damit nicht zuviel davon durch den Koft hindurchfällt. Häufig bringt man aus diesem Grunde eine Tropfleitung über dem Trichter an. Durchfallende Kohle ist wieder im Trichter mit aufzugeben.

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. Die Zugluft strömt zunächst durch den unteren Teil des Kofes, sie wird also gut vorgewärmt und hält dabei die Kofstäbe kühl. Beim Anheizen ist das Mauerwerk des Feuerraumes auf genügend hohe Temperatur zu bringen, andernfalls ist beim Einrücken des mechanischen Kofantriebes 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. Dadurch, daß das Feuer keine Unterbrechungen durch Beschicken und Abbläcken 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.

Die Unterwindfeuerungen. Für schwer entzündliche oder geringwertige Brennstoffe, wie Kohlengruß, Schlamm oder Koksgruß, wendet man vielfach die Unterwindfeuerung 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 benützt 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. 41, 42) ist der Aschefall ein geschlossener Behälter, an dessen vorderer Stirnwand ein gußeisernes Rohr mit einem Dampfstrahlgebläse angebracht ist. Durch das Gebläse wird die Außenluft injektorartig in den Behälter eingeblasen. Letzterer ist in den meisten Fällen oben statt mit Kofstäben mit gußeisernen Kofplatten von etwa 30 Millimeter Dicke abgedeckt, in denen an Stelle von Kofspalten zahlreiche kleine düsenartige Löcher vorhanden sind, die an der oberen Seite etwa 3 bis 7 Millimeter, unten 20 bis 25 Millimeter im lichten Durchmesser weit sind. Werden Kofstäbe verwendet, so macht man die Kofspalten nur 2 bis 3 Millimeter weit und erweitert sie gleichfalls nach unten. Durch die konische Form der Kof-

öffnungen wird 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.

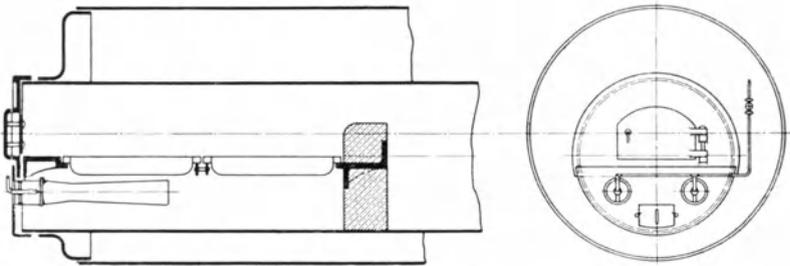


Fig. 41 und 42. Unterwindfeuerung mit Dampfstrahlgebläse.

Bei fallender Dampfspannung ist die Wirkung des Gebläses durch Aufdrehen des daran angebrachten Dampfventils zu verstärken, damit das 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 Aschefalls ist zum Zwecke des zeitweiligen Ausräumens der durch den Rost hindurchgefallenen Asche 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 Unterwind-

feuerungen 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 Feuergeschränke ausstrahlt, und mitunter das ganze Kesselhaus sehr heiß wird. Bevor der Heizer die Feuertür 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 Nothbehelf zu betrachten.

Gasfeuerungen. Bei den Gasfeuerungen ist zur Verhütung von Gasexplosionen darauf zu achten, daß sich während der Betriebsstillstände keine Gemische aus unverbrennten 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. Stark ruhende Flammen beweisen, daß zu wenig Luft und zu viel Gas zugeführt werden. Der Heizer muß in solchen Fällen durch teilweises Schließen der Absperrschieber die Gaszufuhr verringern, bis die Flamme keine Rußwolken mehr ausstößt. Beim Anheizen des Kessels muß der Heizer zunächst den Essenschieber aufziehen, die Feuerzüge eine Weile entlüften und erst hierauf das Gas einströmen lassen und sofort anzünden.

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 insofgedessen 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 Schamottemauerwerk 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.

Nebenstehende Fig. 43 zeigt den Gasfeuerungsapparat der Westfälischen Maschinenbau-Industrie Gust. Moll & Co., A.-G. in Neubeckum, die zur Sicherheit gegen Gasexplosionen so eingerichtet ist, daß das Anzünden nur erfolgen kann, wenn der Apparat von der Feuerung abgeschwenkt ist.

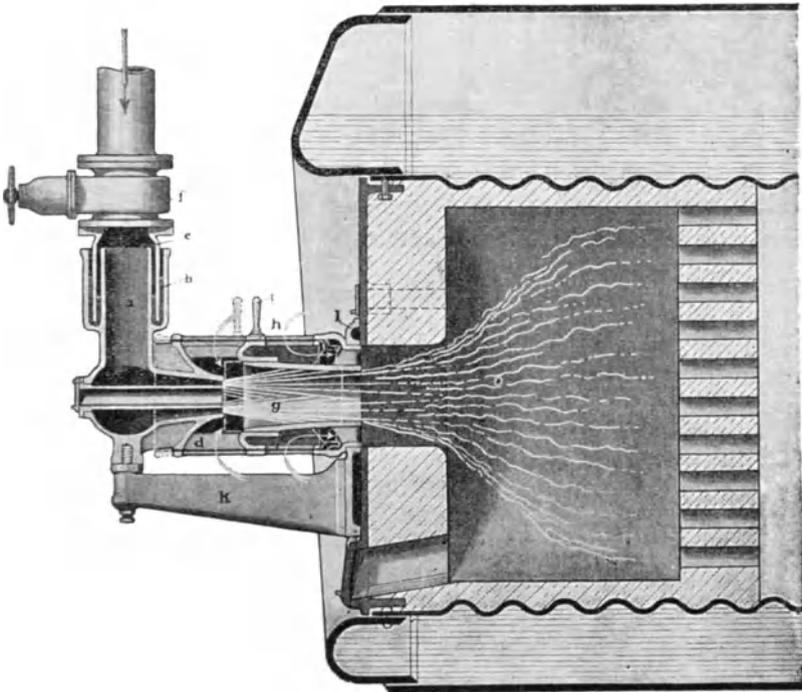


Fig 43. Gasfeuerung an einem Flammenrohrkessel

Trotzdem der Kohlen säuregehalt der Heizgase bei den Gasfeuerungen nahezu die theoretische Grenze erreicht und 18 bis 19 Prozent beträgt, darf hieraus nicht ohne weiteres der Schluß gezogen werden, daß sie billiger arbeiten als die Steinkohlenfeuerungen, bei denen, wie wir sahen, der bestmögliche erreichbare Kohlen säuregehalt 14 Prozent beträgt, da das in den Gasfeuerungen benutzte Gas vorwiegend aus Kohlenoxydgas besteht, zu dessen Erzeugung allein nahezu ein Drittel der in der Kohle enthaltenen Wärme aufgewendet werden muß.

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 mit einem als Wärmespeicher dienenden Schamottemauerwerk ausgemauert und mit regelbarer Luftzufuhr versehen sein. Die Teerfeuerungen zeichnen sich wie die Gasfeuerungen durch hohe Temperatur im Feuerraume aus und arbeiten mit geringerem Luftüberschuß als die Kohlenfeuerungen, da sich der Teer infolge seiner feinen Zerstäubung sehr innig mit der Verbrennungsluft mischen läßt. Der Kohlen säuregehalt der Heizgase steigt bei 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 zerstäubt 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 zerstäubt, so vermag die Teerfeuerungen 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. 45 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.

VI. Die Feuerzüge und der Schornstein.

Bei der Heizgasführung sind folgende Gesichtspunkte zu beachten.

1. Die **Wärmeentziehung.** Die Wärme der Heizgase ist bis an die zulässige Grenze in den Kessel überzuführen.
2. Der **Wasserumlauf.** Die Heizgase müssen den Wasserumlauf im Kessel fördern.

3. Die **Zugverluste**. Die Zugkraft des Schornsteins darf nicht durch falsche Heizgasführung gemindert werden.
4. Die **Reinigung und Zugänglichkeit der Feuerzüge**. Die Feuerzüge müssen sich bequem reinigen lassen und für die Reinigung und Besichtigung der Kesselwände zugänglich sein.
5. Das **Mauerwerk** muß haltbar sein und die Heizgase nach außen genügend abschließen.

Die Feuergase werden nach ihrer Entstehung im Feuer in Kanälen (den Flammrohren, Rauchrohren, gemauerten Feuerzügen) durch den Kessel hindurch oder um ihn herum geleitet, wobei sie ihre Wärme abgeben und sich allmählich abkühlen. Die innen vom Wasser, außen von den Heizgasen bespülten Kesselwandungen nennt man die **Heizfläche** des Kessels. Nicht zur Heizfläche werden die im Dampfraum gelegenen Kesselwandungen gerechnet, auch wenn sie von den Heizgasen bestrichen werden, sowie die Heizflächen der Dampfüberhitzer und Wasservorwärmer, obgleich sie die Leistung der Kesselanlage beträchtlich steigern. Direkte Heizfläche nennt man die hochwertige, in und dicht hinter dem Feuerraum gelegene, von der strahlenden Wärme des Feuers betroffene Heizfläche. Auf einem Quadratmeter derselben verdampft bei einem Zweiflammrohrkessel ungefähr dreimal soviel Wasser wie auf einem Quadratmeter der übrigen, der sogenannten indirekten Heizfläche; die Heizgase geben ihre Wärme umso schneller ab, je höher ihre Temperatur über derjenigen des Wassers im Kessel liegt. Sind sie bis in die Nähe der Wassertemperatur, auf etwa 250°—300° Celsius abgekühlt, so wird ihre weitere Wärmeabgabe sehr gering, und eine Verlängerung der Züge oder eine Vergrößerung der Heizfläche oder des Kessels haben für die Ausnutzung der Heizgase keinen großen praktischen Wert. Ziehen die Heizgase mit einer sehr hohen Temperatur nach dem Schornstein zu ab, wie dies bei überlasteten Kesseln und zu kleiner Heizfläche der Fall ist, so ist die Heizfläche in übernormaler Weise beansprucht, was sich nur durch ein verstärktes Feuer und einen erhöhten Kohlenverbrauch erreichen läßt.

Wie groß die Wärmeverluste bei einer zu kleinen Heizfläche sein können, zeigt folgende Betrachtung. Bei Steinkohlenfeuerungen beträgt die Temperatur im Feuerraum je nach der Höhe des Luftüberschusses etwa 1000 bis 1500° 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° warm und ziehen bei einer normal belasteten Kesselanlage mit 220 bis 250° Celsius in den Essenfuchs ab. Bei einem Kessel von ungenügender Größe steigt die

Temperatur der Essengase jedoch mitunter bis zu 450° an. Was das für einen Wärmeverlust bedeutet, bedarf wohl keiner weiteren Erläuterung. Die Temperatur der Heizgase im Essensfuchs bietet daher immer einen wichtigen Anhaltspunkt für die Beurteilung der Kesselanlage. Hohe Temperaturen im Essensfuchs sind ein Zeichen für einen kostspieligen Kesselbetrieb und deuten darauf hin, daß der Kessel für den notwendigen Dampfverbrauch zu klein ist. Bei einer zu kleinen, hoch beanspruchten Heizfläche besteht übrigens die Gefahr der Beschädigung der infolge des verstärkten Feuers hochehitzten Kesselwandungen über dem Kofst durch Ausbeulung oder Rantenrisse. Man hilft sich in solchen Fällen damit, daß man den Feuerraum durch Tieferlegung des Kofstes höher macht, was allerdings nur bei Unterfeuerungen möglich ist, während sich in dieser Hinsicht bei Innenfeuerungen an Flammrohrkesseln nicht viel tun läßt.

Eine gute Wärmeausnutzung der Heizgase sucht man noch dadurch zu erreichen, daß man sie möglichst dicht an die Heizfläche heranpreßt, die Feuerzüge also nicht unnötig breit macht, und indem man sie durch stellenweise Veränderung ihrer Bewegungsrichtung und ihrer Geschwindigkeit durcheinanderwirbelt. Letzteren Zwecken dienen in den Flammrohren die Gallowahstufen und die abwechselnd weiten und engen Flammrohrschüffe (Stufenrohre) (siehe Fig. 63). Einbauten in die Feuerzüge, z. B. halbkreisförmige Flammrohrvinsätze hinter der Feuerbrücke, an denen sich die Heizgase stoßen, haben den Nachteil, daß sie die Zuggeschwindigkeit vermindern und die Reinigung der Züge von Flugasche und Ruß erschweren, und sind infolgedessen nicht sehr verbreitet. Die Heizgase sollen eine möglichst große Heizfläche am Kessel berühren, dabei aber eine möglichst kleine Außenfläche im Mauerwerk haben. Allgemeine Regel ist noch, daß die Gase erst etwaige innere Heizflächen bespülen sollen, wie dies beim Flammrohrkessel der Fall ist.

Ein selbsttätiger, kräftiger **Wasserumlauf** entsteht in jedem Kessel schon dadurch, daß auf der Heizfläche über dem Kofst das meiste Wasser verdampft und infolgedessen aus den übrigen Teilen des Kessels eine Strömung nach dieser Stelle hin auftritt. Durch diese Strömungsrichtung ist der natürliche Kreislauf des Wassers im Kessel bestimmt, und es ist bei der Anlegung der Heizgaskanäle nach Möglichkeit darauf zu achten, daß sie unterstügt und nicht gestört wird. Wie wir weiter unten sehen, können die Feuerzüge jedoch nicht ausschließlich nach diesen einseitigen Gesichtspunkten angelegt werden, sondern es sind auch die Bauart, die Aschenräumung und die Zugverluste zu berücksichtigen, so daß die Anforderungen zur folgerichtigen Herbeiführung des Wasserlaufs im Kessel nicht immer streng durchgeführt sind.

Der Wasserumlauf ist ferner namentlich bei den engrohrigen Siederohrkesseln, und zwar sowohl bei den Wasserkammer- wie bei den Steilrohrkesseln, dringend nötig und sehr wichtig, um Dampfstauungen in den verhältnismäßig engen Siederohren über dem Feuer zu verhüten. Strömt der in der untersten Rohrreihe solcher Kessel in sehr reichlichen Mengen erzeugte Dampf nicht sehr schnell ab, wie dies bei ungenügendem Wasserumlauf der Fall ist, so füllen sich die Rohre mit Dampf und werden, da letzterer ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, leicht durch das Feuer überhitzt und infolge von Beulen- oder Rißbildung beschädigt. Kesselsteinansatz vermag der Wasserumlauf nicht gänzlich zu verhüten, obgleich dies vielfach behauptet wird. An den Heizflächen mit geringer Verdampfung wird ferner durch einen kräftigen Wasserlauf die Verdampfung erhöht, da er die kleinen nur allmählich sich selbst lösenden Dampfblasen, die bei ruhendem Wasserinhalt die Kesselwand in einer dichten, die Wärme schlecht leitenden Schicht überziehen, beizeiten fortspült.

Schließlich bewirkt der Wasserumlauf einen Ausgleich der ungleichmäßig erwärmten Wasserschichten. Wird das Wasser, das bekanntlich bei 4° Celsius am dichtesten und schwersten ist, erwärmt, so dehnt es sich aus, wird also leichter und steigt in die Höhe. Heiße Wasserschichten sammeln sich daher unter dem Wasserspiegel, weniger warme auf dem Boden des Kessels an. In den heißen Wasserschichten dehnen sich naturgemäß die Kesselbleche mehr aus als in den weniger warmen, so daß an dem Kessel Spannungen auftreten, die zu undichten Nietverbindungen oder Kantenvissen in den Blechen führen können. Diese ungleichmäßige Erwärmung des Wassers im Kessel, die namentlich beim Anheizen der Zweiflammrohrkessel durch Befühlen der vorderen Stirnwand in augenfälliger Weise wahrnehmbar ist, kann nicht auftreten, wenn sich das Wasser im Kessel in einem lebhaften Umlauf befindet.

Der Wasserumlauf, auf den beim Bau und bei der Einmauerung bei manchen Kesseln, wie wir sehen, großer Wert gelegt werden muß, kann nicht nur durch eine geeignete Heizgasführung, sondern auch die besonderen Einbauten im Kessel gefördert werden. Eine allgemeine Verbreitung haben dieselben jedoch nicht gefunden, weil sie zumeist bei der Reinigung und Befahrung des Kessels hinderlich sind.

Unter **Zugverlusten** versteht man Verminderungen der Zugkraft. Sie treten hauptsächlich auf, wenn die Züge stellenweise sehr verengt sind und die Heizgase scharfen und häufigen Richtungsänderungen ausgesetzt sind und heruntergezogen werden (weil sie das natürliche Bestreben haben, in die Höhe zu steigen). Es ist daher mitunter sehr nachteilig, wenn die

Kessleinmauerung viele Umkehrungen enthält. Die Zugkraft des Schornsteins kann durch derartige unpraktische Heizgasführung so aufgebraucht werden, daß auch bei voll geöffnetem Essenschieber keine Steigerung des Zuges in der Feuerung eintritt und die Leistung des Kessels sehr beeinträchtigt wird. Zur Vermeidung unnötiger Zugluft ist ferner bei der Einmauerung des Kessels darauf zu sehen, daß die Umkehrbauten in den Zügen gut abgerundet sind und die Zugkanäle in schlankem Bogen ineinander überlaufen.

Weitere Zugverluste entstehen durch zu lange oder undichte Züge, in denen eine unnötige Abkühlung der Gase stattfindet. Auf das Meter Zuglänge rechnet man im Essensuchs eine Temperaturabnahme von 3—5° Celsius, so daß die Auftriebskraft bei langen Kanälen erheblich herabgemindert wird. Es ist streng darauf zu sehen, daß in den Zügen und im Essensuchs keine Feuchtigkeit vorhanden ist, daß das Mauerwerk keine Risse zeigt, durch welche falsche Luft und Wasser eindringen können, und daß schließlich das Mauerwerk des Fuchses genügende Stärke hat und nötigenfalls durch eine weitere Schutzmauer vor den Witterungseinflüssen isoliert ist. Auf die Vermeidung der Abkühlungsverluste infolge undichten Mauerwerks wird vielfach noch zu wenig Wert gelegt. Die Zugverluste betragen bei guten Kesselanlagen etwa 8—10 Prozent der Heizgaswärme, bei ungünstigen Verhältnissen und schlechten Einmauerungen können sie bis 20 Prozent ansteigen.

Die **Zugänglichkeit der Feuerzüge** ist erforderlich, um sie bequem von Flugasche reinigen und die Kesselbleche auf ihre Beschaffenheit untersuchen zu können. Doch erhalten die Züge nicht immer die zum Befahren nötige Weite, da sie zu geräumig werden würden (Seitenzüge der Flammrohrkessel). Neuerdings wird viel Wert auf eine leichte und bequeme Befestigung der Flugasche aus den Zügen gelegt, was namentlich bei großen Kesseln mit langen Heizgaskanälen nötig ist. Die Züge sind zu diesem Zwecke teilweise unterfellert und mit verschließbaren Auslaufstüben versehen, mittels welcher die Flugasche in Transportwagen entleert werden kann. Bei der Besichtigung der Feuerzüge ist darauf zu achten, daß die Heizgasführung nicht durch eingefallenes Mauerwerk in Unordnung gerät und nicht etwa ein Übertritt von Gasen in falsche Züge stattfindet.

Das **Mauerwerk** muß möglichst luftdicht sein, und zu diesem Zweck, um ein gutes Abbinden des Mörtels zu erreichen, mit normaldicken Fugen gemauert und namentlich um den Feuerraum herum mit guter Verankerung ausgeführt werden. Wo der Kessel durch das Mauerwerk hindurchtritt, ist ein Spalt freizulassen, der mit Asbestschnur auszufüllen ist, so daß sich

der Kessel ausdehnen kann, ohne auf das Mauerwerk schiebend und zerstörend einzuwirken. Sehr zu empfehlen ist die Verwendung von Glasursteinen, da sie sehr luftdicht sind und den Heizer zu Reinlichkeit erziehen. Wo das Mauerwerk an den Kessel anstößt, muß es mit Lehmörtel gemauert werden, da Kalkmörtel beim Abbinden Anrostungen verursacht. Auch darf sich das Mauerwerk nicht in Bogen auf den Kessel stützen, sondern ist möglichst durch Vorkragen der Steine an ihn heranzuführen. Von den Kesselhauswänden, von Säulen usw. muß es mindestens 8 Zentimeter abstehen, damit es sich ungehindert ausdehnen kann. Diese 8 Zentimeter sind gesetzliche Vorschrift.

Feuerfeste Baustoffe sollen bis an die Stellen verwendet werden, wo die Gase noch 600—700° Celsius heiß sind; in den von den Heizgasen sonst bestrichenen Flächen müssen die Ziegel hitzbeständig und in Lehmörtel verlegt sein. Gewölbe müssen mit knappen Fugen gemauert, entlastet sein und großen Stich erhalten.

Das Mauerwerk soll nach der ersten Austrocknung, die sehr allmählich vorzunehmen ist, keine feuchten Stellen aufweisen, andernfalls sind die Ursachen derselben, die auch in undichten Nietverbindungen bestehen können, zu ergründen und zu beseitigen. Insbesondere ist auch darauf zu achten, daß aus dem Kesselmauerwerk während der Betriebspausen bei geschlossenem Essenschieber kein Dampf aufsteigt, der nur von Undichtheiten hervühren kann.

Der **Essenschieber** befindet sich in dem Essenfuchs, d. i. der Verbindungskanal zwischen den Kesselzügen und dem Schornstein (Fig. 45). Er besteht aus einer Eisenplatte, 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 oder verengt und hierdurch die Zugkraft des Schornsteins und die Luftzufuhr zum 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 jeweils erforderliche Schieberhöhe einzustellen hat. Außerordentlich wichtig ist, daß sich der Schieber leicht bewegen läßt; er ist deshalb durch Gewichte auszubalancieren und muß mittels einer kleinen Winde aufziehbar sein. Vielfach ist der schwere Gang des Schiebers die Ursache dafür, daß sich der Heizer um seine richtige Einstellung nicht bemüht. Zu empfehlen ist auch, wie dies in allen gut in Ordnung gehaltenen Kesselhäusern der Fall ist, den Essenschieber möglichst luftdicht nach außen abzuschließen und oberhalb des Rahmens einen Blechkasten anzubringen, durch welchen nur das Zugseil für den Schieber hindurchführt.

Der Schornstein muß die Heizgase selbsttätig ableiten. Seine Wirkung beruht darauf, daß die in ihm befindliche Rauchgassäule infolge der Ausdehnung durch die Wärme wesentlich dünner und leichter ist als eine in gleicher Höhenlage befindliche freie Luftschicht von denselben Abmessungen. Der Gewichtsunterschied zwischen diesen beiden Luftsäulen macht die natürliche Zugkraft des Schornsteins aus. 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. Ein Schornstein wird demnach um so besser ziehen

1. je größer sein Hohlraum ist,
2. je heißer die Schornsteingase sind,
3. je kälter die Außenluft ist.

Da die äußere Luft mit zunehmender Kälte schwerer wird, die Heizgase mit zunehmender Wärme leichter werden, 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 Schornsteinluft 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.

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° 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 Prozent, für gewöhnlich etwa 25 Prozent der Wärme der Heizgase. Man nennt diesen Wärmeverlust kurz den **Schornsteinverlust**.

Im allgemeinen kann man annehmen, daß durchschnittlich etwa zwei Drittel, bei ganz vollkommenen Kesselanlagen etwa drei Viertel des Heizwertes der Kohle zur Erzeugung von Dampf nutzbar gemacht werden.

Der künstliche Saugzug.

Der direkte Saugzug. Die Gase werden aus dem Fuchs oder hinter dem Vorwärmer durch einen Ventilator abgesaugt und in den Schornstein gedrückt, der sie infolge ihres natürlichen Auftriebes ins Freie ableitet. Hierbei ist indes zu beachten, daß die Rauchgase beim Durchströmen durch den Ventilator etwas abgekühlt werden, sodann entstehen bei ihrem Hineindrücken in den Schornstein mehr oder wenig Wirbel und eine gewisse Verdichtung derselben, wodurch der Auftrieb verringert wird. Die Gase dürfen daher nicht mit zu hoher Geschwindigkeit in den Schornstein gepreßt werden, woraus sich die Forderung ergibt, langsam laufende große Ventilatoren zu verwenden. Die Zugstärke wird geändert, indem man den Ventilator, der mittels eines Elektromotors oder einer Dampfmaschine angetrieben wird, je nach Bedarf schneller oder langsamer laufen läßt. Mitunter sind auch in der Saug- oder Druckleitung des Ventilators für diese Zwecke verstellbare Drosselklappen vorhanden. Der Essenschieber dient in diesen Fällen vor allem zum völligen Absperrern der Kessel und zur Regelung, wenn mehrere Dampfkessel in eine gemeinsame Zugsanlage angeschlossen sind. Der häufig gegen den direkten Saugzug erhobene Einwand, der Ventilator würde infolge der hohen Temperatur der Essengase zerstört, ist nicht zutreffend, denn es handelt sich hierbei um Temperaturen, die wesentlich niedriger sind als diejenigen, denen die Kesselbleche in den Kesselzügen ausgesetzt sind. Bei hohen Abgastemperaturen — etwa von 300° Celsius an — müssen die Lager des Ventilators Wasserkühlung erhalten. Der Schornstein erhält bei dem direkten Saugzug eine derartige Höhe, daß die Umgebung nicht durch die Rauchgase belastigt wird, besondere Einbauten, wie beim indirekten Saugzug, sind jedoch nicht erforderlich.

Bei dem **indirekten Saugzug** (auch Schwabachzug genannt) (Fig. 44) bläst ein im Kesselhause aufgestellter Ventilator, der mit den Heizgasen überhaupt nicht in Berührung kommt, durch ein Rohr frische Luft in den Schornstein. Der Schornstein und das Ende dieses Rohres bilden eine Düse, so daß der von dem Ventilator erzeugte Luftstrom die Heizgase — genau wie im Injektor das Wasser — aus den Kesselzügen ansaugt und mit dem Frischluftströme ins Freie befördert. Der Schornstein ist nicht gemauert, sondern besteht aus einem schmiedeeisernen Rohr von 15—20 Meter Höhe und ist in der Nähe der Mündung des Rohres vom Ventilator konisch zusammengezogen. Die Zugstärke wird geregelt, indem man einen kegelförmigen Verdrängkörper mehr oder weniger tief in die Mündung des Ventilatorrohres im Schornstein hineinsenkt. Je tiefer der kegelförmige Körper, der an einem Drahtseil hängt, mittels einer kleinen Winde in das

Kohr hineingelassen wird, umso geringer wird dessen freier Querschnitt an der Mündung und um so weniger kommt die Ventilatorwirkung zur Geltung, d. h. der Effenzug wird schwächer. Bei einer anderen patentierten Ausführung kann die Mündung des Ventilatorrohres durch eine gleichfalls außen angebrachte Winde mit Handkurbel auf drei verschiedene Weiten eingestellt werden, wodurch der Effenzug verstärkt oder abgeschwächt wird. Doch kann auch zur Veränderung des Saugzuges die Umdrehungszahl des Ventilators verändert oder ein Dampfstrahlgebläse angebracht werden. Bei dem indirekten Saugzug muß die Luft mit großer Geschwindigkeit in den Schornstein geblasen werden, soll eine kräftige Saugwirkung in den Zügen erzeugt werden. Man verwendet deshalb schnell-

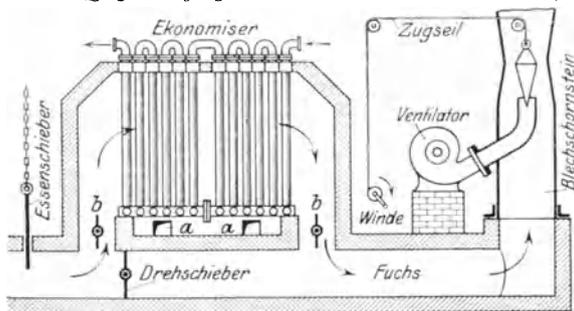


Fig. 44. Künstliche Saugzanlage (Schwabachzug) mit eisernem Schornstein, Ventilator und Zugregler.

laufende Ventilatoren, die wesentlich kleiner als beim direkten Saugzug sind. Der Kraftbedarf des Ventilators ist beim indirekten Saugzug wesentlich größer als beim direkten Saugzug, da die beförderte Luftmenge bei ersterem wesentlich größer ist als bei letzterem.

Die Vorteile und Nachteile des künstlichen Zuges. Die Ansichten über die Anwendung des künstlichen Zuges sind in der Praxis sehr verschieden. Er wird insbesondere da angewendet, wo man einen starken Effenzug braucht und man keinen hohen Schornstein errichten will oder der vorhandene Schornstein nicht genügend zieht. Sein hauptsächlichster Vorteil beruht darin, daß man die Zugstärke innerhalb sehr weiter Grenzen bequem regulieren und so beträchtlich erhöhen kann, daß die auf dem Rost verbrannte Kohlenmenge und die im Kessel erzeugte Dampfmenge sehr groß werden. Der künstliche Zug eignet sich daher für Kesselanlagen, bei denen der Dampfverbrauch im Laufe des Tages erheblich schwankt, so daß sich zu gewissen Tagesstunden die Ingebrauchnahme weiterer Kessel nötig machen

würde (Elektrizitätswerke, Färbereien, Zuckerfabriken u. a.). Er ermöglicht ferner eine weitgehende Abkühlung der Rauchgase an Vorwärmern im Effenschuch, deren Temperatur auf $130\text{--}150^{\circ}$ Celsius ermäßigt werden kann, während sie beim natürlichen Schornsteinzug, wie wir sahen, $200\text{--}250^{\circ}$ Celsius im Mittel beträgt. Es läßt sich daher eine Kohlenersparnis mit ihm erzielen, die allerdings durch den Kraftverbrauch für den Ventilator z. T. wieder ausgeglichen wird. Ferner gestattet der wesentlich schärfere

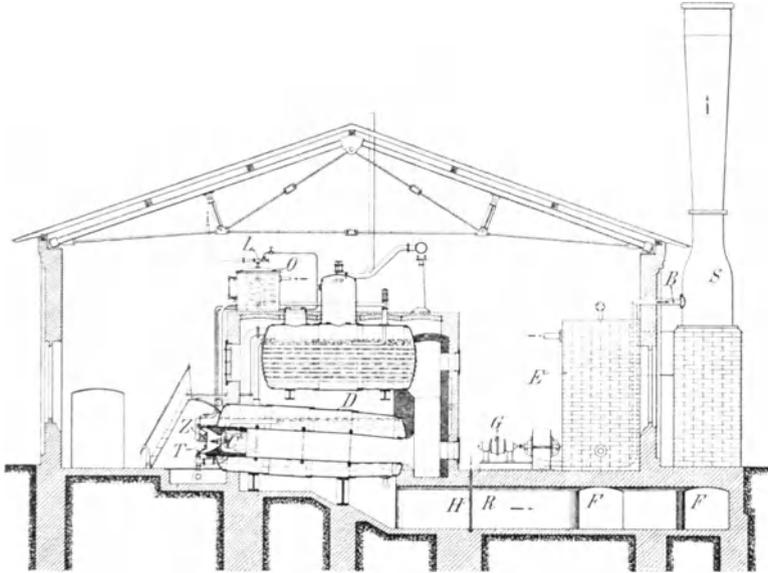


Fig. 45. Kessel mit Teerfeuerung und künstlichem Saugzug.

Z = Teerzerstäuber, T = Trommelschieber im Feuergeschränk, der ein genaues Einstellen der für jede Belastung des Kessels erforderlichen Verbrennungsluft ermöglicht; C = ringförmige Feuerbrücken aus Schamotte, O = Teerbehälter mit Dampfheizschlange zur Flüssighaltung des Teers, L = Dampfstrahlauger zum Füllen des Behälters O mit Teer.

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

Effenzug die Verfeuerung von geringwertigen Brennstoffen. Durch die lebhaftere Verbrennung wird ferner die Temperatur im Feuerraum gesteigert und infolgedessen bei geeigneter Kofstbeschickung die Rauchverbrennung er-

leichtert. Die Schornsteine für den indirekten Zug haben nur einen Teil des Gewichtes der gemauerten Schornsteine und sind deshalb in manchen Kesselhäusern 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 belastet werden darf (Bergwerke). Fig. 45 zeigt die Gesamtanordnung einer Kesselanlage mit Saugzuganlage in der Ausführung der Firma Körting, Hannover. Infolge der niedrigen Schornsteine ist bei Anwendung der künstlichen Saugzuganlagen darauf Rücksicht zu nehmen, ob die Anwohner in der nächsten Nähe nicht etwa durch Ruß oder Flugasche belästigt werden können. Auch ist darauf zu achten, daß die Kessel nicht etwa durch zu hohe Beanspruchung beschädigt werden.

Das Pusterohr. 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 Mundstücke des Blaserohres austretende Dampfstrahl reizt 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 Puster genannt, eine Zuleitung von direktem Dampf aus dem Kessel.

Der Bitterschornstein. 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 anwend-

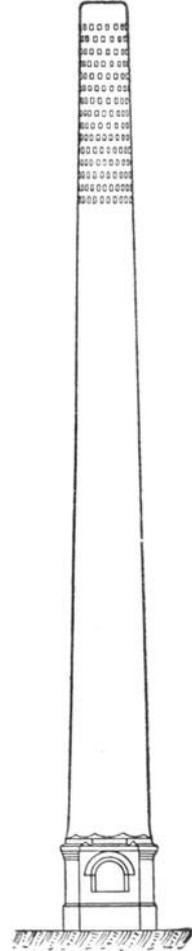


Fig. 46.
Bitterschornstein.

bare Mittel zur Bekämpfung der Rauchgasschädlinge ist eine weitgehende Verdünnung der Rauchgase. Da sich diese Verdünnung 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. 46)¹.

Ein Dissipator-schornstein besteht aus einem gewöhnlichen Industrieschornstein, 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 Schlitzen 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.

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 Wärmeentziehung 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

¹) Fig. 46 ist mit Genehmigung der Redaktion aus der „Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1911, Nr. 23“, entnommen. Baufirma und Patentinhaberin ist die Metallbank und Metallurgische Gesellschaft in Frankfurt a. M.

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 Kieselerde, 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 dieselbe 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 Nachbarräum übertreten, und letzterer würde sich nicht merklich erwärmen.

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.

Soweit die Kesselwandungen und Dampfleitungen frei liegen und nicht von den Heizgasen bestrichen werden, leiten sie die Wärme des Dampfes oder des heißen Kesselwassers nach außen ab. Ein gußeisernes Dampfleitungsrohr von 100 Millimeter lichtigem Durchmesser, 10 Millimeter Wanddicke und 20 Meter Länge strahlt, wenn die Temperatur des Dampfes 130° , die Temperatur des Werkstättenraumes 20° 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, den Dampfdom usw. mit einem schlechten Wärmeleiter. Solche Isoliermittel sind Kieselerde, Kork, Seidenzöpfe usw. Die Art des jeweilig zu verwendenden Isoliermittels

richtet sich nach der Temperatur des Dampfes. Bei Rohrleitungen mit hoherstem Dampfe von etwa 300° 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 Rost 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 Röhren zusammengesetzten Speisewasservorwärmern in dem Effenzuge — den sogenannten *Ökonomisern* — 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 blanke, rußfreie Oberfläche von großem Einflusse auf ihre Wirkungsweise ist, muß der Heizer mit dem Dampfstrahlapparat oder mit der Drahtbürste wöchentlich wenigstens zweimal von der anhaftenden Rußschicht reinigen.

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 Dampfkesselbetrieb 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 kohlen-sauren Kalk und die kohlen-saure Magnesia, in sich aufzulösen. Es enthält dann doppelkohlen-sauren Kalk und doppelkohlen-saure 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 ab. Der kohlenfaure Kalk heißt mit dem gewöhnlichen Ausdruck Kalkstein. Er ist außerordentlich verbreitet und bildet ganze Gebirge. Daher gibt es kaum ein Wasser, welches nicht kalkhaltig ist. Durch Brennen in den Kalköfen wird der Maurerkalk daraus hergestellt. Kalkstein in sehr reiner Form ist der Marmor.

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, mit wenig derartigen Bestandteilen 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 in 100 Litern 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 Bimsstein, der so fein gemahlen sein muß, daß er im Wasser schwimmt, so setzen sich die aus dem Kesselwasser ausscheidenden Kesselsteinkristalle im Augenblicke ihrer Entstehung an den schwimmenden Bimsstein an, und die Kesselwände bleiben frei von 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 Quadrat-

meter Heizfläche betragen. Dieses Verfahren ist jedoch vom praktischen Standpunkte aus wegen der erheblichen Verunreinigung des Kesselwassers nicht zu empfehlen.

Alle stärkemehlhaltigen 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 gerbstoffhaltige Mittel kommen hauptsächlich Fichten-, Eichen- und Kastanienrinde in Betracht, die man auskocht. Die ausgekochte Flüssigkeit wird noch mit Chemikalien (Ammoniaklösung oder kohlenensaures 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 Petroleum 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 Vereinerung und Kristallisation der Kesselsteinbildner im Augenblicke ihres Ausscheidens 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 niederlegen. 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 Kessel 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, Koksfilter, Leinwandfilter) laufen, in welchem der Schlamm zurückgehalten wird. Man erhält dann im Kessel ein vollständig reines, kesselsteinfreies Wasser. Zur gründlichen Ausscheidung des Kesselsteins durch Soda und Kalk sind auch in

heißem Wasser jedoch etwa 2 bis 3 Stunde 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 Schlammbildung im Kessel vermeiden, so muß ein genügend großer Wasserbehälter vorhanden sein, in welchem dem heißen Speisewasser die Soda und der Kalk zugesetzt werden. 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 damit, die Härte des Kesselwassers auf etwa 3 bis 4 Grad zu vermindern.

Untenstehende Fig. 47 stellt einen Wasserreinigungsapparat der Firma Reisert, 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- 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 Luftdüse 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.

Die Soda und der Kalk werden nach je 12 Stunden in bestimmten Mengen zugesetzt. Die Soda wird in dem Behälter C, welcher nach je 12 Stunden bis an eine Marke mittels des Hahns C' mit Wasser zu füllen ist, aufgelöst und zu diesem Zwecke in einen Blechkorb im Behälter C gebracht. Das Sodawasser fließt aus dem Behälter C durch ein Röhrchen in den Behälter C₁. Wird der ganze Apparat abgestellt und steigt das Sodawasser in dem Behälter C₁ bis zu einer gewissen Höhe, so wird durch ein Schwimmerventil der weitere Zufluß des Sodawassers unterbrochen. Aus dem Behälter C₁ fließt das Sodawasser durch ein gebogenes Röhrchen (ein Syphon- oder Heberrohr) in das Mischrohr E. Dieses Syphonröhrchen, das nur einige Millimeter lichte Weite hat, hängt an einem Kettchen, das an einem Schwimmer im Abteil R befestigt ist. Fließt

wenig Wasser durch den Apparat, so steigt dieser Schwimmer und zieht das Siphonröhrchen höher, so daß auch weniger Sodawasser aus dem Behälter C_1 abläuft. Tritt kein Rohwasser in den Apparat, so hört der Zufluß des Sodawassers ganz auf.

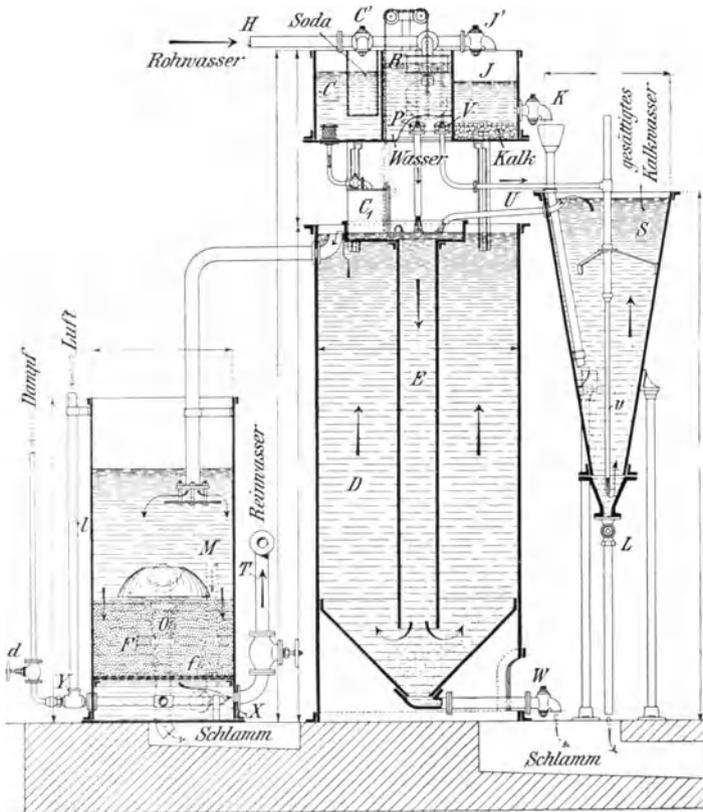


Fig. 47. Speisewasserreiniger nach dem Kalt-Sodaverfahren mit Kalksättiger und Filtrierapparat.

Der Kalk wird im Behälter J zu einer Kalkmilch angerührt. Da sich aber diese nicht, wie die Sodalösung, in einem gleichmäßigen Zufluß anwenden läßt, weil sich der Kalk in dem ruhigen Wasser zu Boden setzen würde, wird sie mittels des Hahnes K in den konischen Behälter S — den sogenannten Derbauxschen Kalksättiger — abgelassen. Durch ein Rohr, welches unterhalb des Hahnes K einen Trichter hat, wird sie auf den Boden

dieses Behälters geleitet. Beginnt der Apparat zu arbeiten, so fließt durch das Ventil V und die Rohrleitung v Wasser nach dem unteren Teile des Behälters S, so daß die dort niedergefallenen Kalkteile aufgewirbelt und mit in die Höhe genommen werden. Da nun der Behälter sich nach oben beträchtlich erweitert, verlangsamt sich beim Aufwärtsströmen die Bewegung des Wassers und es fallen die mitgerissenen Kalkteile wieder nach unten, bis sie völlig aufgelöst sind. Das mit Kalk gesättigte Wasser fließt schließlich durch das Rohr U in das Mischrohr E ab, wo es mit dem Rohwasser und dem Sodawasser zusammentrifft. Der Behälter S besitzt unten einen Hahn L, mittels dessen täglich die ausgelaugten Kalkreste abzulassen sind, bevor frische Kalkmilch zugelassen wird. Wird die Speisepumpe abgestellt, so hört auch infolge der Abstellung durch Schwimmventile der Zufluß des Wassers durch das Ventil V nach dem Behälter S auf. Der in dem Behälter D sich absetzende Schlamm ist mittels des Hahnes W täglich abzulassen.

Der Apparat arbeitet selbsttätig; d. h. beim Anstellen der Speisepumpe fällt der Wasserspiegel M, so daß ein auf demselben befindlicher Schwimmer sinkt und ein Ventil in einem hochgelegenen Wasserbehälter öffnet, durch welches das Wasser in die Leitung H nach dem Apparat fließt. Beim Abstellen der Speisepumpe hört dieser Zufluß von selbst wieder auf, so daß der Apparat wieder außer Tätigkeit tritt.

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.

Bei der Speisewasserreinigung mittels Soda und Kalk verbleiben im Wasser einige Stoffe, die sich mit der Soda verbunden haben, in gelöster Form (Glaubersalz), die sich im Laufe der Zeit stark anhäufen und sich durch Auschwizen an den Dichtungen und undichten Nähten in Form von gelblichen Krusten bemerkbar machen. Diese Salze sind zwar für das Kesselblech unschädlich, es empfiehlt sich aber von Zeit zu Zeit, besonders wenn das Wasser vor der Reinigung sehr hart war, etwa alle 8 bis 14 Tage einen Teil des Kesselwassers abzulassen. Tritt das Auschwizen dieser Krusten an den Nietstellen auf, so ist nicht etwa das Blech von Soda und Kalk beschädigt, sondern es handelt sich um alte undichte Stellen, die mit Kesselstein verstopft waren, der durch die Soda nachträglich weich gemacht und losgelöst worden ist, so daß das Wasser durchdringen konnte.

Solche Stellen, die auf keinen Fall undicht belassen werden dürfen, sind so bald wie möglich sorgfältig zu verstemmen.

Jedem Speisewasserreinigungsapparat werden eine genaue Betriebsanleitung, sowie Probierrgläser und Chemikalien beigegeben, aus denen auch ersichtlich ist, in welcher Weise der Soda- und Kalkzusatz zu regeln und deren Wirkungsweise zu untersuchen ist, was in der Regel täglich zu erfolgen hat.

Die **Kesselsteinausscheideapparate** sind im Dampftraume des Kessels untergebracht und bestehen aus langen, über die ganze Kessellänge sich erstreckenden Rinnen oder aus mehreren, übereinander liegenden flachen Becken, über welche das Speisewasser kastadenartig von oben nach unten fällt. Die Wirkung dieser Apparate beruht darauf, daß das Wasser schnell erwärmt wird, wobei der Kesselstein als Schlamm ausgeschieden wird und sich größtenteils in den Apparaten festsetzt. Häufig erhalten die Apparate auch einen besonderen kastenförmigen Schlammfang oder Trichter, von dem ein Rohr bis dicht auf den Kesselboden und zwar in der Nähe des Abschlammentiles führt, in dessen Nähe sich der zeitweilig auszublansende Schlamm absetzt. Die Apparate müssen öfter gereinigt werden. Ferner ist möglichst andauernd zu speisen, da sich bei zeitweilig aussetzender Speisung die Speiseleitung infolge ihrer im Dampftraum gelegenen Mündung sehr leicht mit Dampf füllt und beim Anstellen der Speisepumpe alsdann sehr heftige Schläge entstehen, daß die Rohrverbindungen und Speisearmaturen zerstört werden. Für vollkommen dichte Rückschlagventile in der Speiseleitung ist deshalb bei diesen Apparaten zu sorgen.

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. Man muß in 100 Kubikzentimeter 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 zugelegt werden, auch die Armaturen nicht angreifen.

Die **Gefährlichkeit des öhaltigen 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 zerfallen sich im Kessel teilweise zu Säure, 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. Auch Ölfarbenaufstriche auf der Wasserseite der Kesselbleche sind gefährlich. Am Flammrohre sind wiederholt Aufressungen an den Stellen beobachtet worden, wo sie mit einem aus Ölfarbe bestehenden Ringe versehen waren, der von den Walzwerken zur besseren Auffindung des Prüfungstempels angebracht worden war. Es empfiehlt sich daher, diese Ringe wenigstens an den hochbeanspruchten Kesselstellen wieder zu entfernen.

Die Entölung des Speisewassers. Die Abwässer aus den Ausblasehähnen der Dampfmaschinenzylinder, die besonders viel Schmieröl enthalten,

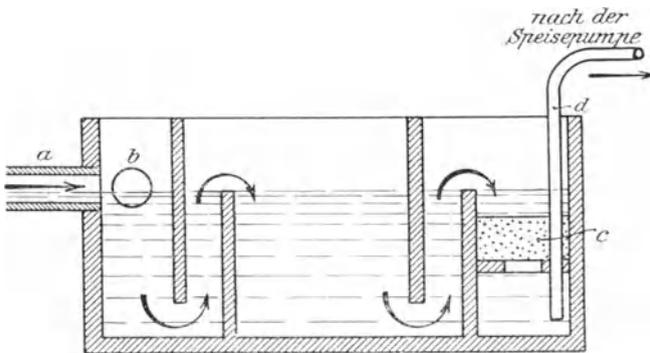


Fig. 48¹⁾. Behälter mit Filter zum Entölen des Speisewassers.
b = Überlaufrohr.

dürfen überhaupt nicht als Kesselspeisewasser benutzt werden. Zum Entölen des Kondensationswassers aus der Dampfmaschine kann der nebenstehend skizzierte Behälter (Fig. 48) mit Querswänden 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 Speisepumpe, so durchströmt das Wasser den Behälter in der Richtung der eingezeichneten Pfeile. Wird die Pumpe ausgerückt, so fließt das bei a eintretende Wasser durch das Überlaufrohr b aus dem Behälter wieder ab.

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

¹⁾ Nach Angaben des Sächsischen Dampfkessel-Revisions-Vereines Chemnitz.

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 Anstreichen 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 Nietnähte häufig undicht werden.

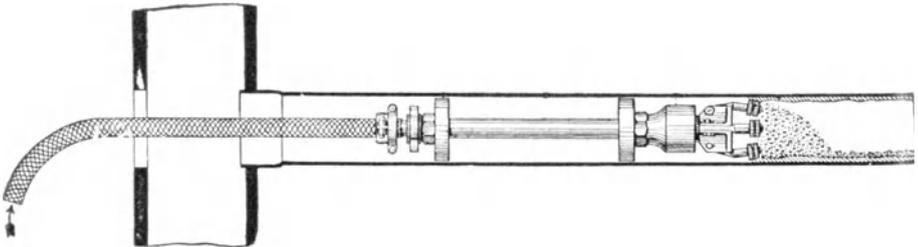


Fig. 49. Siederohrreiner der Firma Gust. Schlick, Dresden-N., im Gebrauch.

Die Schneide der Klopfhämmer darf nicht zu schlanke, 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. Hieburchen dürfen beim Kesseltlopfen 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 Nietköpfen abzuklopfen. An den schwierig zugänglichen Stellen ist er mit passend geformten Meißeln loszuschlagen. Zum Reinigen von Siederohren benutzt man die Turbinenreiner, die aus mehreren Rollenfräsern bestehen, welche durch einen Wasserstrahl von 6 bis 8 Atmosphären Druck in Umlauf gesetzt werden, wobei der an der Rohrwand haftende Kesselstein entfernt und fortgespült wird (Fig. 49). Der Wasseranschluß geschieht in der Regel an die Speisepumpen- und Injektorleitung.

Entlüftung des Kessels bei der Reinigung. Während der Reinigung ist der Kessel zu entlüften. Man kann hierzu einen kleinen elektrisch be-

triebenen 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 150 Millimeter lichter Weite verwendet, das durch das obere Mannloch in den Kessel hineinragt 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.

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 0° zu Eis erstarrt, also von dem flüssigen in den festen Aggregatzustand übergeht, wird Quecksilber erst bei 40° Kälte fest; auch verwandelt es sich, normalen Luftdruck vorausgesetzt, erst bei 360° Wärme in Quecksilberdampf, während das Wasser unter gleichem Luftdruck schon bei 100° 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 worden.

Man nennt nun die Wärmemenge, die nötig ist, um 1 Kilogramm Eis von 0° in Wasser von 0° 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° 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° Celsius. Steht das siedende Wasser unter einem höheren Drucke, wie dies im Dampfkessel der Fall ist, so liegt der Siedepunkt über 100° 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° Celsius, sondern erst bei 164° in Dampfform über (siehe Spalte 3 der Tabelle auf Seite 93). Umgekehrt liegt der Siedepunkt des Wassers unter 100° 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° , sondern schon bei etwa 97° 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 einzufochenden Milch mit einer Luftpumpe absaugt, in dem Kochgefäße also eine Luftleere oder eine beträchtliche Luftverdünnung erzeugt, daß das Wasser in der Milch bereits bei 60° Celsius siedet und in Form von Dampf aus der Milch ausschleidet.

Die Wärmemenge, die man braucht, um 1 Kilogramm Wasser von 0° 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 93).

Dieser Satz gilt natürlich auch für andere Flüssigkeiten als Wasser. Für den Dampfkesselbetrieb bemerkenswert ist seine Anwendung auf Quecksilber. Quecksilber siedet unter normalem Luftdruck bei 360° Celsius, im luftleeren Raum schon eher. Höhere Temperaturen, etwa Heizgase von 450° 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° Celsius Thermometer aus sehr schwer schmelzbarem Glase hergestellt, deren Röhre über dem Quecksilberfaden mit Stickstoff oder mit Kohlensäure von etwa 20 Atmosphären Druck gefüllt ist. Infolge dieses Druckes steigt die Siedetemperatur des Quecksilbers so hoch, daß auch noch Temperaturen über 360° 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 ausgebeht wird, so daß die Instrumente bei einer nicht sorgsamten Behandlung mit der Zeit immer unrichtigere Angaben liefern.

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- dampfungs- wärme in Wärme- einheiten (Kalorien)	Wieviel 1 kg Dampf Raum ein- nimmt in Kubikmeter	Wieviel Kilogramm ein Kubit- 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	6	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

Die Verdampfungswärme des Wassers. Die Wärmemenge, die man braucht, um siedendes Wasser in Dampf von derselben Temperatur zu verwandeln, 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 164° Celsius (obige Tabelle Spalte 3), und es sind zur Verdampfung des 164° warmen Wassers nur 495 Wärmeinheiten nötig, d. h. die Verdampfungswärme des Wassers beträgt bei 6 Atm. Druck 495 Wärmeinheiten.

Man hat ganz eingehende Versuche angestellt und die Flüssigkeitswärme und Verdampfungswärme des Wassers für die verschiedenen Dampfdrucke genau festgestellt. Man benützt 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 93 zeigt diese Werte an.

Beispiel: Hat das Kesselspeisewasser eine Temperatur von 20° Celsius, und beträgt die Dampfspannung im Kessel 7 Atm. Überdruck, so sind zur Verdampfung von 1 Kilogramm Wasser erforderlich: zur Erwärmung des 20° 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 Atm. 486,7 Wärmeeinheiten nötig (Spalte 5 der Tabelle). Die insgesamnt erforderliche Wärmemenge würde sich also auf $151,49 + 486,81 = 638,3$ Wärmeeinheiten belaufen.

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 Dampfkessels beobachten kann, während umgekehrt nach dem Verlöschen des Feuers, wenn die Dampfentwicklung 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° Celsius nehmen bei der Erwärmung auf 25° 1002 Liter und bei 100° 1042 Liter Raum ein.

Gesättigter und überhitzter Dampf. Solange Wasser und Dampf miteinander am Wasserspiegel in Berührung stehen, haben beide stets dieselbe Temperatur; es ist unmöglich, im Dampfraume 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 Temperaturausgleich zwischen beiden vollzogen hat. Der Dampf würde sich sofort mit weiterem Wasserdampf sättigen, und man nennt ihn deshalb gesättigten Wasserdampf oder Satttdampf. 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 Siededampf 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 Satttdampf verwandelt und verhält sich wie dieser.

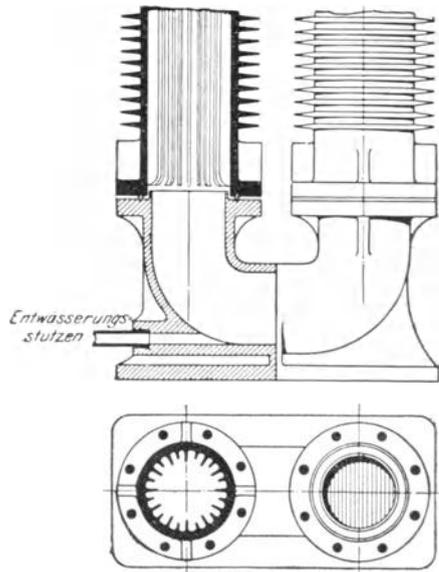


Fig. 50 und 51¹⁾.
Gußeiserner Dampfüberhitzer.

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° Celsius abgekühlten Heißgasen 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 Effenzüge, wo sie sehr heißen Heißgasen mit einer Temperatur

¹⁾ Fig. 50 und 51 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Lehner, Dampfkessel, 4. Aufl.“, entnommen.

von etwa 500 bis 700° Celsius ausgesetzt sind, also bei Flammrohrkesseln dicht hinter die Flammrohre und nicht etwa dorthin, wo die Heizgase in den Essenfuchs eintreten. Auf diese Weise erreicht man eine sichere Überhitzung des Dampfes.

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. Die verbreitetsten gußeisernen Überhitzer sind von E. Schwoerer in Kolmar (Fig. 50 und 51).

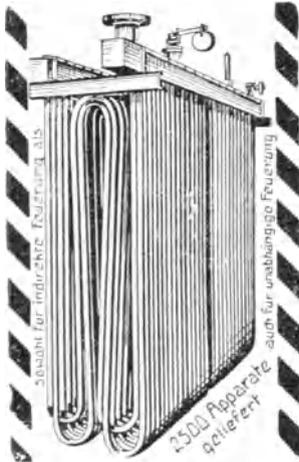


Fig. 52. Schmiedeeiserner Dampfüberhitzer von Hering, Nürnberg.

Diese Überhitzer sind nach 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. 52). Die Rohre sind schlangens- 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. Wagerecht liegende Überhitzer (siehe Fig. 62) lassen sich leichter als senkrecht stehende (siehe Fig. 70) 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 Dampfmaschinenhaufe 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.

Zur Beobachtung des überhitzten Dampfes werden am Überhitzer und an der Dampfmaschine Thermometer angebracht. Außerdem rüstet man die Überhitzer mit Manometer, Sicherheitsventil und Ablaßventil 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 eingeschraubt ist. Der Zwischenraum zwischen Thermometertauchrohr und Eisenhülse wird der besseren Wärmeübertragung halber mit Quecksilber ausgefüllt. Die Eisenhülse 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 Sattdampfstrom aus. Es muß dann die dem jeweiligen Dampfdruck entsprechende, aus Tabelle Seite 93 ersichtliche Temperatur anzeigen.

Die Bedienung des Überhitzers hat sich auf folgende Gesichtspunkte zu erstrecken:

1. Die Überhitzerfchlangen dürfen beim Anheizen und während des Betriebes nicht glühend werden, da sie sonst verbrennen oder ausbeulen und aufplagen.
2. Der Überhitzer ist vor dem Anlassen der Dampfmaschine gut zu entwässern, damit die Dampfmaschine nicht durch Wasserschläge beschädigt wird.
3. Der Überhitzer ist öfter von Ruß und Flugasche zu reinigen.
4. Die Temperatur des überhitzten Dampfes muß möglichst gleichmäßig bleiben.

1. Die Dampfüberhitzer sind (bei etwa 75 Prozent aller Kessel) so eingebaut, daß sie völlig oder teilweise von den Heizgasen abgesperrt werden können. Zur Absperrung bringt man vor der Überhitzerkammer Schieber oder Drehklappen an, meistens aus Schamotte, seltener aus Gußeisen, die der Heizer von außen mehr oder weniger öffnen oder auch völlig schließen kann.

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 Ablaßhahnes ausgeblasen werden. Gut zu entwässern sind namentlich Überhitzer aus Gußeisen oder mit gußeisernen Kammern, da sie durch Wasserschläge leicht zerstört werden können.

Dauert das Anheizen nur kurze Zeit, wie dies bei den Dampfkesseln zutrifft, die nur nachts nicht befeuert werden, so sperren die Heizer den Überhitzer häufig von den Heizgasen nicht ab. 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. Es ist in diesen Fällen Sache des Heizers darauf zu achten, ob er hierbei nicht etwa die Überhitzerrohre überhitzt und beschädigt. 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.

Bei manchen Kesselsystemen (Wasserrohrkessel, Steilrohrkessel) liegt der Überhitzer in einem sehr heißen Gasstrom, so daß etwaige Absperrschieber einer sehr starken Abnutzung unterworfen sein würden. Da sie sich aber schwierig ausbessern lassen, weil sie an einer wenig zugänglichen Stelle liegen, läßt man sie ganz weg. In diesem Falle 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 lichtigem Durchmesser mit dem Wasserraum 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. 74 und 77) 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. Das Verbindungsrohr des Überhitzers mit dem Dampfraume 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 Ablaßhahn sorgfältig aus. Erst dann darf das Absperrventil am Überhitzer geöffnet und der Dampf nach der Dampfmaschine fortgeleitet werden. Das Füllen des Überhitzers mit Wasser während des Anheizens hat den großen Nachteil, daß sich an dessen Innenwandungen Kesselstein ansetzt, der nicht entfernbar ist und die Wirkung des Überhitzers beeinträchtigt; Voraussetzung ist demnach für derartige Überhitzeranlagen, daß das Kesselspeisewasser sehr rein und daß der Überhitzer nicht zu oft mit Wasser gefüllt wird. Das Anfüllen wird meist nur nötig sein, wenn der Kessel kalt geworden ist; nach den gewöhnlichen Betriebspausen über Nacht füllt man ihn nicht.

2. Auf die Entwässerung des Überhitzers hat der Heizer den größten Wert zu legen, will er die Dampfmaschine nicht durch Wasserschläge gefährden und zertrümmern lassen, wie dies schon oft vorgekommen ist. Bevor der Heizer das Dampfventil zwischen Überhitzer und Dampfmaschine öffnet, also bevor letztere Dampf erhält, muß er das Entwässerungsventil am Überhitzer öffnen und das darin etwa angesammelte Wasser ausströmen lassen. Erst hierauf darf er das Dampfventil nach der Dampfmaschine langsam öffnen.

3. 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 einen lichten Durchmesser von etwa 10 Millimeter.

Wie oft der Heizer den Überhitzer von Ruß reinigen muß, hängt viel von der Kohle ab. Sind die Rußablagerungen groß, so bemerkt der Heizer am Fallen der Überhitzung und an der Verschlechterung des Essenzuges, daß ein öfteres Reinigen des Überhitzers nötig ist.

4. Das Regulieren der Dampfüberhitzung. Bei neuen Dampf- anlagen benutzt man stets hohe Überhitzungsgrade und zwar bis zu 400° Celsius im Überhitzer, in der Rohrleitung nach der Dampfmaschine fällt die Temperatur, so daß sie beim Einlaßventil etwa noch 350° Celsius beträgt. Wird dem Kessel zeitweilig wenig Dampf entnommen, so strömt der Dampf langsamer durch den Überhitzer und wird zu hoch erhitzt. Derartige Temperaturschwankungen, die auch aus andern Ursachen, z. B. bei ungleichmäßiger Befuerung, eintreten, wirken nachteilig; namentlich zu hohe Überhitzung wirkt zerlegend auf das Schmieröl ein und hat Beschädigungen der Laufflächen des Zylinders und der Kolbenringe zur Folge. Auch hält der zu hoch überhitzte Dampf die Überhitzerrohre nicht genügend kühl, so daß letztere erglühen und ausbeulen, was bei etwa $500\text{--}600^{\circ}$ Celsius der Fall ist, oder durch Abbrand beschädigt werden. Eine gute Regulierung der Dampfüberhitzung ist daher von großer Wichtigkeit und erfordert, daß der Heizer die am Überhitzer und an der Dampfmaschine angebrachten Thermometer gut beobachtet. Die Regulierung erfolgt entweder

- a) durch Verstellen der Drehklappen oder der Absperrschieber der Überhitzerkammer,
- b) durch Mischen des Heißdampfes mit Sattdampf aus dem Kessel,
- c) durch Abkühlung des überhitzten Dampfes im Wasser- oder Dampfraum des Kessels oder in einem Speisewasservorwärmer.

a) **Das Regulieren der Überhitzung mittels der Drehklappen oder der Absperrschieber der Überhitzerkammer.** Läßt man sämtliche Heizgase durch die Überhitzerkammer strömen, so wird die Überhitzung am größten, sie wird geringer, wenn nur ein Teil der Heizgase mit dem Überhitzer in Berührung kommt. Durch Verstellen der Drehklappen und Absperrschieber an der Überhitzerkammer ist daher eine Regelung der Dampfüberhitzung möglich. Außen am Kesselmauerwerk angebrachte Hebel mit Arretiervorrichtung zeigen dem Heizer die jeweilige Stellung der Drehklappen und Absperrschieber an. Die Ausschaltklappen sind in der Handhabung vielleicht etwas schwerfällig, haben aber den Vorteil, daß durch ihren Gebrauch der Überhitzer sehr geschont werden kann. Da sie dem Abbrand unterworfen sind, werden sie bei Überhitzern, die an sehr heißen Stellen eingebaut sind, nicht angewendet.

b) **Die Regelung der Überhitzungstemperatur durch Mischen des überhitzten Dampfes mit Sattdampf** ist bei allen Überhitzern möglich und erfolgt dadurch, daß man dem aus dem Überhitzer austretenden zu hoch erhitzten Dampf Sattdampf unmittelbar aus dem Kessel zusetzt. 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. Die Mischung selbst geschieht auf einfachste Weise durch Aufdrehen der Dampfabsperrentile. Je nachdem man mehr oder weniger gesättigten Dampf zu dem überhitzten Dampf hinzutreten läßt, kann man die Temperatur des Mischdampfes regulieren. Diese Regulierung ist demnach verhältnismäßig sehr einfach. Das Mischen des Dampfes hat aber den großen Nachteil, daß gerade dann, wenn der Überhitzer überanstrengt ist, durch die Verringerung der Dampfentnahme aus demselben noch höhere Wand-

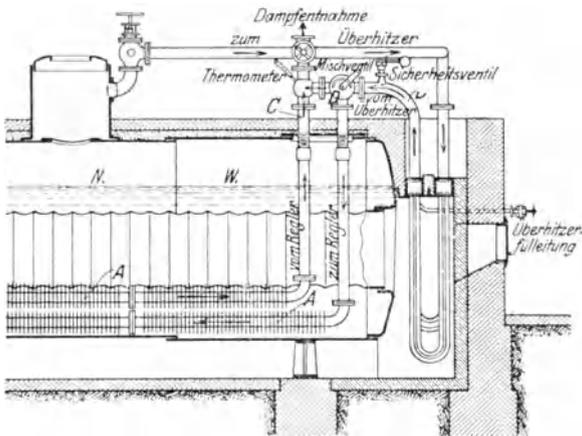


Fig. 53. Heißdampfregler der Deutschen Babcock & Wilcox-Werke.

temperaturen entstehen, Wenn daher auch sonst gegen das Mischen keine Bedenken bestehen, so darf es bei überanstrengtem Überhitzer zur Vermeidung von Beschädigungen des Überhitzers doch nur als Hilfsmittel vorübergehend Anwendung finden.

c) **Die Regelung der Überhitzung durch Abkühlung des überhitzten Dampfes.** Viel verbreitet ist der patentierte Heißdampfregler der Deutschen Babcock & Wilcox-Werke (Fig. 53). Derselbe besteht aus einem in den Wasser- und Dampfraum eingebauten Kühler, der aus schmiedeeisernen Rippenrohren zusammengesetzt und an den Dampfüberhitzer und das Dampfrohr nach der Dampfmaschine angeschlossen ist. An seiner Anschlußstelle an den Dampfüberhitzer ist ein Regulierventil eingebaut, in welchem der überhitzte Dampf aus dem Überhitzer in zwei Teilströme zerlegt wird,

von denen der eine durch den Kühler strömt. Der in dem Kühler abgekühlte Dampf, der aber immer noch bis zu einem gewissen Grade überhitzt ist, trifft nach seinem Austritt 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 den Kühler hindurchströmen läßt, erzielt er eine niedrigere oder höhere Temperatur des Arbeitsdampfes. Die Einstellung des Regulierventils ist außerordentlich einfach, unmittelbar neben demselben befindet sich das Kontrollthermometer. Bei der Kesselreinigung muß der Heizer darauf achten, daß auch der Kühler von etwa anhaftendem Kesselstein und Schlamm gereinigt wird und daß er insbesondere nicht angegriffen ist; schreiten etwaige Anrostungen des Kühlers fort und wird er durchlässig, so besteht natürlich die Gefahr, daß in den Kühler Kesselwasser eindringt, was zur Vermeidung von Wasserschlägen in der Rohrleitung nach der Dampfmaschine sehr unerwünscht ist.

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. 143 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.

Die Anwendbarkeit der Dampfüberhitzung. Durch den überhitzten Dampf wird fast jede unerwünschte Kondensation der Dampfleitung und im Dampfmaschinenzylinder vermieden, so daß der Dampfverbrauch wesentlich heruntergedrückt wird. Es ist daher auch bei älteren, nicht als Heißdampfmaschinen gebauten Dampfmaschinen und zumal bei langen Rohrleitungen immer empfehlenswert, den Dampf mäßig, bis auf etwa 230°

Celsius zu erhitzen, da auch hierdurch die gefürchteten, bei Maßdampf leicht auftretenden Wasserschläge vermieden werden. Bei hohen Überhitzungstemperaturen müssen die Dampfmaschinen besonders konstruiert sein. Anfänglich, vor etwa 25 Jahren, stieß die Einführung des überhitzten Dampfes vielfach auf Widerstand. Man befürchtete eine rasche Abnutzung der Dampfmaschinen, weil der trockene und hoch überhitzte Dampf die Schmiermittel zerlegen würde. Diese Befürchtungen waren zwar nicht ganz unzutreffend, man hat jedoch geeignete Schmiermittel für hohe Temperaturen ausfindig gemacht und auch das Eisen für die Dampfzylinder und Kolben entsprechend verbessert. Gegenwärtig wird die Dampfüberhitzung für fast alle Dampfmaschinen über etwa 40—50 PS angewendet. Für Heiz- und Kochzwecke ist die Dampfüberhitzung wenig gebräuchlich und man verwendet hierbei in Betrieben, die überhitzten Dampf in der Dampfmaschine benutzen, für gewöhnlich Sattdampf (der hohen, mitunter nicht verwendbaren Temperatur halber).

Verstopfungen der Überhitzerrohre bei unreinem Dampf. Gelangt der Dampf sehr naß in den Überhitzer, so bilden sich, falls nicht ganz reines (destilliertes) Speisewasser verwendet wird, in den Überhitzerrohren im Laufe der Zeit Ablagerungen, die die Überhitzung wesentlich beeinträchtigen und mitunter die Überhitzerrohre fast verstopfen, so daß letztere aufplagen. In solchen Fällen empfiehlt es sich, den Dampfraum des Kessels durch einen Aufbau (Dampfdom, Dampfsammler) zu vergrößern, in welchem der Dampf vor dem Eintritt in den Überhitzer das mitgerissene Wasser ausscheidet. Mitunter werden die Dampfunreinigkeiten auch vom überhitzten Dampf in Form von feinem Staub mit fortgerissen und haben dann einen erheblichen Ölverbrauch und eine schnelle Abnutzung der Dampfmaschine zur Folge.

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.

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, erfieht 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 auf-

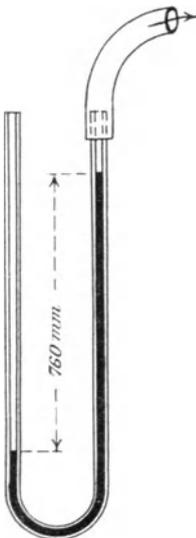


Fig. 54.

wärts 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 der 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 Wassersäule, 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 Wassersäule ein luftleerer Raum oder, wie man mit dem lateinischen Worte sagt, ein Vakuum.

Die **Saughöhen** 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 Pumpentiefel heben muß und eine vollständige Luftleere darin nicht erreichbar ist, höchstens 8 Meter betragen. Bedingung ist hierbei, daß die Temperatur des Wassers 0° 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 Bergfuße, 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 im Buche „Der Maschinenkursus“). 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 Kubiccentimeter = 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 Dampfkesselatmosphärenndruck 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 jedem Quadratcentimeter der inneren Kesselfläche lastet ein Druck von $7 + 1 = 8$ Kilogramm.

IX. Beschreibung und Bedienung der hauptsächlichsten Kesselarten.

Allgemeine Anforderungen an einen Dampfkessel. Die Bauart der Dampfkessel richtet sich nach den jeweiligen Platz- und Betriebsverhältnissen. Die allgemeinen Anforderungen an einen Kessel 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 sich die Dampfspannung leicht auf gleichmäßiger Höhe halten lassen. Der Heizer muß zwar beim Eintritt eines stärkeren Dampfverbrauches durch eine Verstärkung des Feuers und durch rechtzeitiges Hochhalten des Wasserstandes das Fallen des Dampfdruckes verhüten, trotzdem ist letzteres nicht immer zu vermeiden, 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 Dampfmenngen 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 Dampfverbrauch als Regulator für die Dampferzeugung und verhütet bei 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 93 ersichtlich ist, ab, sobald die Dampfspannung fällt. In einem Dampfkessel mit großem Wasserinhalt wird aber die aufgespeicherte Wärmemenge 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 93 bei einem Betriebsdruck von 8 Atm. im Wasserraum 20×171490 Wärmeeinheiten, im Dampfraum hingegen nur 6×2015 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 Wasserraum anzuwenden. (Feuerspritzkessel, Kessel für Elektrizitätswerke usw.)

3. Der Kessel soll trocknen Dampf liefern, zu diesem Zwecke dürfen Dampfraum und Wasserspiegel nicht zu klein sein. Der Dampfraum dient nicht zur Ansammlung eines Dampfvorrates, sondern zur Ausscheidung des vom Dampf mitgerissenen Wassers. Er wird daher durch den Dampfdom oder Dampfsammler vergrößert, an denen auch die Absperr- und Sicherheitsventile angebracht werden. Häufig wird zur Entwässerung des Dampfes im obersten Teile des Kessels ein geschütztes oder gelöchertes Dampfentnahmerohr eingebaut.

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 einen genügenden Spielraum bieten, so daß während des verstärkten Dampfverbrauches die Speisung ruhen und bis zu den Betriebspausen damit gewartet werden kann. Ist er zu klein, muß also der Kessel auch bei verstärkter Dampfentnahme gespeist werden, so ist es für den Heizer 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.

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 gewölbte 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 Kesselfende 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 Schüffe 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 Schornsteinfuß abziehen.

Der einfache Walzenkessel besitzt von allen Kesselsystemen im Verhältnis zu seiner Heizfläche den größten Wasserraum. Er eignet sich daher

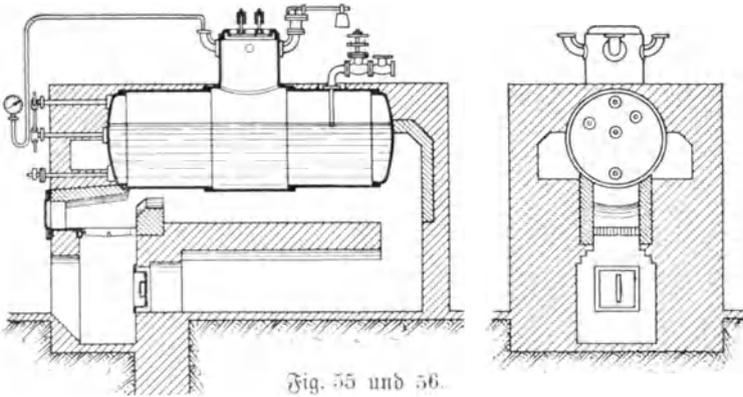


Fig. 55 und 56.

Einfacher Walzenkessel von Sulzberger & Co., Flöha.

für Betriebe mit nicht allzugroßem, aber stark schwankendem Dampfverbrauche. Infolge seines großen Wasserspiegels und Dampfraumes 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 Koft 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, legt man mehrere Zylinderkessel übereinander und vereinigt sie durch mehrere Stutzen von 350 bis 450 Millimeter lichter Weite. Der gebräuchlichste Kessel dieser Art ist der Siederohrkessel mit einem Oberkessel und einem darunter liegenden kleineren Unterkessel. Beide sind durch aufgenietete Stutzen mit einander 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 Mantelschiffe 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 Unterkessel 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 800 Millimeter haben. Man nennt sie Sieder, Vorwärmer, früher auch nach der französischen Bezeichnung *Bouillière*.

Die Heizzase 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 Essensfuchs. 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 zu-

weilen durch eine eiserne Zunge, da das Mauerwerk bei Betriebsstillständen die Feuchtigkeit aufsaugt und der Kessel an den Aufliegeflächen 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 Dampfäumen wagerecht liegen, sind die Unterkessel beträchtlich schräg gestellt, wodurch das Aufsteigen des Dampfes nach dem Dampfraum und das Ablassen des Kessels durch den Ablasshahn sehr erleichtert werden. Das Speiserohr mündet in einen der beiden Oberkessel.

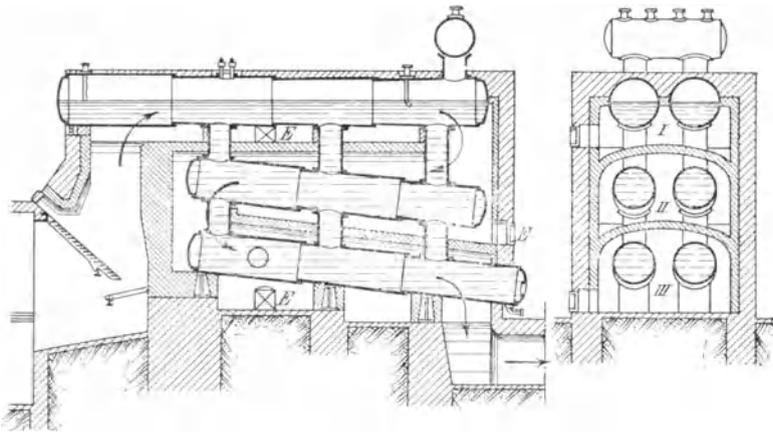


Fig. 57 und 58.

Mehrfacher Walzenkessel von Carl Sulzberger & Co., Flöha i. Sachsen.

Ein anderer mehrfacher Walzenkessel besteht aus zwei Oberkesseln und zwei Unterkesseln, bei denen die Dampfäume der Oberkessel durch einen gemeinsamen Dampfsammler verbunden sind. Die Unterkessel enthalten meist nur Verbindungsstutzen mit dem Oberkessel, doch werden sie auch bei manchen 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 Innenwänden 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 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 Längs-

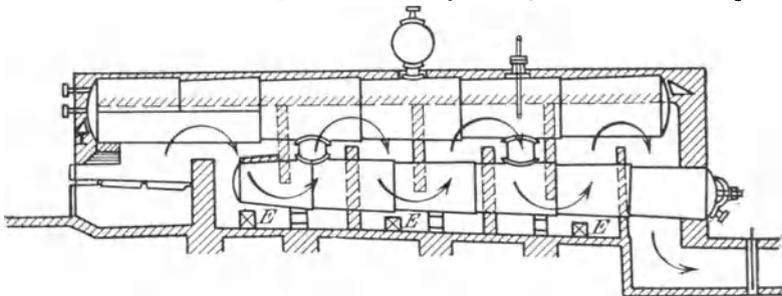


Fig. 59. Walzenkessel mit kammernförmiger Einmauerung.

seite frei stehen. Die Öffnungen E bringt man möglichst dicht an den senkrechten Zwischenwänden an, da sich vor diesen die meiste Flugasche niederschlägt und sich letztere alsdann bequem herausziehen läßt.

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 billigen Kohlen von Wert ist, auf die einfachste Weise den Einbau eines großen Rostes, erzeugt trockenen Dampf, eignet sich infolge seines großen Wasser- raumes für Betriebe mit schwankendem Dampfverbrauch und ist bei der Kesselreinigung leicht befahrbar.

Der Tenbrinkkessel ist ein mehrfacher Walzenkessel mit einem vorn quer eingebauten Walzenkessel, der mit den Längskesseln durch mehrere Stugen verbunden ist und ein oder zwei Feuerrohre hat, in denen die Schrägrostfeuerung (siehe Fig. 29) untergebracht ist. Er ist namentlich in Süddeutschland häufig angewendet.

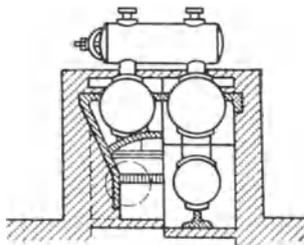


Fig. 60.

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 Kohenschlamm 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 Kohenschlamm erforderlichen Rostflächengröße an den mehrfachen Walzenkesseln sehr gut unterbringen läßt,

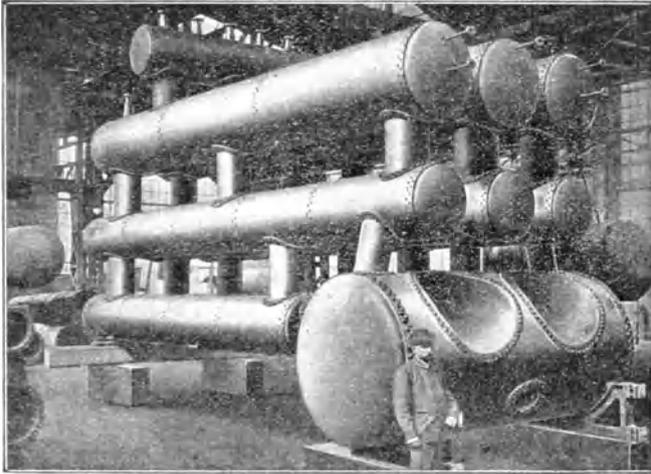


Fig. 61.

Tenbrinkkessel von M. Streicher in Stuttgart-Ganstatt.

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 wagerechte 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 Heizgasen durchströmt. Je nach der Zahl dieser Flammröhre unterscheidet man Ein-, Zwei- und Dreiflammrohrkessel. Bei dem Einflammrohrkessel wird das Flammrohr in der Regel seitwärts eingebaut; man nennt daher einen derartigen Kessel auch Seitrohrkessel. Die seitliche Lage des Flammrohres 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 Winkleisen entlang der weiten Seite fehlen, da sie die Befahrung des Kessels wesentlich erleichtert. Auch bei den Zwei- und Dreiflammrohrkesseln 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 Flammrohrschüffe 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 Ablaufvorrichtung, 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 Flammrohrschüffen 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 Flammrohre stets den ersten Zug bilden. Bei der gebräuchlichsten Anordnung werden dann die hinten aus den Flammrohren strömenden Heizgase in zwei Seitenzügen nach vorn und durch den Zug unter dem Kessel — dem Unterzuge — nach dem Essenfuchs geführt. Bei einer anderen Einmauerungsart strömen die Heizgase aus den Flammrohren zunächst in den Unterzug und von diesem erst in die Seitenzüge. Diese Zuanordnung 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;

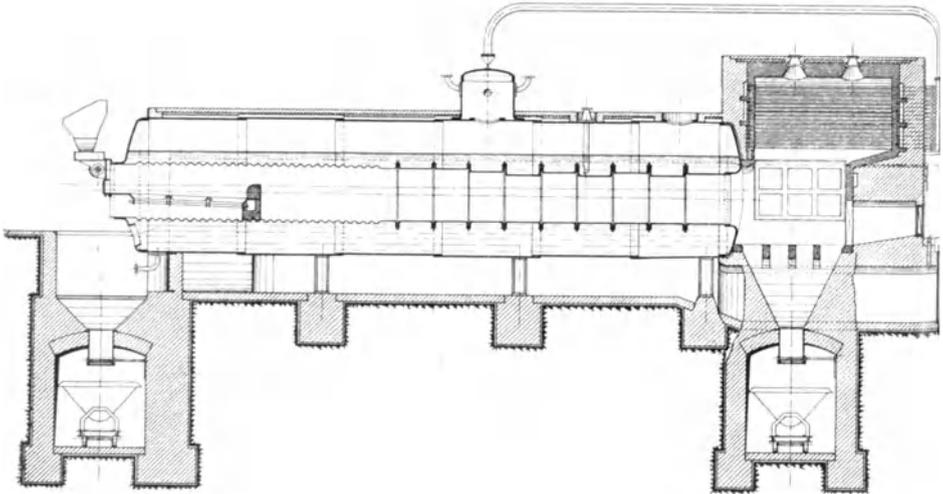


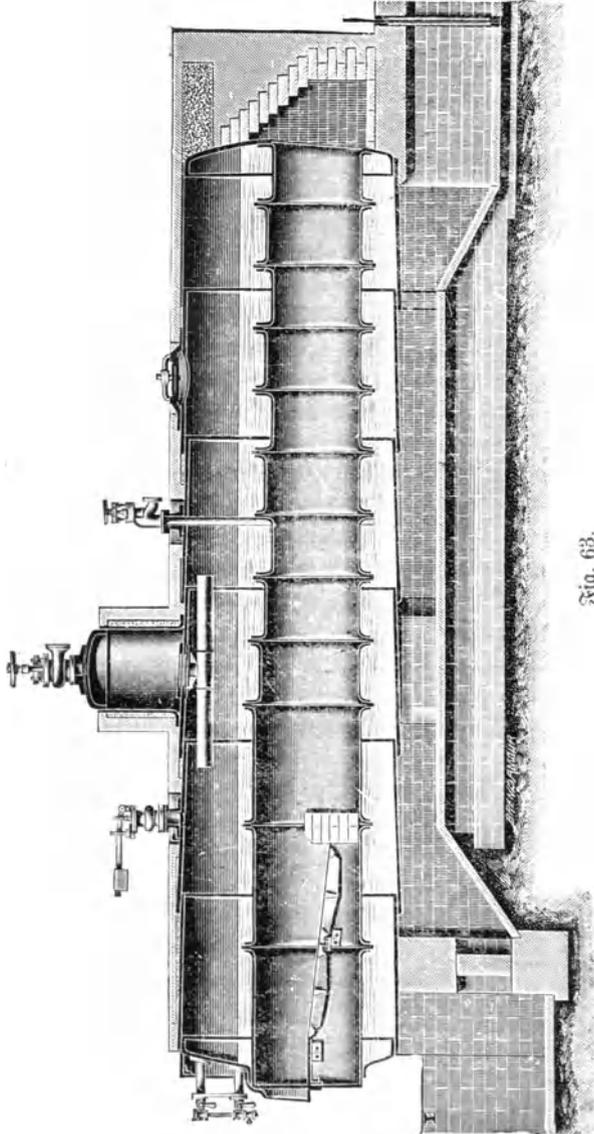
Fig. 62. Stufenrohrkessel mit wagerechtem Dampfüberhitzer von F. L. Dschak, Meerane.

sie hat sich aber nicht wesentlich eingeführt, weil die erstbesprochene 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 in Folge des kleinen Kesseldurchmessers 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 lichte[m] 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. 62 zeigt einen Flammrohrkessel mit Überhitzer aus der Kesselschmiede von Dschag, Merane, Fig. 63 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 vorderen Flammrohrschüffe sind bei größeren Flammrohrkesseln in der Regel etwas weiter als die hinteren, damit ein breiter Kofst eingebaut werden kann. Bei allen Flammrohrarten vermeidet

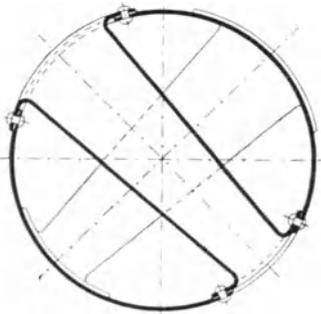


Fig. 64.

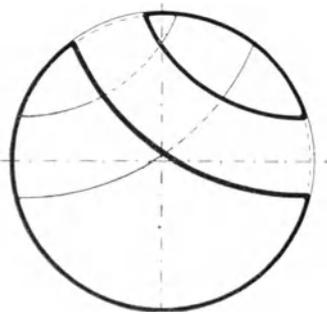


Fig. 65.

Flammrohr mit geraden und gekrümmten Gallowayrohren.

man im Feuerraum 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 mit Flugasche bedeckt werden. Bei den Stufenrohrkesseln schließen sich an den ersten Flammrohrschuß eine große Anzahl sehr kurzer Flammrohrschüffe von abwechselnd engem und weitem Durchmesser an. Ihre Länge ist etwa gleich ihrem Durchmesser. Sie sind so miteinander verbunden, daß die unteren Mantellinien der Schüffe entlang dem ganzen Flammrohre eine gerade Linie bilden. Hierdurch wird die Ablagerung der Flugasche in den weiten Schüffen verhindert und deren Beseitigung beim Herausziehen mit einer Krücke erleichtert. Die Stufenrohre 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. 64, 65) sind die bereits früher erwähnten, in die Flammrohre quer eingesetzten Rohre, sogenannte Quersieder. Damit ausgerüstete Kessel nennt man Gallowaykessel (siehe Unterkessel in Fig. 70). Sie fördern den Wasserumlauf im Kessel und versteifen die Flammrohre 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. Seit einigen Jahren werden sie auch in gewellten Flammrohren angebracht.

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.
2. Infolge des größeren Flammrohrdurchmessers läßt sich ein breiter Kof 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 lichten 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 Vorteil 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 Kostflächen 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 Dampfverbrauch und liefern infolge des großen Dampfraumes und des großen Wasserspiegels ziemlich trockenen Dampf. Sie ermöglichen infolge

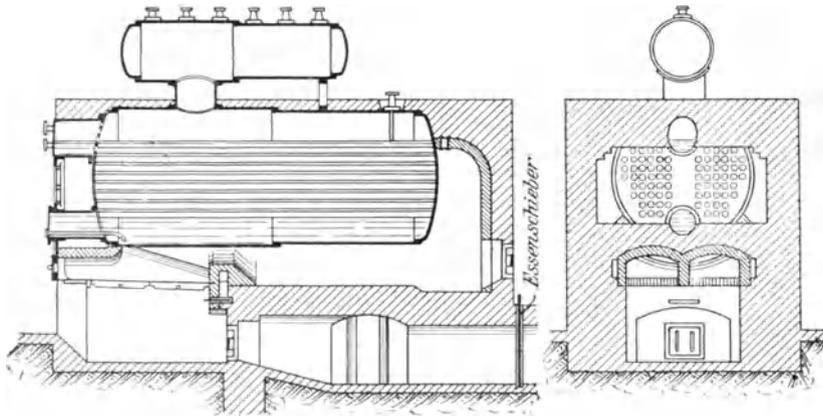


Fig. 66 und 67. Heiz- (Rauch-) rohrkessel von Sulzberger & Co., Flöha.

ihrer Einfachheit einen sicheren und ungestörten Betrieb, verursachen wenig Reparaturen und sind bei entsprechender Bauart für die innere Reinigung nicht allzu schwierig zugänglich. Über ihre Anwendbarkeit für große Anlagen gehen die Ansichten auseinander; während sie vielfach vom Wasserrohrkessel verdrängt worden sind, da sie zuviel Platz wegnehmen und ihr Anheizen zu viel Zeit in Anspruch nimmt, sind sie auch in neueren ganz großen Kraftzentralen dennoch aufgestellt worden (Kraftzentrale Lauchhammerwerk).

Der Heizrohrkessel (Fig. 66 und 67). 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 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

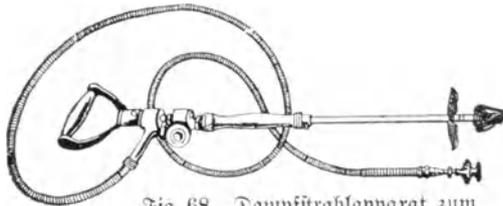


Fig. 68. Dampfstrahlapparat zum

Reinigen der Rauchrohre von Fraissinet, Chemnitz. Reinigen der Rauchrohre von Fraissinet, Chemnitz. 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.

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 Effenzug vermindert werden, müssen die Rohre öfters ausgefegt werden. Man benutzt hierzu Dampfstrahlapparate (Fig. 68, 68a) oder Drahtbürsten. Auch bei nicht allzugroßen Rußansammlungen in den Heiz-

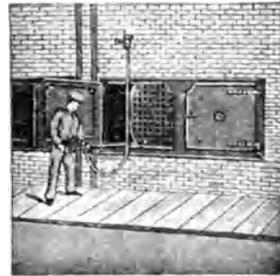


Fig. 68 a. Ruß- und Flugasche-Reinigungsapparat der Metallschlauchfabrik Gebrüder Jacob, Zwickau, im Gebrauche.

röhren 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 Effenzuge vorgenommen. Die Heizrohre müssen für die öftere Reinigung leicht zugänglich sein, und es wird deshalb der vor ihnen

liegende Effenzug 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 Böcher im Rohrboden keineswegs unzuverlässig. Häufig erhalten Kessel mit gewölbten Böden weniger Rohre als Kessel mit flachen Böden. Manche Kesselabriken bevorzugen daher Kessel mit ebenen Stirnböden, trotzdem letztere durch Anferrohre oder durch besondere Anker 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 Stuzens am vorderen Rohrboden unterhalb der Heizrohre oder an einem Stuzen oben auf dem Kesselmantel 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 Einhängerohr 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 über dem Roste 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. 66) oder gleichfalls ein Zweiflammrohrkessel (Fig. 62, 63). Ober- und Unterkessel werden durch einen oder zwei Stutzen 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 Dampfraume 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. Dampfstaunungen 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 Stutzen 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 Abflusstutzen 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 Dampf Räume 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 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 Notfalle, wenn die Wasser-
spiegel in beiden Kesseln zu weit gesunken sind, und die Speisung des
Unterkessels durch den Oberkessel hindurch zu lange dauern würde, muß
der Heizer den Unterkessel auf direktem Wege zuerst voll speisen.

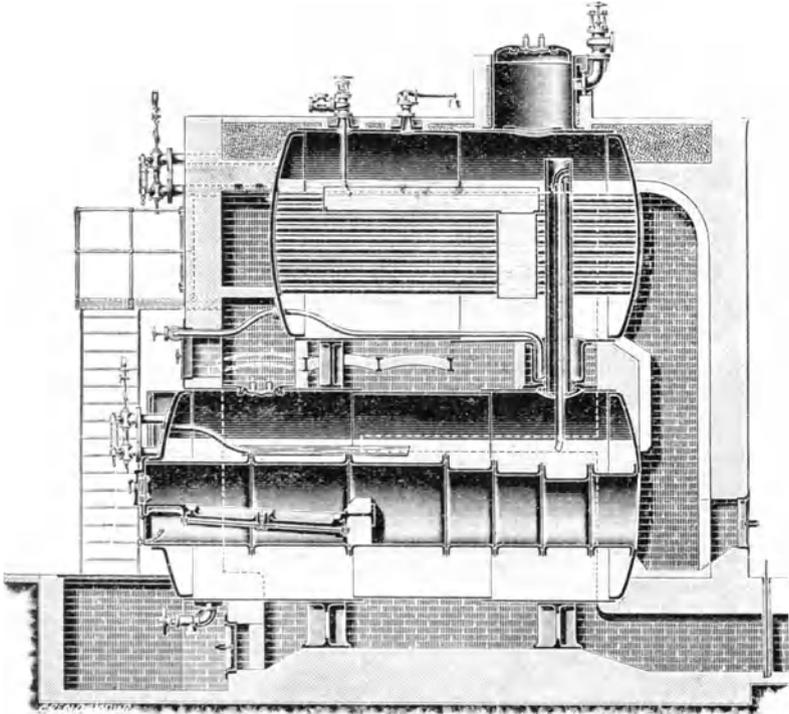


Fig. 69. Kombiniertes Kessel der Firma A. G. Paucksch, Landsberg a. W.,
im Oberkessel mit Speiserinne.

Den Dampfraum des Unterkessels läßt man in der Regel nicht von
den Heizgasen bestreichen, sondern man deckt ihn außen mit einer Ziegel-
schicht ab, damit der Kessel nicht als Oberzugkessel gelte und von den hier-
für vorgeschriebenen häufigen amtlichen Untersuchungen befreit bleibt.

Die kombinierten Kessel (oben Heizrohr-, unten Zwei- oder Dreiflam-
mrohrkessel, Fig. 69, 70) werden in sehr großen Abmessungen von 100 bis
700 Quadratmeter Heizfläche hergestellt. Bei einem großen Kessel entfallen
auf den Mantel des Unterkessels 42,81, auf die Wellrohrflamrohr 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

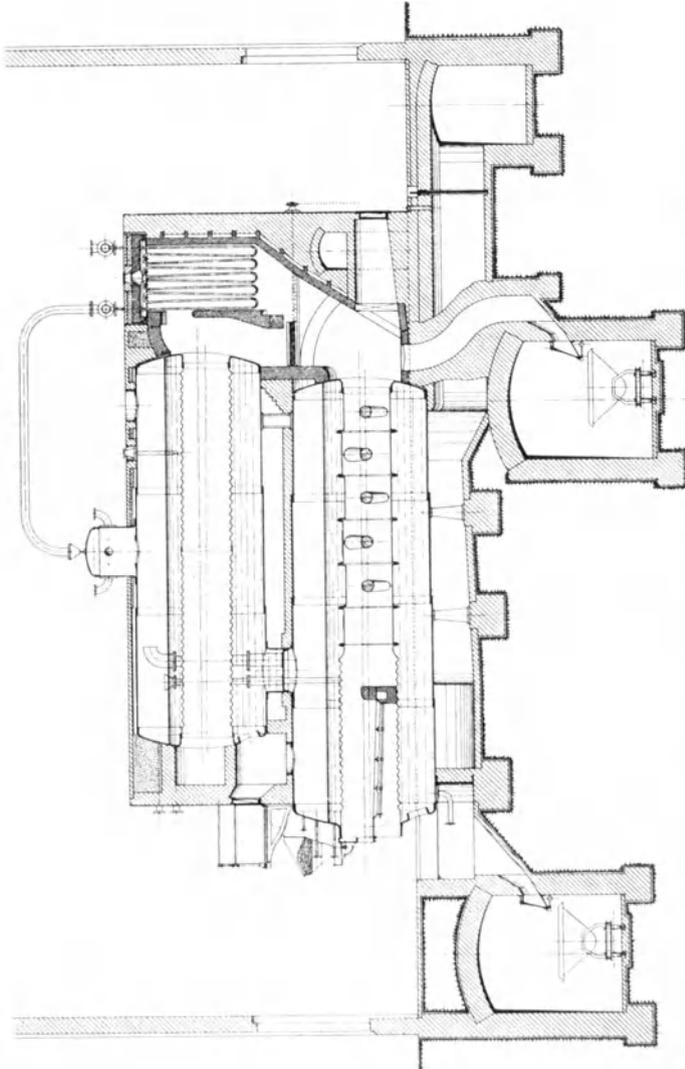


Fig. 70. Kombiniertes Kessel der Firma F. L. Dschay, Meerane i. Sa.,
Kammrohr im Unterteil mit Gallowayrohren.

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 Planroststinnenfeuerung, die bei neueren und größeren Kesseln einen selbsttätigen Beschickungsapparat mittels Wurfrad oder Wurf- schaufel erhält. Bei großen Kesselanlagen macht sich dann der Mangel dieser Feuerungen, daß sie von Hand abgeschlackt werden müssen, durch Verminderung der Kesselleistung sehr bemerkbar.

Der ausziehbare Röhrenkessel (Fig. 71) besteht aus einem äußeren Kessel mit ebenen Stirnböden und einem ausziehbaren Rohrsystem. Letzteres besteht aus den Heizrohren und der Feuerbuche, die bei größeren Kesseln aus Wellrohren und bei kleineren Kesseln aus glatten Rohren gebildet wird. Die Heizrohre sind vorn in die Feuerbuche

und hinten in eine Rohrwand eingewalzt. Etwaige Anferrohre sind eingeschraubt. Das fertige Rohrsystem wird in den Außenkessel eingeschoben

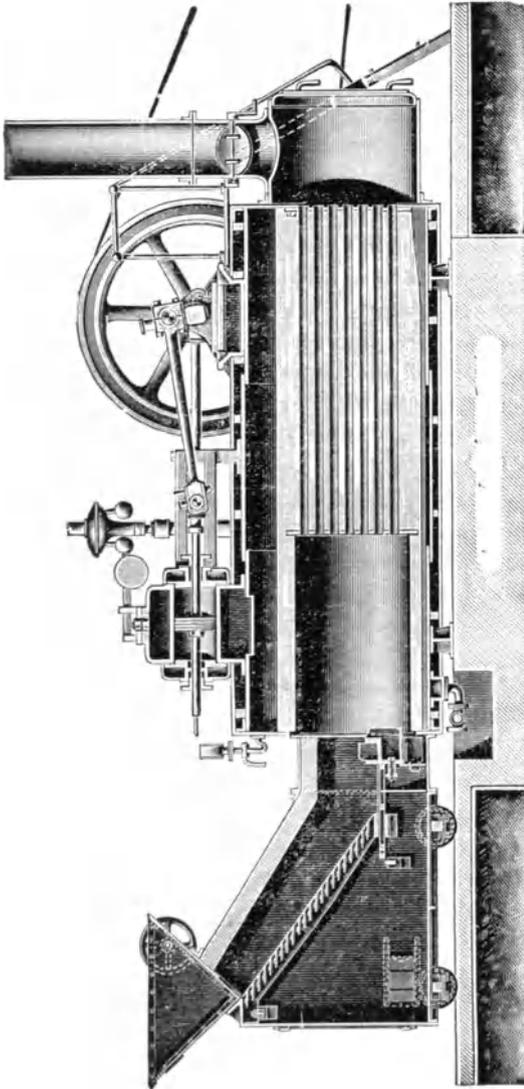


Fig. 71. Ausziehbarer Röhrenkessel mit Treppenrostfeuerung von Hoff, Zwickau.

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 abgeschrägte, innen auf den Langkessel angenietete Blechecken 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. Beim Ausziehen des Rohrsystems verfährt man in folgender Weise: Sobald der Kessel abgelassen, also noch warm, aber ohne Druck ist, löst man die mit Petroleum angefeuchteten Muttern und drückt das Rohrsystem mittels einer Winde von der Rauchkammer aus los. Die Feuerbuchse muß unterbaut werden, damit sie nicht herunterkippt. Beim Wiedereinschieben des vom Kesselstein gereinigten Rohrsystems darf das Gewinde der Schrauben nicht beschädigt werden; schlechte Schrauben müssen ausgewechselt, die anderen zweckmäßigerweise mit einer Nachschneidemutter nachgeschnitten werden. Die Schrauben sind während des Anheizens allmählich und gleichmäßig und zwar zunächst immer die einander gegenüberliegenden anzuziehen.

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 vorhanden ist, wird eine Drehklappe oder ein eiserner Essenschieber zur Regelung des Essenzuges angebracht. Bei den sogenannten Heißdampf-kesseln wird in der Rauchgaskammer der Dampfüberhitzer eingebaut, der aus starken, nahtlosen schmiedeeisernen Röhren hergestellt wird und sich somit unmittelbar hinter den Siederohren befindet. Die Heizrohre und der Überhitzer müssen öfter von Ruß und Flugasche gereinigt werden, wozu die Kessel mit einer Dampfausblaseeinrichtung ausgerüstet werden. Der Abstand von den einzelnen Heizrohren ist so bemessen, daß selbst bei großen Dampf-kesseln 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 Holzschelte, Stroh oder Braunkohlenbriketts verfeuert werden, so bringt man der erforderlichen größeren Kostfläche 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 verhältnißmäßig geringes Gewicht haben. Sie nutzen ferner die Kohle gut aus und liefern beim Anheizen schnell Dampf, so daß sie sich namentlich für zeitweiligen Betrieb gut eignen. Trotz der Heizrohre lassen sich die Kessel ziemlich gut reinigen, weil man das Röhrenbündel mit der Feuerbuchse herausziehen kann. Zum Reinigen der Rohre vom Kesselstein kann man mit Nutzen Rohrreiniger 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 Sicherheitsdampfessel 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 Röhren vorkommt, so werden die der größten Hitze ausgesetzten Rohre glühend und plagen 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 Wasserammern sowie eine Mindestneigung der Rohre vorgeschrieben.

Die Wasserammern werden entweder an beiden Enden oder nur am vorderen Ende der Siederohre angebracht. Erstere nennt man Zweikammer-,

letztere Einkammertessel, obgleich sie tatsächlich auch ein Zweikammer-System darstellen.

Bekannte **Einkammertessel** sind der Dürre- oder Gehretessel und der Willmannkessel. Dieselben besitzen völlig getrennte Wege für Wasser und Dampf. Bei beiden Kesselsystemen ist die Wasserkammer durch eine dünne Zwischenwand in zwei Teile geteilt, so daß auch diese Kessel eigentlich Zweikammertessel sind. Ein lebhafter Wasserumlauf wird dadurch erzielt, daß in jedes Siederohr *a* noch ein zweites, engeres Rohr *b* erngeschoben ist. Bei den Dürrekesseln münden die Siederohre in den inneren, die Einschlebrohre dagegen in den äußeren Teil der Wasserkammer (Fig. 72). Das Wasser tritt aus der vorderen Kammerhälfte in die Einschlebrohre, strömt darin nach hinten und gelangt in den Zwischenraum zwischen Einschlebrohr

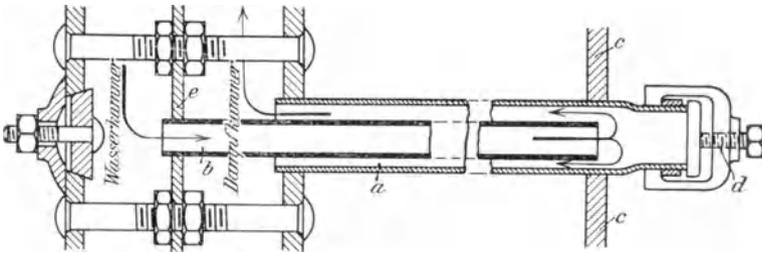


Fig. 72. Siederohr mit Wasserkammern des Dürrekessels.

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 Dampf-kammer 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 noch 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 obensiehende Skizze zeigt, mit einem abnehmbaren Deckel oder mit einem anderen lösbaren Verschluss versehen, damit die Einschlebrohre 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, die zugleich als Abschluß der Feuerzüge dient, und über welche die hinteren Rohrschlüße hervorstehe, so daß letztere während des Betriebes vom Heizer kontrolliert werden können. Die Ober-

kessel liegen entweder ganz oder teilweise innerhalb der Kesselzüge und dienen daher auch mit zur Dampferzeugung. Die Einkammerkessel werden gegenwärtig wenig angewendet, da die Wasserzirkulation in denselben für hohe Beanspruchung nicht ausreicht.

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 eingesetzt 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 eingesetzt 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 Verschlussdeckel entweder Gummi- oder auch Kupferringe verwendet. Einige Kesselabriken 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 73 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 die 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 nach hinten

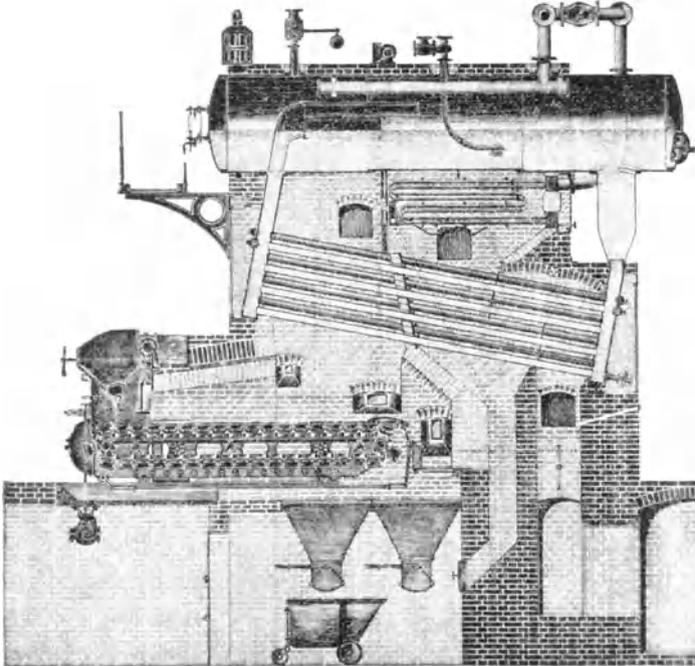


Fig. 73. Wasserrohrkessel mit Überhitzer von Steinmüller, Gummersbach.

leitet, ein Aufspritzen desselben im Dampfraum verhütet und den Wasserstand in den Wasserstandsgläsern ruhig hält.

Bei dem Babcox- und Wilcox-Röhrenkessel (Fig. 74) sind die Wasserkammern einzelne Abteilungen, durch welche die in senkrechter Richtung übereinander liegenden Röhre miteinander verbunden sind. Der zwischen den nebeneinander liegenden Abteilungen vorhandene Spalt wird zur Verhütung des Durchschlagens der Feuergase mit Asbestschnur ausgefüllt. Durch diese Verlegung werden Verankerungen der Wasserkammern überflüssig. Die 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 Verbrache in einer besonderen Reinigungsanlage von den Kesselsteinbildern befreit ist. Denn trotz des lebhaften Wasserumlaufes setzt sich bei ungereinigtem Speisewasser Kesselstein in den Siederohren ab,

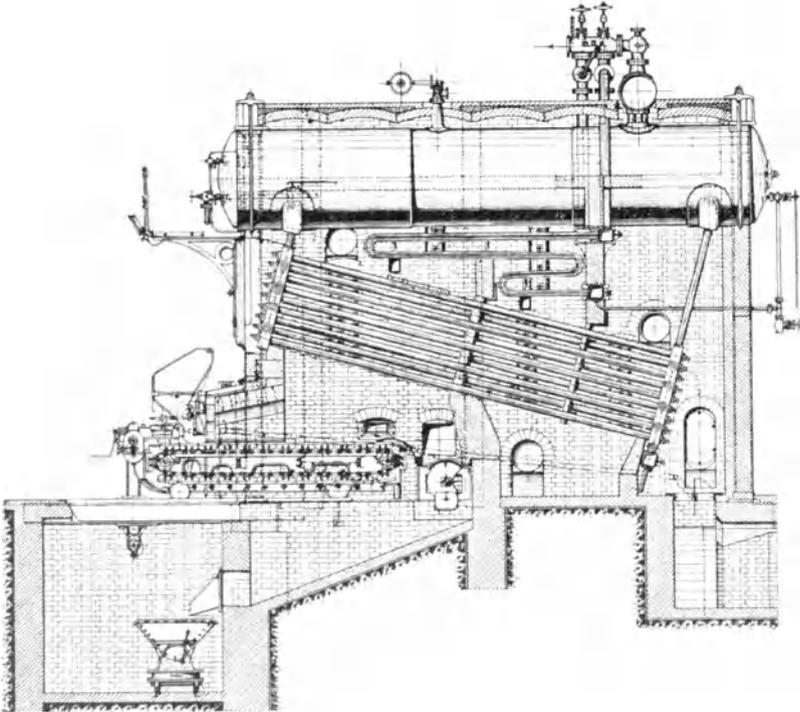


Fig. 74. Wasserrohrkessel mit Füllvorrichtung am Überhitzer (Babcock-Wilcoxwert).

der sich nur schwierig und nur mit sogenannten Rohr- oder Turbinenreinigungsmitteln entfernen läßt (Fig. 49). 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 Quervand eingesetzt, durch die verhindert werden soll, daß der Schlamm aus dem Oberkessel in die hintere Wasserkammer und in die Siederohre geschleppt wird.

Die über dem Feuer gelegenen Siederohre werden häufig krumm und müssen dann entweder erneuert oder doch gut beobachtet werden, da bei ihnen die Gefahr besteht, daß sie sich aus der Einwalzstelle herausziehen. Bei den Siederohren der untersten Rohrreihen wird infolge des fortwährenden Anprallens von Flugasche die Wandung oft so dünn, daß die Rohre aufreißen (Fig. 75).

Die Wasserrohrkessel nehmen bei großer Heizfläche wenig Bodenfläche in Anspruch, lassen sich schnell anheizen und gestatten die Anwendung großer Koste. 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 Großwassertankkessel.

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 Fig. 23.)

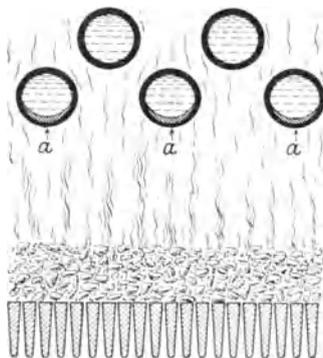


Fig. 75. Die untersten Siederohre sind an den Stellen a außen durch die anprallende Flugasche geschwächt und innen mit Kesselstein behaftet.

Fig. 75 a zeigt das Abblasen des Rußes und der Flugasche von den Siederohren mittels eines Dampfblaseapparates (siehe Fig. 68). Je nach ihrer Bauart sind die Kessel vorn, hinten oder seitlich durch geeignete Öffnungen für das Rußabblasen zugänglich gemacht; mitunter fehlt diese Einrichtung auch ganz.

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 Rohrenaufwalzapparates oder einer Rohrdichtmaschine siehe Abschnitt X.) Der lichte Durchmesser der Siederohre beträgt etwa 60 bis 100 Millimeter.

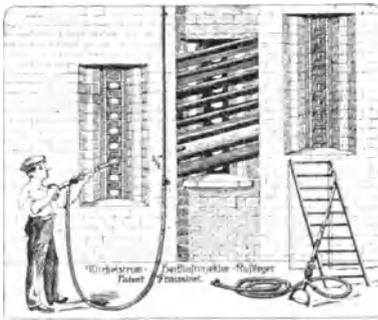


Fig. 75 a. Abblasen des Rußes und der Flugasche an einem Wasserrohrkessel.

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 (Garbkessel), so wird das Rohrbündel durch eine zwischen die mittleren Rohre quer eingefegte 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 heraus-

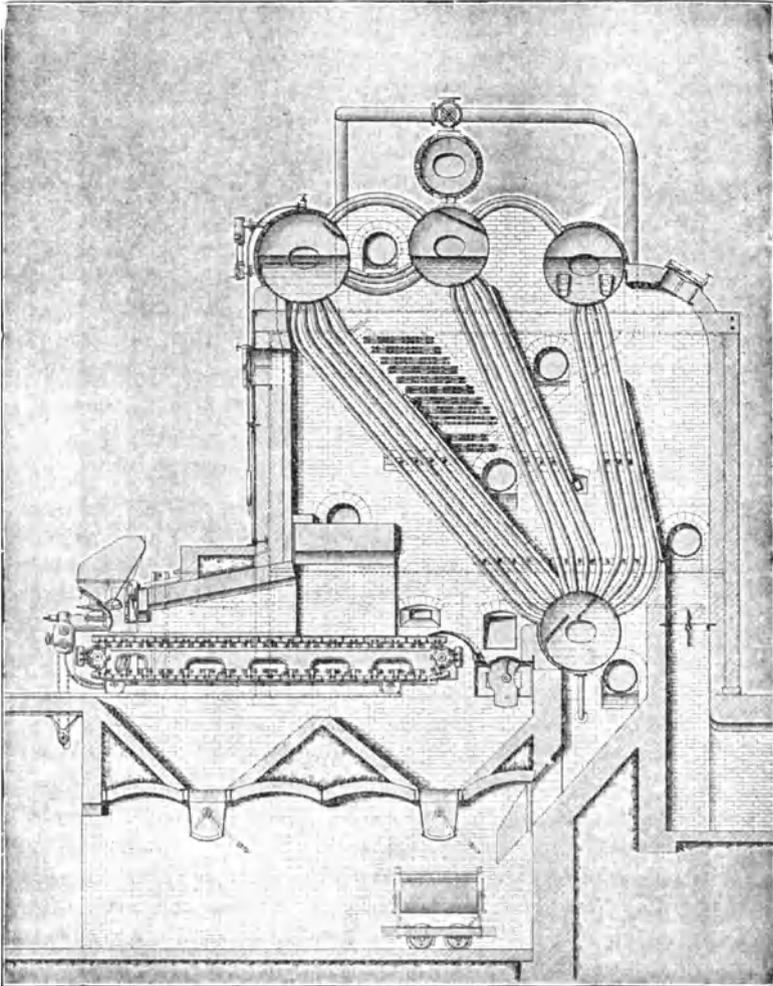


Fig. 76. Steilrohrkessel der Babcox-Wilcoxwerke mit Wanderrost und Überhitzer.

befördert 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 Kesselflächen 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 abgeschläckt werden muß. Hieraus erklären sich 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, die sich bei längerer Betriebsdauer vergrößerten und eine Erneuerung der Siederohre erforderlich machten. Die Entstehung der Haarrisse und die Ausbeulung der Steilrohre wird durch Kesselsteinansatz begünstigt. Auch gereinigtes Speisewasser setzt trotz der lebhaften Strömung in den Rohren eine dünne Kesselstein- oder Schlammkruste ab, die öfter mittels der Turbinenrohrreiniger zu entfernen ist. Bei jeder Kesselreinigung muß der Heizer die Steilrohre an gefährdeten Stellen genau untersuchen. Manche Kesselbaufirmen geben auch den vordersten Steilrohren eine Wanddicke von 4, gegenüber 3 Millimetern der anderen Rohre. Die Steilrohrkessel werden mit einer Heizfläche von 150 bis 700 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 Dampfüberhizern 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 nutzbar gemacht worden. Die Wasserrohrkessel sind bisher für Dampfspannungen bis zu 17 Atm. gebaut worden. Fig. 76 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. 98 abgebildeten Rohrkrümmer. Fig. 77 zeigt den Steilrohrkessel der Sächs. Maschinenfabrik von Rich. Hartmann in Chemnitz i. Sa., mit zwei Unterkesseln, durch die die Entfernung der Flugasche wesentlich erleichtert wird.

Auf eine solide Ausführung der Feuerungsgewölbe ist bei den Steilrohrkesseln großer Wert zu legen. Bei jeder Kesselreinigung ist das Mauerwerk nachzusehen und nötigenfalls auszubessern.

Statt der vollen massiven Scheidewände und Bogen baut die Einmauerungsfirma Heinicke in Chemnitz 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 Mauerbogen geringer als bei der sonst üblichen Einmauerung.

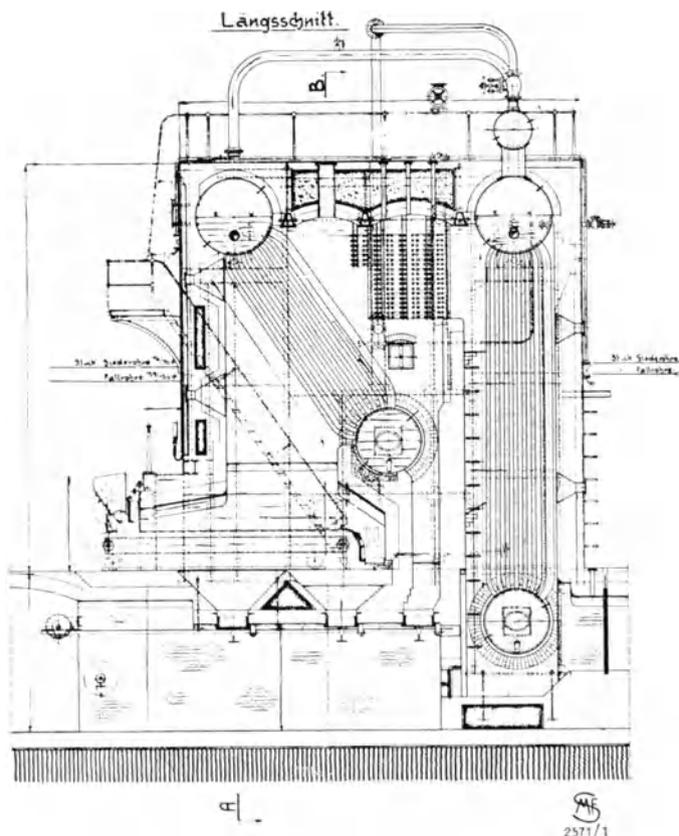


Fig. 77. Steilrohrkessel der Sächsischen Maschinenfabrik, Chemnitz, mit 2 Ober- und 2 Unterkesseln.

Der Schiffskessel. Ein gebräuchlicher Schiffskessel, der auf Seeschiffen und auf Flußdampfern vielfach verwendet wird, ist der nebenstehend abgebildete zylindrische, sogenannte Schottische Kessel (Fig. 79). 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 Feuerfammekammer münden, die

völlig im Kessel untergebracht und daher allseitig vom Wasser bespült wird. Die Feuerkammern sind mit dem hinteren Stirnboden durch Stehholzen versteift. Oberhalb der Flammrohre enthält der Kessel eine große Anzahl von Heizrohren, die mit dem hinteren Ende in die Feuerkammer, mit dem

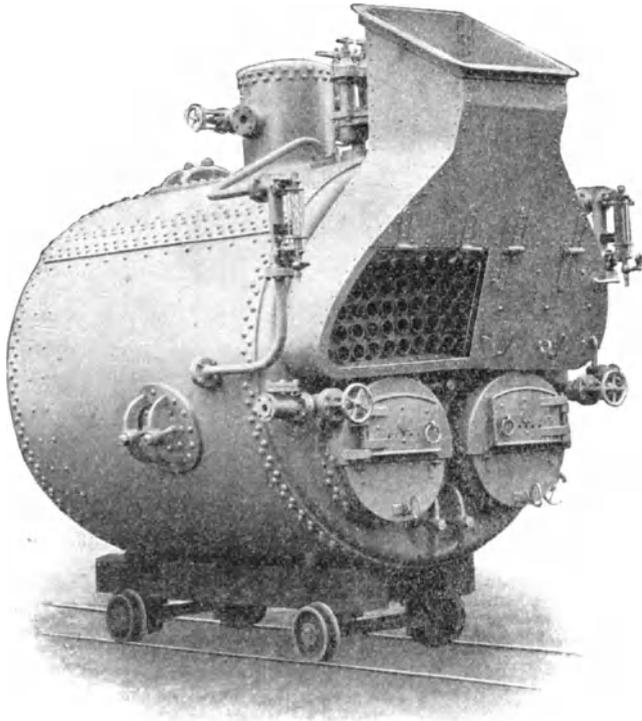


Fig. 78.

Schiffskessel (Rauchrohrkessel) von der A.-G. Baucksch, Landsberg a. d. W.

vorderen Ende in die vordere Stirnwand des Kessels eingewalzt sind. Über den Feuerzügen 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 Doppelenderkessel im Gegensatz zu den abgebildeten Einenderkesseln (Fig. 78). 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 Auswechselungen leichter durch

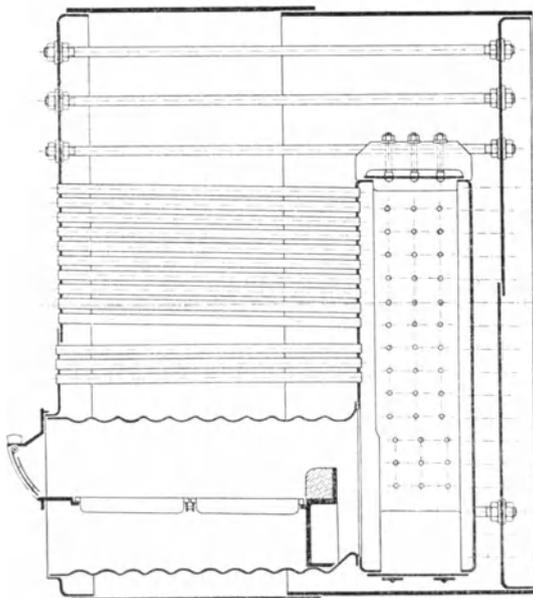


Fig. 79.
Schiffskessel im Querschnitt.

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 ausnutzt und schnell aufgestellt ist. 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.

X. Bau und Reparatur der Dampfkessel.

Die ersten Dampfkessel wurden aus **Kupfer** hergestellt. Heute benutzt man Kupfer nur noch zu den Feuerbüchsen und Stehbolzen der Lokomotiven. 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 Dampfleitungsrohre, die für überhitzten Wasserdampf von mehr als 249° Celsius bestimmt sind, die Verwendung von Kupfer verboten.

Gußeisen 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 Oberteile 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 Eisensorten, Schweißeisen und Flußeisen, sowie Stahlbleche müssen bestimmten gesetzlichen Anforderungen in bezug auf Zerreißeigenschaft 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 schlacken-

freier als dieses, besitzt eine größere Festigkeit und hat einen feinkörnigen Bruch, während die Bruchfläche des Schweißeisens ein sehnigfaseriges Gefüge hat. Das Flußeisen wird in verschiedenen Qualitäten als Feuerblech und als Mantelblech hergestellt. Für Kesselteile, die gebördelt werden, z. B. Böden, Stützen, Dome usw., oder die im ersten Feuerzuge liegen, dürfen nur Feuerbleche verwendet werden. Die übrigen Kesselteile können aus den anderen Blechsorten hergestellt werden. Die Flußeisenbleche dürfen nur im rotwarmen Zustande ausgehämmer 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 benutzt 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.

Beschädigungen der Kesselbleche. Die an den Kesselblechen mitunter auftretenden **Schieferblasen** oder **Doppelblechstellen** (Fig. 80) sind meist darauf zurückzuführen, daß beim Walzen Unreinigkeiten in das Blech gekommen sind. Außerlich sehen sie wie Beulen aus. 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 schadhafte Stelle überzeugen kann. Nötigenfalls ist dann eine Ausbesserung des Bleches vorzunehmen.

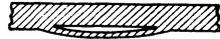


Fig. 80.
Doppelblechstelle.

Das im ersten Feuerzuge gelegene Blech beult infolge Überhitzung, die entweder durch Stichflammen oder durch Kesselstein oder durch eine Erdschicht 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 forge in solchen Fällen dafür, daß die Ursache der **Ausbeulung** beseitigt werde, und mache sich, falls angängig, für die Wasser- und Feuer-

seite 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 rotwarmem Zustande zurückgedrückt oder der beschädigte Teil ausgewechselt werden.

Außere Anrostungen der Kesselbleche werden durch Rässe in den Zügen und im Mauerwerk hervorgerufen und treten namentlich bei Kesseln auf, die nur einen Teil des Jahres im Betriebe sind, so daß sich die Feuchtigkeit der Luft auf den Kesselblechen absetzen kann. Es empfiehlt sich daher bei stillstehenden Kesseln eine sofortige gründliche Reinigung der Kesselbleche von Ruß und der Essenzüge von Flugasche, sowie eine öftere Durchlüftung der Züge, nötigenfalls mittels eines Strohfeuers im Essenzugs. Außere Anrostungen können auch von Undichtheiten des Kessels, der Ventile oder Rohrleitungen herrühren.

Anzehrungen auf der Wasserseite entstehen durch Luftblasen oder bei ungeeigneter chemischer Beschaffenheit des Speisewassers. Anrostungen infolge der Luftblasen treten an den Stellen mit geringer Verdampfung und langsamer Strömungsgeschwindigkeit des Wassers auf. Abhilfe ist durch Verlegung der Ausmündungsstelle des Speiserohres an eine heißere Kesselstelle möglich. Sind die Anzehrungen auf die chemische Beschaffenheit des Speisewassers oder auf dessen Säuregehalt zurückzuführen, so ist mit dem Speisewasser zu wechseln, da auf anderem Wege kaum eine Besserung zu erzielen ist; nicht ausgeschlossen ist, daß durch einen Sodazusatz zum Speisewasser dessen schädlichen Bestandteile beseitigt werden können. Derartige Anzehrungen treten zuweilen an den über dem Feuer gelegenen Kesselblechen (Flammrohrschüffen) so stark auf, daß letztere erneuert werden müssen. Sie sind darauf zurückzuführen, daß das Blech über dem Feuer eine höhere Temperatur als in den übrigen Kesselzügen annimmt, und hierdurch im Wasser befindliche Chlorverbindungen zerlegt werden, so daß sich freies Chlor (Salzsäure) bildet, welche das Blech rasch zerstört. Auch durch das Abdecken des Feuers während der Betriebspausen — also meist nachts — wird die Entstehung dieser Anzehrungen in der Höhe des Kofes sehr begünstigt, da an den betreffenden Stellen eine fortwährende Verdampfung stattfindet und die schädlichen Chlorverbindungen voll zur Wirkung kommen können, da während des Betriebsstillstandes die Wasserzirkulation im Kessel aufhört.

Rietverbindung und Schweißung. Die Blechtafeln werden durch Rietung und Schweißung miteinander verbunden. Schweißnähte wendet man bei Flammrohren, Feuerbuchsen 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, Verbindungsstützen zwischen Ober- und Unterkesseln, Wasserkammern von Wasserrohrkesseln usw., wo die Naht schwierig zu nieten oder zu verstemmen ist. Geschweißte Nähte sind, wenn irgend möglich, gut auszuglühen, da die Schweißnaht meist hart ist. 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 149).

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 aufeinander liegenden Eisenplatten nicht richtig zusammen, so müssen sie mit der Keibahle 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.

Die Nieten werden warm eingezogen. Beim Erkalten 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 verstemmen 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 darunter liegende Blech gehämmert wird (Fig. 81 und 82). Falsch ist es, das untere Blech mit einem scharfen Meißel gegen die freiliegende Kante anzustachen, da die entstehende Furche die Blechstärke verringert und den Ausgangspunkt für die sehr gefährlichen Blechriffe in der Stemmkante bildet.

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 Rantenrisse 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 bei Flammrohrkesseln die Rundnaht des zuletzt eingesetzten Stirnbodens, die Verbindungsnahte zwischen Dampfdom und Kesselmantel usw. Die maschinellen Nietvorrichtungen drücken, nachdem der rotwarmer Niet durch das Nietloch gestoßen ist, zunächst die Bleche mit großer Kraft aufeinander; 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

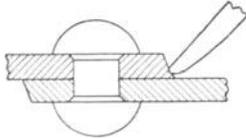


Fig. 81 richtige,

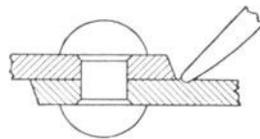


Fig. 82 falsche

Stenmfante.

Verbindungen sehr gut dicht. Bei der maschinellen Nietung füllt der Nietenkopf 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 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.

Undichte Längsnähte bei Dampfkesseln für hohen Druck und großen Druck sind mitunter auf **mangelhafte Bauausführung** in der Kesselschmiede

zurückzuführen. Die für diese Zwecke erforderlichen sehr dicken Bleche bedingen ein sorgfältiges Zusammenpassen vor dem Nieten, was beim Runden der Bleche auf den gewöhnlichen Walzmaschinen nicht erreichbar ist, weil die Blechenden, auf die es besonders ankommt, nicht genügend gerundet werden. Es wird daher das Runden sehr dicker Bleche besser auf hydraulisch angetriebenen Pressen bewirkt.

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

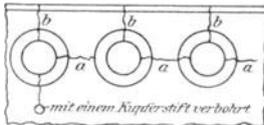


Fig. 83.

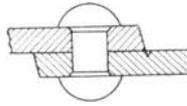


Fig. 85.

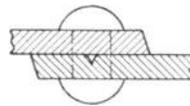


Fig. 86.

Verschiedene Blechriffe.

Die Nietlochriffe treten als Stegriffe a oder als Kantenriffe b auf (Fig. 83 u. 84). Sehr schwierig zu finden und deshalb besonders gefährlich sind die Stegriffe unter der Überlappung (siehe Fig. 86), 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.

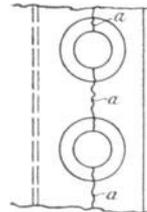


Fig. 84.

Durch Kantenriffe a beschädigte Nietverbindung.

Die Kantenriffe 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 Feuerbuchsen 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 gemacht werden. Gewöhnliche Kantenriffe,

wie die drei äußeren Risse b in Fig. 83, 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 aufgenietet 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 Schraubmutter (siehe Fig. 79). Besser dicht zu bekommen sind Rundanker, die nicht durch

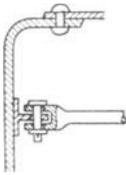
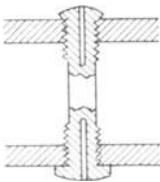


Fig. 87.

die Stirnböden hindurchgehen, sondern mit Bolzen an Winkel-eisen oder \perp -Rippen auf der Innenseite der Stirnböden verbunden sind (Fig. 87). Diese Anker haben noch den Vorzug, daß sich ihre Wirkung auf eine größere Fläche verteilt. 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 Winkel-eisenschiene angenietet ist, von denen sich die eine am Kesselmantel, die andere am Stirnboden befindet.

Fig. 88.
Stehbolzen.

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

Kesselwände mit kleinem gegenseitigen Abstände versteift man durch **Stehbolzen** (Fig. 88). Es sind dies mit Schraubengewinde versehene schmiedeeiserne oder kupferne Bolzen, die mit jedem Ende in eine der beiden zu versteifenden Kesselwände eingeschraubt und eingenetet 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.

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 schadhaft geworden, so wird dies durch das aus der Anbohrung herausspritzende Wasser angezeigt. Stehbolzen ohne eine derartige Anbohrung sind durch Abklopfen zu untersuchen. Man hält einen Hammer gegen den einen Kopf und schlägt mit einem zweiten Hammer auf den Gegenkopf des Stehbolzens. Ist der Stehbolzen unversehrt, 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

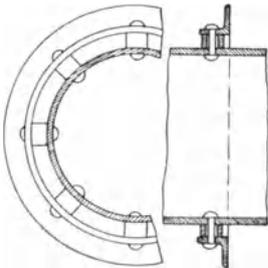


Fig. 89 und 90.

Fairbairn'scher Versteifungsring.

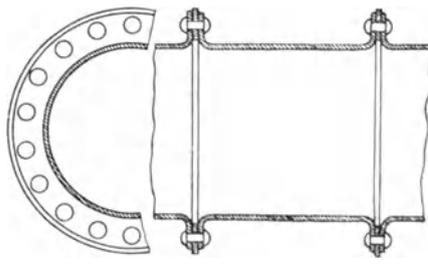


Fig. 91 und 92.

Adamson'sche Flammrohrverbindung.

es können durch ihren rechtzeitigen Ersatz durch neue Stehbolzen unter Umständen umfangreiche 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 unrunder Stelle zusammendrückt. 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 Winkelisenring (Fig. 89 und 90), nach dem Erfinder

auch Fairbairnscher Ring genannt. Sein lichter Durchmesser ist etwa 6 Zentimeter größer als der äußere Flammrohrdurchmesser. Er wird 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 jetzt allgemein übliche Versteifung für glatte Flammrohre ist die **Adams'sche Verbindung** der Flammrohrschüffe (Fig. 91 und 92). 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 Heizgasen berührt werden und daß die Flammrohre in den Umbördelungen federn können. Bei gewöhnlichen glatten Flammrohren, die nicht auf Adams'sche Art, sondern durch Überlappungsnietung zusammengesügt sind, macht sich der Mangel an Elastizität mitunter insofern bemerkbar, als die Rohre bei ihrer Längenausdehnung durch die Wärme Risse in den Krempen 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 infolge 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. 93, 94. Dieselbe besteht

aus einer hohlen Büchse, aus welcher drei Rollen hervorstehen. Im 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 nunmehr mittels eines Muttereschlüssels oder einer Knarre an dem vorn angebrachten Vierkant den

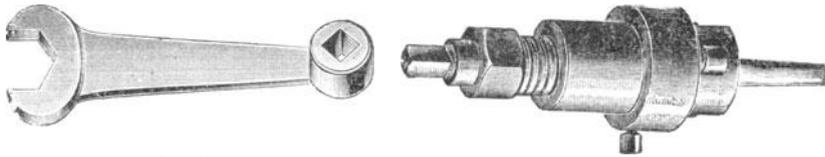


Fig. 93.

Rohreinwalz- und Dichtapparat.

Fig. 94.

ganzen Apparat, so wird das Rohr infolge 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. 95 zeigt einen solchen Rohrschneideapparat. Das Schneidmesser a sitzt auf einem exzentrisch eingebohrten Bolzen, der mittels des Rädchens b ge-

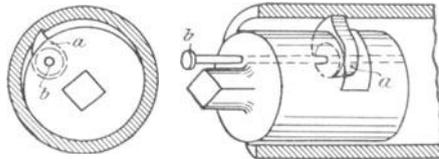


Fig. 95.

Rohrschneider für Rauch- und Siederohre.

dreht werden kann. Beim Einsetzen des Apparates in das abzuschneidende Rohr dreht man das Messer so weit zurück, bis es nicht mehr hervorsticht. Dann preßt man es durch Drehen an dem Rädchen b gegen die Rohrwand und beginnt mit dem Abschneiden, indem man den Apparat mittels eines Muttereschlüssels an dem Vierkant dreht.

Wird bei einem Heizrohrkessel (Fig. 66 und 67) oder bei einem Wasserröhrenkessel (Fig. 73, 74) ein einzelnes Rohr undicht, etwa infolge von Anstößen 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 hindurchreichenden Schraube fest in die Einwalzstellen des Rohres hineinpreßt (siehe Fig. 96 und 97). 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 Verschlößstößel muß daher einen entsprechend größeren Durchmesser erhalten.

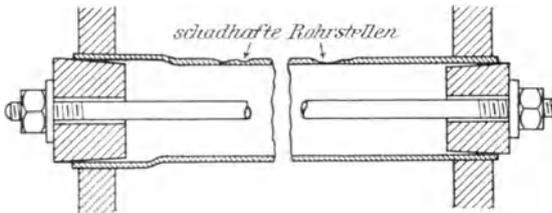


Fig. 96. Verstößelung eines schadhafthen Rauch- oder Siederohres.

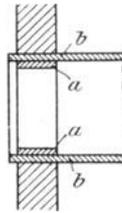


Fig. 97. Abdichten eines Rauchrohres durch den Ring a.

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. 97) werden aus 3 bis 4 Millimeter dickem Flacheisen hergestellt. Ihre Breite macht man gleich der Dicke des Rohrbodens.

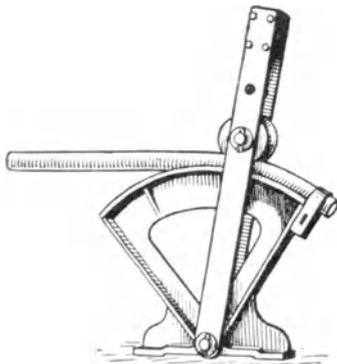


Fig. 98. Rohrbiegeapparat.

Zum **Biegen der Siederohre** für die in Fig. 76 abgebildeten Steilrohrkesselarten benutzt man einen Rohrkrümmer (Fig. 98¹), 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 dichthalten, wird der Dampfkessel völlig mit Wasser gefüllt und

¹) Fig. 98 ist mit Genehmigung der Redaktion aus der „Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1912 Nr. 45“ entnommen.

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 Nieten und Nähten herumzuhämmern, da infolge der beträchtlichen Blechspannungen sehr leicht Nietköpfe abspringen oder Nietnähte aufreißen. Der Probedruck 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 mit 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 Azetylgas mit Sauerstoff verbrannt werden. Wasserstoff und Sauerstoff werden in stark zusammengepreßtem Zustand in Stahlflaschen an Ort und Stelle gebracht. Das Azetylen wird aus Karbid hergestellt und entweder gleichfalls in Flaschen bezogen oder in einem Apparat an Ort und Stelle hergestellt. Es wird zu Schweißzwecken bevorzugt, da seine Flamme eine Temperatur von etwa 3600° Celsius hat gegenüber 2400° Celsius der Wasserstoff-Flamme. 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, 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 Azetylgas müssen daher im Überschuß zugeführt werden. Die für die autogene Schweißung in Betracht kommenden Kesselbeschädigungen sind Blechriffe und Abzehrungen, die durch luft- und säurehaltiges Speisewasser entstanden sind. Beim autogenen Verschweißen von Rissen wird zunächst längs des Risses eine feilförmige 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 Klitten aufgeschweißt.

Die Schweißnähte an den Dampfdomen, Kesselstutzen usw. werden in den Kesselschmieden nur als Feuerschweißung 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.“

Wie 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 Anzehrungen oder Blechriffe 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 Steilrohrkessel, 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 welchen 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 Wassererschlägen 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 Heizgasen 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 freierwerdenden 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 vom Wasser entblößten 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 Heizzgasen 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. 99) erkennt man daran, daß er breiter ist und ein stärkeres, mehr sprudelndes

Geräusch erzeugt als der Dampfstrahl aus dem Dampfraum (Fig. 100), der ein mehr zischendes Geräusch erzeugt. Um sich vor einem Irrtum zu schützen, probiere man niemals nur einen Hahn, sondern stets beide Hähne nacheinander.

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 Hahn-

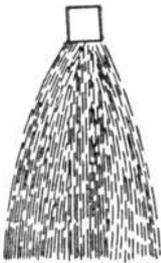


Fig. 99.
Dampfstrahl aus dem
Wasserraum.

kegel hohl und versieht ihn mit einer Schmierschraube und mit Schmier-
nuten. 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 Hahnkufen fest-
gehalten werden. Zwischen Mutter
und Hahngehäuse muß eine Unterleg-
scheibe mit viereckigem Loche angebracht
werden, damit sich die Mutter beim Ge-
brauche des Hahnes nicht losdrehen kann.



Fig. 100.
Dampfstrahl aus
dem Dampfraum
des Kessels.

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 zylindrischen 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 schligzförmig 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.

Alle Hähne und Ventile der Wasserstandsborrichtungen müssen in ge-
wader Richtung durchstoßbar sein, mindestens 8 Millimeter lichten Durch-

messer 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.

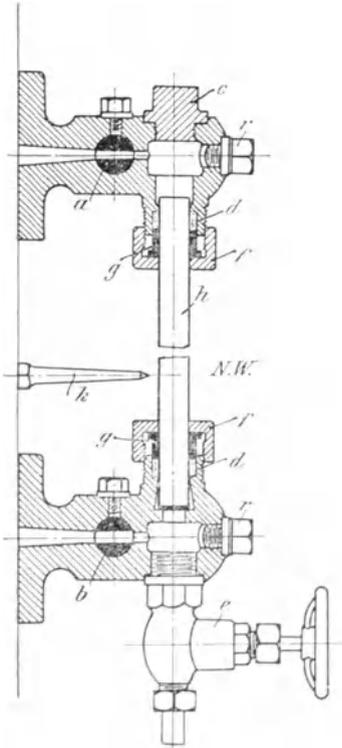


Fig. 101.
Wasserstandsglas (Schnitt).

Die Wasserstandsgläser. Dieselben sind die beste und verlässlichste Vorrichtung zur Erkennung des Wasserstandes. Die Einrichtung der Wasserstandsgläser ist aus Fig. 101 zu ersehen. Das Wasserstandsglas sitzt oben und unten in den Wasserstandsköpfen a und b und kann durch leicht gangbare Hähne oder Ventile vom Kessel abgesperrt werden. Der untere Wasserstandskopf 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 Wasserstandsglase hat täuschen lassen. Ist die obere oder untere Verbindung des Wasserstandsglases mit dem Kessel verstopft, so bildet sich im Wasserstandsglase ein höherer Wasserstand als im Kessel, und es kann dann sehr leicht vorkommen, daß der Wasserspiegel 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

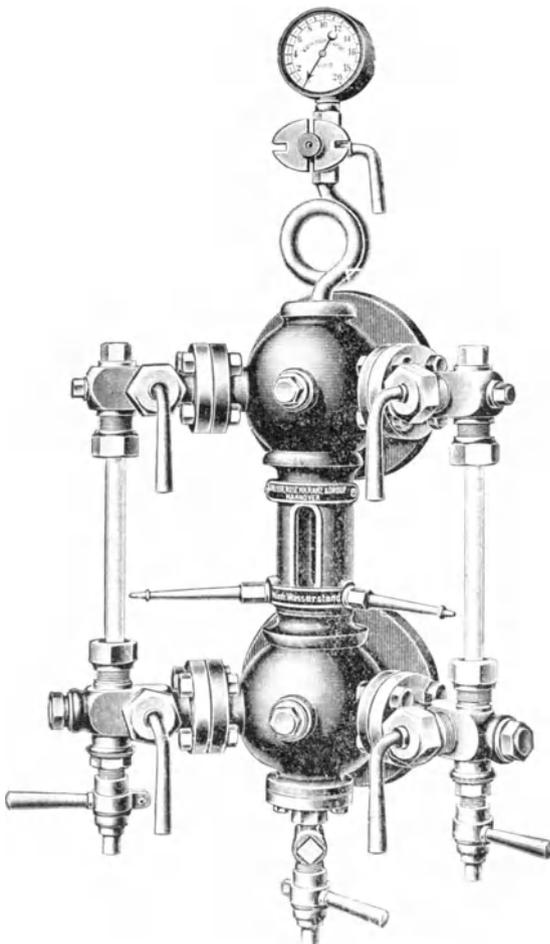


Fig. 102. Vollständiger Wasserstand von Dryer, Rosenkranz & Droop, Hannover.

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 Gumming um das Wasserstandsglas herumgezogen hat. In diesem Falle kann man das Glas frei machen,

indem man durch den unteren Ablaufhahn 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 hineinpaffen. 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 hineinpaffen. 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 zerpringen.

Beim Anstellen eines Wasserstandsglases öffne man den unteren Ablaufhahn 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 Abschlußhahn. Bei der Auswahl der Gläser achte man darauf, daß sie gut in die Armatur 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,

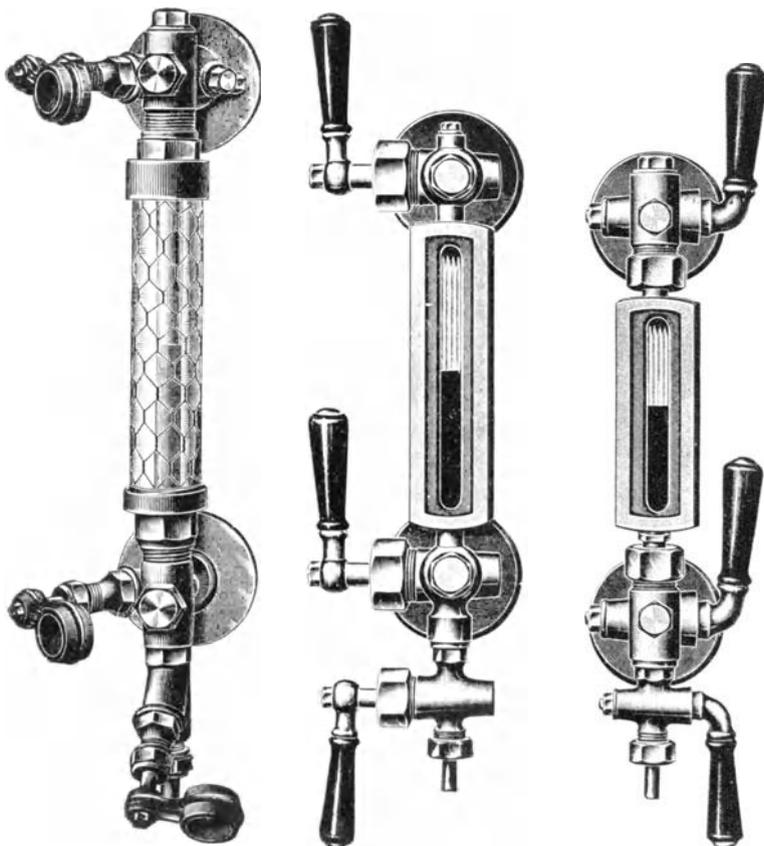


Fig. 103. Rundes Wasserstandsglas mit Schutzhülse.

Fig. 104. Flache Wasserstandsgläser, Schutzhülsen entbehrlich.

Fig. 105.

320 und 340 Millimeter lang und haben einen äußeren Durchmesser von 13, 16 oder 20 Millimeter.

Die runden Wasserstandsgläser werden noch mit Schutzhülsen versehen, die die Gläser vor kalter Zugluft und den Heizer bei Glasbruch

vor herumfliegenden Glassplittern schützen sollen. Nicht zu empfehlen sind die vorn und hinten mit einem Schlige 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 Schutzhüllen aus starkem Glase oder aus Glas mit eingeschmolzenem Drahtnetz (Fig. 103). Die Schutzhüllen werden entweder durch schwache Federn festgehalten 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 **Mlinger'schen Wasserstandsapparat** (Fig. 104 u. 105) 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. 105) 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.

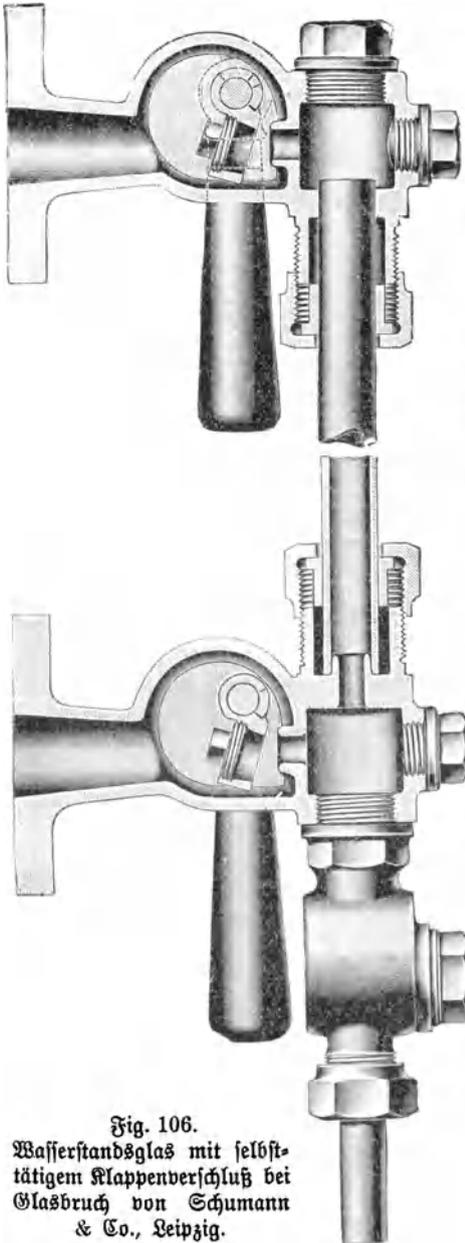


Fig. 106.
Wasserstandsglas mit selbsttätigem Klappenverchluß bei Glasbruch von Schumann & Co., Leipzig.

Die Abschlußvorrichtungen bestehen entweder in einer Messingfugel 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 Selbstverchluß abgebildet. In den Wasserstandskopf ragt eine Spindel hinein, an der eine Metallklappe mit einem Dichtungspstopfen befestigt ist. Im Betriebe steht die Klappe nur wenig von der Öffnung im Wasserstandskopfe ab (Fig. 106). Dampf und Wasser können ungehindert zum Glase treten. Zerbricht ein Glas, so schleudert der innere Überdruck die Klappe auf die Austrittsöffnung.

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 Ausein-

anderschrauben erneuert 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.

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 Wasserstandsglase 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).

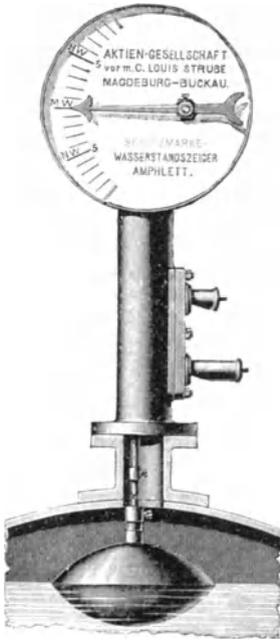


Fig. 107. Schwimmerwasserstandsanzeiger „Amphlett“.

Die Schwimmerwasserstandsanzeiger (Fig. 107) werden zwar vom Gesetz nicht als vollwertige Wasserstandsapparate anerkannt, bei großen Kesselanlagen oder hochliegenden Wasserstandsgläsern sind sie jedoch ganz zweckmäßig, da sie den Wasserstand auch von weitem sehr deutlich erkennen lassen. Ihr Hauptbestandteil ist ein linsen- oder kugelförmiger hohler Behälter aus Messing- oder Kupferblech, der auf dem Wasserspiegel 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 Wasserspiegel im Kessel und überträgt dessen Bewegung auf den weithin sichtbaren Zeiger des

Zifferblattes. Häufig wird mit dem Schwimmer noch ein Signalapparat verbunden. 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 Ertönen gebracht. Bei den Schwimmer-einrichtungen muß die Zeigerachse an der Stelle, wo sie durch das Apparategehäuse nach außen tritt, konisch angebohrt 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 Schwimmerwasserstandsapparate 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, benützt man noch verschiedene Apparate, die eine Dampfpeife oder ein elektrisches Läutewerk selbsttätig in Gang setzen, sobald das Wasser im Kessel unter den festgesetzten zulässig niedrigsten Wasserstand gefallen ist. Der hierher gehörige **Bladsche Speiserufer** (Fig. 108) 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 Dreiveghahn trägt. An den Dreiveghahn ist nach oben in senkrechter Richtung eine Dampfpeife angeschraubt und seitlich ein Schneckenrohr von etwa 35 Millimeter Durchmesser angeschlossen. Die Rohröffnung nach der Dampfpeife ist durch eine Metallscheibe versperrt, die aus einer Legierung besteht, deren Schmelztemperatur einige Grad über 100° Celsius liegt. Taucht das untere Ende des Rohres in das Kesselwasser, so füllt

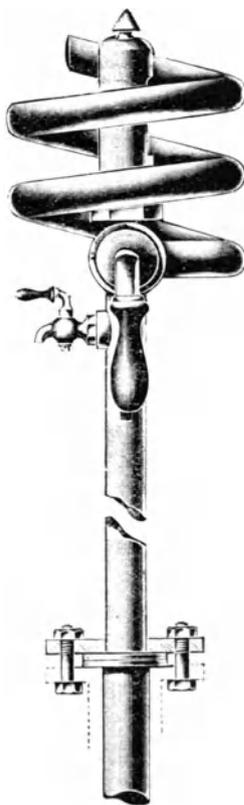


Fig. 108. Speiserufer.

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 Läuteapparaten 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

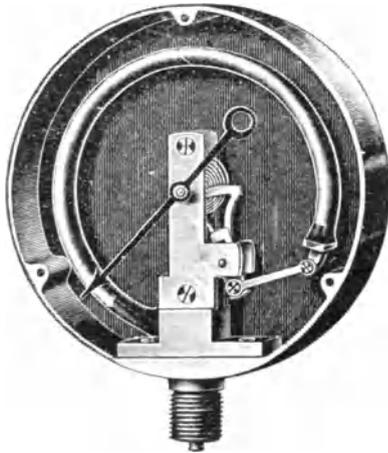


Fig. 109. Röhrenfedermanometer mit abgenommenem Zifferblatt von Dreyer, Rosenfranz & Droop.

gut in Ordnung gehalten werden. Wegen der leichten Möglichkeit des Versagens sind sie auch nicht als gesetzliche Wasserstandsvorrichtungen anerkannt, infolgedessen 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 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 angewendet, um Federmanometer zu prüfen und einzustellen (vgl. Fig. 54).

Beim Dampffesselbetrieb werden nur noch Röhrenfeder- oder Plattenfedermanometer benutzt. Das Röhrenfedermanometer (Fig. 109), nach

seinem Erfinder auch Bourdonsches 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

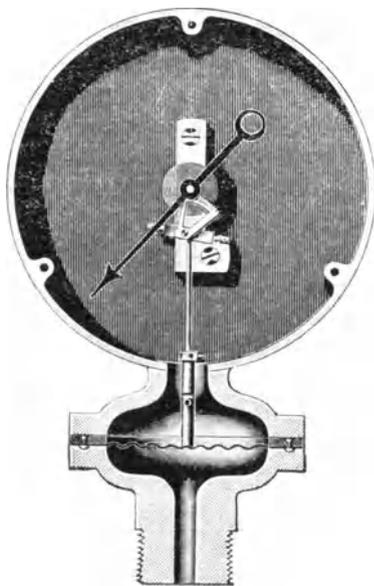


Fig. 110.



Fig. 111.

Plattenfedermanometer.

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 Plattenfedermanometer (Fig. 110 und 111) 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 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

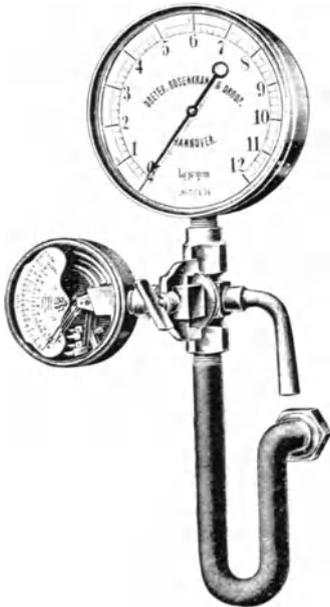


Fig. 112. Kesselmanometer mit dem amtlichen Kontrollmanometer.

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 Wasserfack 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 kann. An jedem Manometer ist ferner ein sogenannter Kontrollflansch zum Anschrauben des amtlichen Kontrollmanometers des staatlichen Aufsichtsbeamten vorgeschrieben (Fig. 112). 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 sind.

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. Bei hohen Dampffesseln muß das Manometer hoch angebracht werden; wird es tief angebracht, so bewirkt die in dem Manometerrohr stehende Wassersäule ein Voreilen des Manometers, was für je 1 Meter senkrechte Rohrlänge $\frac{1}{10}$ Atmosphäre beträgt. 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 Garantieschnur an. Nach reichsgesetzlicher Vorschrift müssen die Kesselmanometer bei Betriebsdrücken bis zu 10 Atmosphären

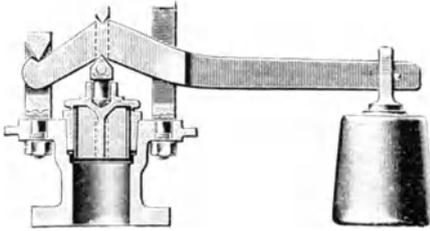


Fig. 113.
Normale Sicherheitsventile.

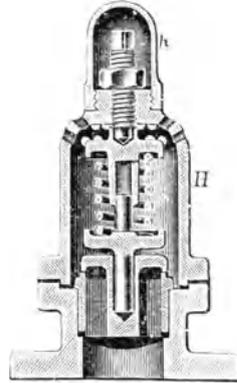


Fig. 114.

mindestens für den halben, bei Kesseldrücken über 10 Atmosphären mindestens für fünf Atmosphären mehr ausreichen.

Die Sicherheitsventile sollen, wie schon der Name sagt, der Sicherheit beim Kesselbetrieb dienen und zu hohem 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 Effenzuges hemmen muß. Nach den gesetzlichen Vorschriften muß jeder feststehende Dampfkessel 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. 113) 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 Uempfindlichkeit gegen den Rückstoß des Dampfes in der Dampfmaschine und gegen die beim Fahren des Kessels auftretenden Erschütterungen mit Federbelastung aus (Fig. 114). Das Belastungsgewicht hängt in einer Kerbe auf dem Hebel und wird durch ein-gebohrte Splinte gegen jede Verschiebung gesichert. Bei Sicherheitsventilen mit Federbelastung ist ein Anspannen der Feder über den zulässigen Druck hinaus durch eine Sperrhilfe zu verhüten. Die Sicherheitsventile müssen sich während des Betriebes durch Anheben lüften und die Ventilteller auf

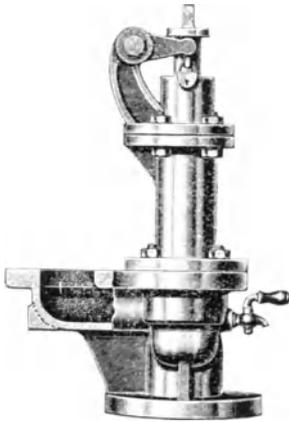


Fig. 115.

Sicherheitsventile mit direkter Federbelastung für Schiffskessel.

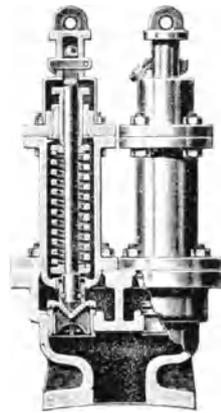


Fig. 116.

dem Sitze drehen lassen. Man versteht deshalb die Ventilteller mit einem Sechsz- oder Vierkant 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. An derartigen Ventilen wird eine Zugstange angebracht, mit der man das Ventil lüften kann (Fig. 115, 116).

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 (Fig. 117). Das Ventilgehäuse ist bis an die obere Kante dieses Tellers verlängert, läßt aber einen Zwischenraum von einigen Millimetern frei. Bei

einer geringen Drucküberschreitung im Kessel hebt sich der Ventilteller nur wenig; wird der Überdruck aber größer, so 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 Sicherheitsventil nicht zu viel über die mehrfach erwähnte Scheibe überragen. Bei dem auf Lokomotiven, Dampfbooten usw. häufig angewandten Popschen Vollhub-Sicherheitsventil (Fig. 118 u. 119) ist durch die Verstellbarkeit eines den Ventilsitz und den Ventilkegel umschließenden Ringes die Vollhubperiode veränderlich gemacht. Beim Hochschrauben des Ringes wird der freie Ausweg für den Dampf enger, so daß der volle Hub des Sicherheitsventiles zeitiger eintritt und auch beim Zurückgehen des Dampfdruckes der Ventilschluß präziser einsetzt.

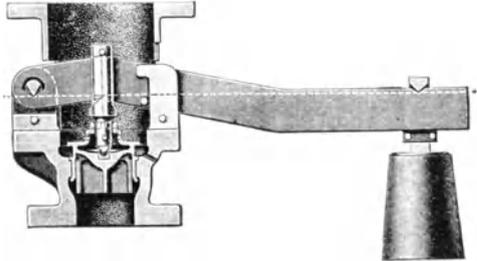


Fig. 117. Vollhubsicherheits-Ventil.

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.

Bläst ein Sicherheitsventil vorzeitig ab, so sind entweder die Sitzflächen beschädigt, oder das Ventil liegt nicht wagerecht, oder die Gelenke der Hebel und die Führungsflügel 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 Führungsflügel des Ventiltellers sollen in der Durchgangsöffnung des Ventils etwa $\frac{1}{2}$ Milli-

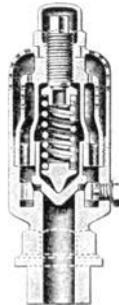


Fig. 118.



Fig. 119.

Popsches Sicherheitsventil mit verstellbarem Vollhub für Lokomotiven.

metrisch sein. Die Führungsflügel des Ventiltellers sollen in der Durchgangsöffnung des Ventils etwa $\frac{1}{2}$ Milli-

meter 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 Wasserspiegel im Kessel näher gelegenen Stelle, so kann namentlich beim Abblasen 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 der-

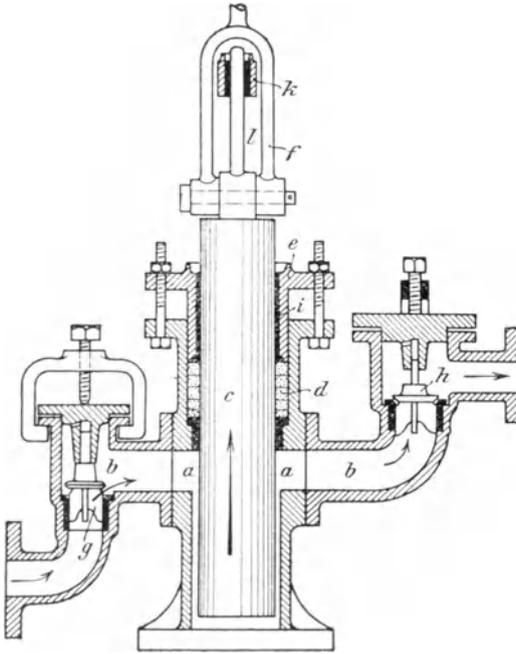


Fig. 120. Einfachwirkende Speisepumpe.

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 Pumpenkolben (Fig. 120). Dieselbe besteht aus dem Pumpenzylinder a und den angeschraubten Ventilhäufen b. In dem Pumpenzylinder geht der massive Kolben c auf und nieder; die Stopfbüchse d schließt den Pumpenkolben und den Pumpenstiefel

selben 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 Maschinenspeisungen genügt die $1\frac{1}{2}$ fache

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 Zugstange f verbunden ist, erzeugt. In dem Ventilgehäuse befinden sich zwei mit Führungen versehene selbsttätige 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 h setzt sich infolgedessen fest auf seinen Sitz auf und schließt die Druckleitung nach dem Kessel ab, während sich das Saugventil g 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 Pumpentiefel 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

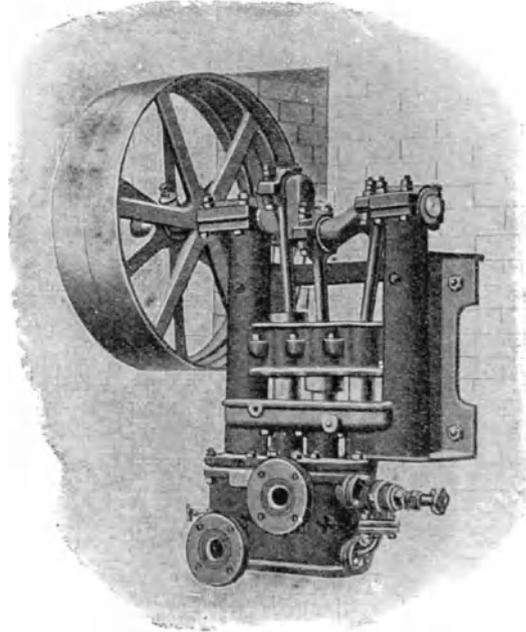


Fig. 121.
Dreiplungerpumpe mit Umlaufvorrichtung.

die Stopfbüchse dem verkleinerten Kolbendurchmesser entsprechend neu auszubuchen. Die Führungen für den Kolben macht man aus Rotguß oder Messing, einestheils 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 Ventilkegel unter dem Führungsstift angegossene Führungslügel und über dem Ventilstift einen angegossenen senkrechten Stift, der in einer ausgebohrten Verlängerung des Gehäusedeckels über dem Ventile läuft. Schlägt ein Ventil beim Hubwechsel der Pumpe zu hart auf dem Stift auf, so ist die Hubhöhe des Ventilkegels durch einen Metall- oder Lederring über dem Führungsstift zu verringern. Die Hubhöhe der Ventilkegel 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 Ventilkegeln 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. Wendet man daher wirklich einmal solche Federn auf dem Saugventile an, so muß man darauf achten, daß sie den Ventilkegel in geschlossenem Zustande nicht zu sehr belasten.

Die **Dreiplungerpumpe** (Fig. 121) hat drei um 180° versetzte Kurbeln. 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 Fig. 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 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

eigen. Da der Kolben ein Scheibenkolben ist und bei jeder Bewegung auf der einen Seite eine Saugwirkung und auf der anderen 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 Gummiplatte an (Fig. 122). Der Saugkorb hat den Zweck, das Ansaugen von Schlamm und Holzteilen zu verhüten. Ist das Wasser sehr schlammig, so ist er öfters herauszuziehen und samt dem Fußventil zu reinigen. Das Fußventil oder die Gummiklappe bewirken, daß das Wasser im Saugrohr stehen bleibt und die Pumpe bei der Ingangsetzung sofort ansaugt. Saugt die Pumpe

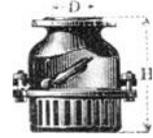


Fig. 122. Saugkorb mit Tellerventil.

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

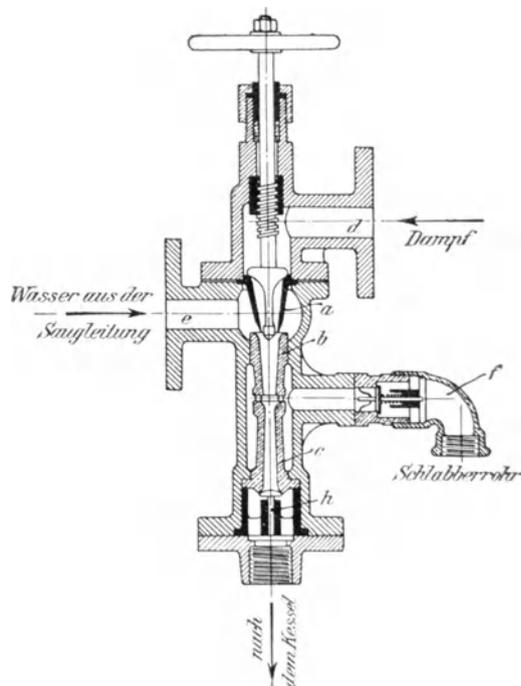


Fig. 123. Der einfache Injektor.

der Praxis darf sie aber nicht größer als 8 Meter sein. Das Nähere über die Saugwirkung der Pumpe ist bereits früher bei der Besprechung über die Messung des Luftdruckes erörtert worden (S. 104).

Die Dampffstrahlpumpen oder Injektoren. Dieselben sind wegen ihrer Einfachheit und Zuverlässigkeit vielfach angewendet. Der Dampf tritt an der Stelle *d* in den Injektor (Fig. 123). Wird die Ventilschraube herausgeschraubt, so strömt der Dampf durch die Düse *a* und erzeugt im Injektorgehäuse eine Luftverdünnung, durch die das Wasser aus der Saugleitung *e* angesaugt wird. Das angesaugte Wasser wirkt kondensierend auf den Dampf, vergrößert hierdurch die Luftleere und die Saugwirkung, vermischt sich in der Düse *b* mit dem Dampf zu einem heißen Wasserstrahl, der mit großer Geschwindigkeit aus der Düse austritt, anfangs zerstreut ist und durch das Überlaufrohr *f*, das sogenannte Schlaberrohr, entweicht. Allmählich dringt jedoch der Wasserstrahl in die Fangdüse *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 Schlaberrohr hört nahezu auf, bis schließlich beim weiteren Öffnen des Dampfzulußes gar kein Wasser mehr aus dem Schlaberrohr herauskommt. Die Düse *a* nennt man die Dampfdüse, die Düse *b* die Mischdüse und die Düse *c* die 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 Regulierschraube 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 Regulierschraube unten konisch, so daß sie beim Herausdrehen die Öffnung der Dampfdüse nur allmählich Dampf 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.

Der Körtingsche Universal-Injektor (Fig. 124—126) bildet eine Vereinigung von zwei Injektoren, von denen der eine das Wasser anzu-

saugen und der zweite das angefaugte Wasser in den Kessel zu drücken hat. Infolgedessen kann bei 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 Dampf Düsen; 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

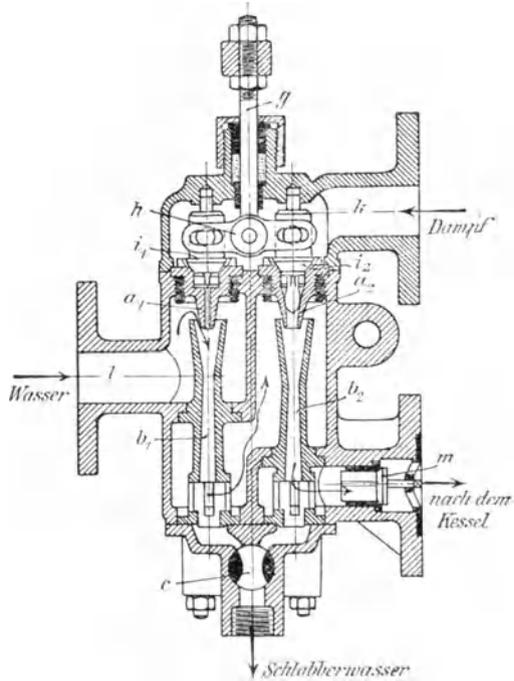


Fig. 124. Körting'scher Universal-Injektor.

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 *c* so, daß das angesaugte Wasser durch das Schlabberrohr ablaufen konnte. Gleichzeitig

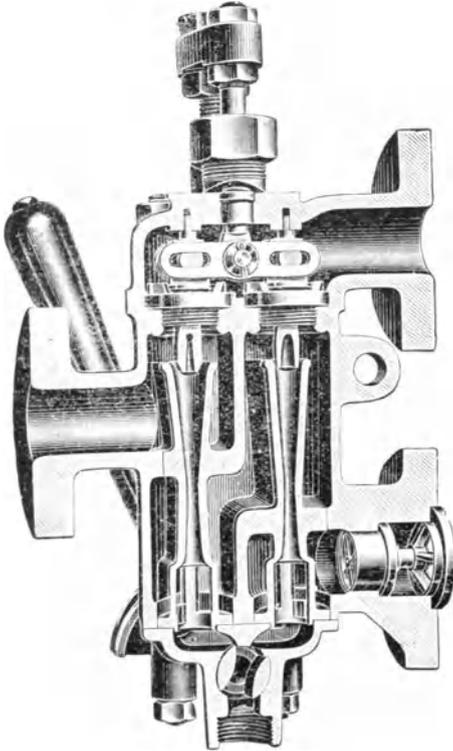


Fig. 125.

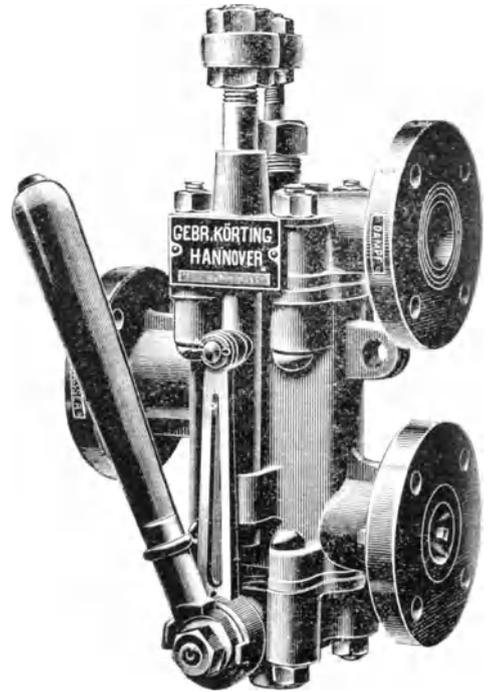


Fig. 126.

Köttingscher Universal-Injektor.

mit dem Ingangseßen der zweiten Injektorhälfte schließt sich aber der Hahn *c* so weit, daß das angesaugte Wasser durch die im unteren Teile der Düse *b*₁ angebrachten schlitzförmigen Öffnungen nach der Mischdüse *b*₂ strömen muß. Der Hahn *c* stellt sich hierbei so ein, daß das Wasser aus der Düse *b*₃ zunächst durch das Schlabberrohr entweichen kann. Allmählich wird aber der Hahn *c* 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.

Beim Einstellen des Injektors muß der Hebel in seiner Endstellung an der Knagge anliegen und die beiden im Innern befindlichen Ventile fest auf den Sitz drücken, daß sie schließen. Sind diese Ventile bereits geschlossen, ehe der Hebel an der Knagge anliegt, so kann beim Ingangsetzen des Injektors nicht der volle Hub des Erzenters, auf dem der Hebel

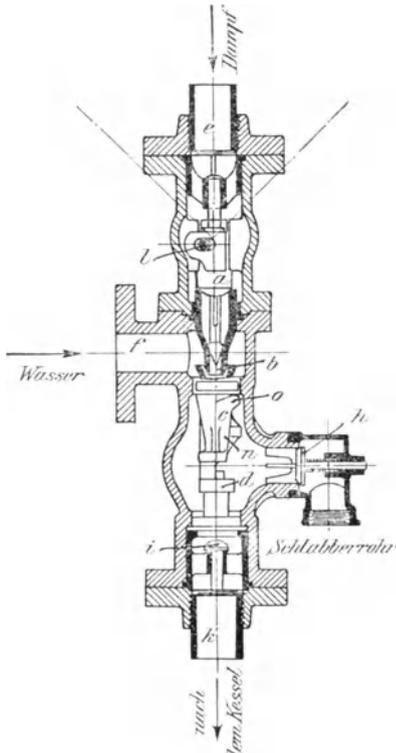
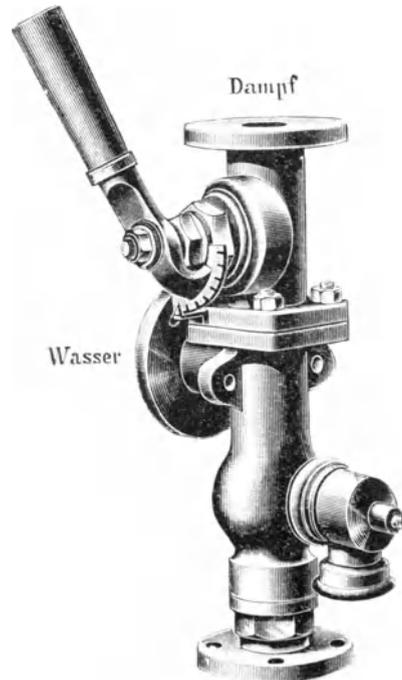


Fig. 127.

Restarting-Injektor.



zum Kessel

Fig. 128.

figt, ausgenutzt werden, und es wird dann insbesondere das Ventil für die Druckseite nicht genügend gehoben, so daß sogar das Versagen des Injektors möglich ist. Aus demselben Grunde darf auch beim Abschrauben des oberen Injektorteiles nur eine dünne Papierscheibe und keine dicke Asbestplatte zum Abdichten verwendet werden.

Ist der Hebel umgelegt und das Ventil in der Dampfleitung vom Kessel geöffnet, so darf aus dem Injektor kein Dampf heraus kommen, da

andernfalls die Ventile in demselben undicht sind und der Injektor schwer in Gang zu setzen ist oder leicht versagt.

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, 60° Celsius warmes Wasser noch 2 Meter hoch an. Fließt ihnen das Wasser zu, so kann die Temperatur des Speisewassers bis zu 70° Celsius betragen; sie führen es dann weit über 100° erhitzt 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. 127, 128), 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 infolge dieser Klappe nicht von neuem angestellt zu werden, sondern er saugt von neuem wieder an. Da beim Ansaugen aber weniger Dampf gebraucht wird, die Dampfzuströmung beim Abschnappen 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 bringt. 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 schlanken Bogen auszuführen. Sind scharfe Ecken in den Rohrleitungen vorhanden, so stößt sich das Wasser, und es ist unnötig viel

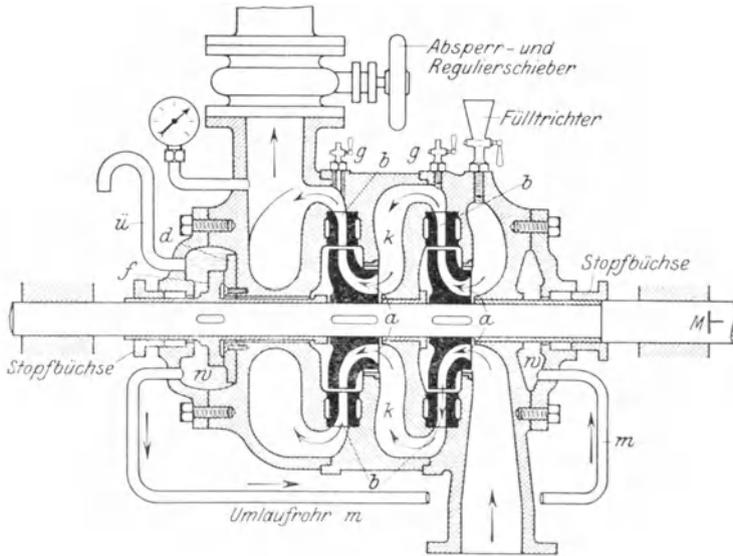


Fig. 129. Zweistufige Kreiselpumpe.

Reibungswiderstand zu überwinden. Hat sich in den Düsen Kesselstein angefestet, 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 Zentrifugal- oder Kreiselpumpen werden bei größeren Kesselanlagen als Speisevorrichtungen verwendet. Die Wasserförderung wird durch die mit sehr hoher Umdrehungszahl (bis zu 3000 in der Minute) umlaufenden Schleuderräder *a* (Fig. 129) bewirkt. Die Zahl der Schleuder-

räder ist verschieden, es gibt auch Kesselspeisepumpen für 15 Atmosphären Betriebsdruck, die nur ein Schleuderrad haben (einstufige Pumpen). Fig. 129 zeigt eine zweistufige Pumpe. Die Schleuderräder sind auf der Welle festgekeilt und haben im Innern spiralförmig nach außen verlaufende Kanäle S (Fig. 130). Aus dem Schleuderrad tritt das Wasser durch ein gleichfalls mit Kanälen L versehenes, in das Pumpengehäuse festverschraubtes Leitrad b. Von dem Leitrade tritt das Wasser in die Kanäle K des Pumpengehäuses und gelangt aus denselben in das Schleuderrad der nächsten Stufe, wo das Wasser eine weitere Drucksteigerung erfährt und in derselben Weise den weiteren Stufen zugeführt wird, bis es schließlich durch den Austrittsstutzen die Pumpe verläßt und in die Speiseleitung nach dem Kessel gelangt.



Fig. 130. Kreiselpumpe.

Vor der Inbetriebnahme müssen die Zentrifugalpumpe und die Saugleitung mit Wasser gefüllt und hierbei gut entlüftet werden. Letzteren Zwecken dienen die Entlüftungshähne g. Das Anfüllen erfolgt durch den Fülltrichter oder durch eine besondere Rohrleitung zwischen dem Druck- und dem Speiserohr. Beim Füllen der Pumpe von der Druckleitung aus ist das Manometer zu beobachten und die Rohrleitung nur soweit zu öffnen, daß sich in der Pumpe kein höherer Druck als

ein bis zwei Atmosphären bildet, da andernfalls das Fußventil durchgedrückt werden kann. Ein Fußventil muß vorhanden sein, weil sich die Saugleitung sonst nicht füllen läßt und die Pumpe nicht leer anläuft. Vor dem Anlassen muß die mit Wasser gefüllte Pumpe von Hand leicht gedreht werden können. Die Pumpe wird alsdann bei geschlossenem Regulator angefahren und letzterer, nachdem die volle Umdrehungszahl der Pumpe erreicht ist, langsam geöffnet.

Infolge der unvermeidbaren Ungenauigkeit an den Schleuderrädern und des Unterdruckes in der Saugleitung erhält die Pumpenwelle einen seitlichen Druck, zu dessen Ausgleich bei jeder Zentrifugalpumpe eine besondere Vorrichtung vorgesehen ist. In Fig. 129 besteht sie in zwei dicht nebeneinander laufenden Scheiben d und f, zwischen denen ein kleiner Hohlraum vorhanden ist, der durch einen schmalen Kanal mit der Druckwasserseite in Verbindung steht, so daß die Scheibe f samt der Welle nach links gedrückt und der nach rechts gerichtete Betriebsdruck aufgehoben wird. Bei

dieser Verschiebung entfernt sich die Scheibe f von der Scheibe d, so daß das zwischen beiden eingeschlossene Wasser abläuft, seinen Druck verliert und die Welle wieder nach rechts gedrückt wird. Durch das Rohr ii,

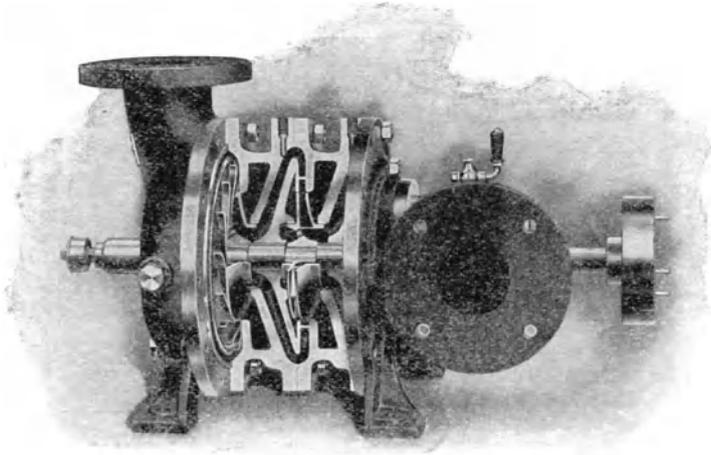


Fig. 131.

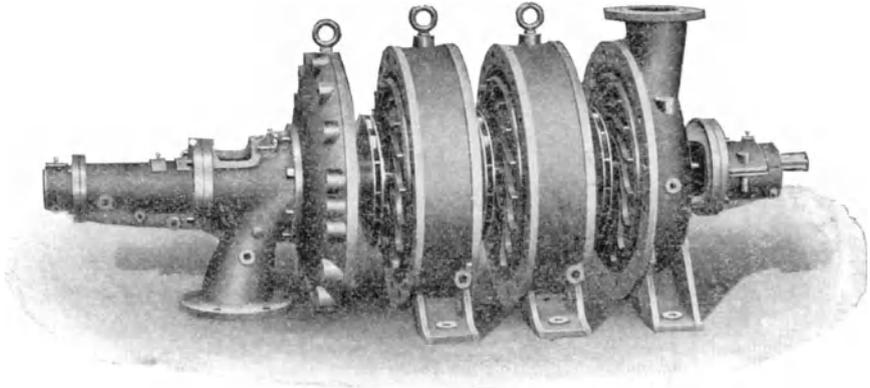


Fig. 132.

Fig. 131 und 132 zeigen eine aufgeschnittene und auseinandergenommene Zentrifugalpumpe der Firma Jäger & Co. in Leipzig.

welches selbstverständlich niemals verschlossen sein darf, läuft insolgebeffen aus der Kammer w ständig ein wenig Wasser ab; es muß hoch gelegen sein, damit sich die Pumpe beim Stillstande nicht durch dasselbe entleeren kann.

Entsprechend der unvermeidbaren Abnutzung an den Auflageflächen der Entlastungsscheiben d und f tritt eine Verschiebung der Welle mit den darauf befestigten Lauf- und Leiträdern gegen die Saugseite hin ein, so daß Kanäle der Lauf- und Leiträder nicht mehr aufeinander passen und die innere Arbeitsweise der Pumpe gestört wird. Hat die Abnutzung etwa $1\frac{1}{2}$ Millimeter erreicht, was durch das Nachmessen der am äußeren Lagerrande befindlichen Marke M auf der Welle zu kontrollieren ist, so muß sie durch Einlegen eines genauen Blechringes zwischen die Scheibe d und das Pumpengehäuse ausgeglichen werden.

Die Zentrifugalpumpen läßt man vielfach ununterbrochen laufen. Soll wenig Wasser gespeist werden, so wird mit dem Regulierschieber in der Druckleitung gedrosselt. Eine schädliche Drucksteigerung findet selbst bei

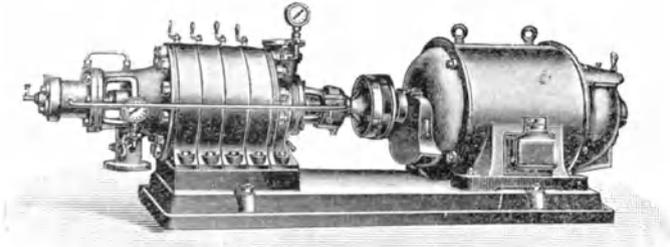


Fig. 133. Zentrifugalpumpe mit elektromotorischem Antrieb der Firma Raabe in Chemnitz.

völlig geschlossenem Schieber nicht statt. Doch darf die Pumpe in diesem Falle nicht zu lange laufen, da sie sonst heiß wird. Zur Kontrolle erhält jede Pumpe ein Manometer, welches stets den Druck in der Pumpe anzeigt; vielfach wird auch auf der Saugseite ein Vakuummeter angebracht, dessen Schwanken darauf hinweist, daß durch undichte Stellen in der Saugleitung oder durch die Stopfbüchsen Luft eintritt. Die Stopfbüchsen sind mit weichen, gut in säurefreiem Talg oder Öl getränkten Baumwollzöpfen zu verpacken und dürfen nur leicht angezogen werden, so daß fortwährend etwas Wasser tropfenweise abläuft, um zu vermeiden, daß sie warm laufen oder die Welle angegriffen wird. Die Wasserkammer auf der Saugseite ist durch das Umlaufrohr m mit der Wasserkammer auf der Druckseite zur Verhütung des Einschnüffels von Luft durch die Stopfbüchse verbunden.

In den Lauf- und Leiträdern hat das Wasser eine sehr hohe Geschwindigkeit, die durch die breit angelegten Kanäle K in dem Gehäuse verlangsam und in Druck umgesetzt wird. Auf der richtigen Bauart dieser

Kanäle beruht daher zum großen Teil das richtige Funktionieren der Zentrifugalpumpe, deren Bauart daher nicht so einfach ist, wie es auf den ersten Blick hin aussieht. Der Kraftbedarf der Zentrifugalpumpen soll angeblich etwas höher sein als bei Kolbenpumpen; doch werden sie infolge ihrer Einfachheit, ihres geringen Platzbedarfs, der Betriebssicherheit und der stoßfreien Arbeitsweise bei großen Kesselanlagen ausschließlich angewendet.

Die ununterbrochene und selbsttätige Speifung. Die selbsttätigen Wasserstandsregler. Der Zweck dieser Apparate ist, selbsttätig die Speifung

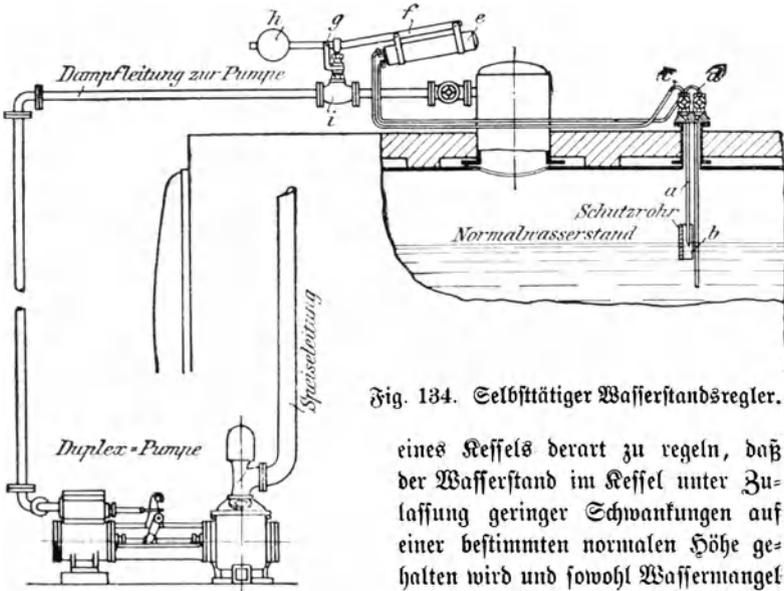


Fig. 134. Selbsttätiger Wasserstandsregler.

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 Überspeifung 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 Wasserpiegel 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 Uebelstand 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. 134) dient zur Regulierung des Wasserstandes im Kessel kein Schwimmer, sondern es sind zu diesem Zwecke zwei Einhängerrohre 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 *k* befestigt ist. Auf der anderen Seite trägt der Hebel ein Gegengewicht. Ist genügend Wasser im Kessel, so tauchen die beiden Einhängerrohre 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 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 Dampfpumpe eine Transmissionspumpe vorhanden, so wird die Bewegung des Kipphebels *f* 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,

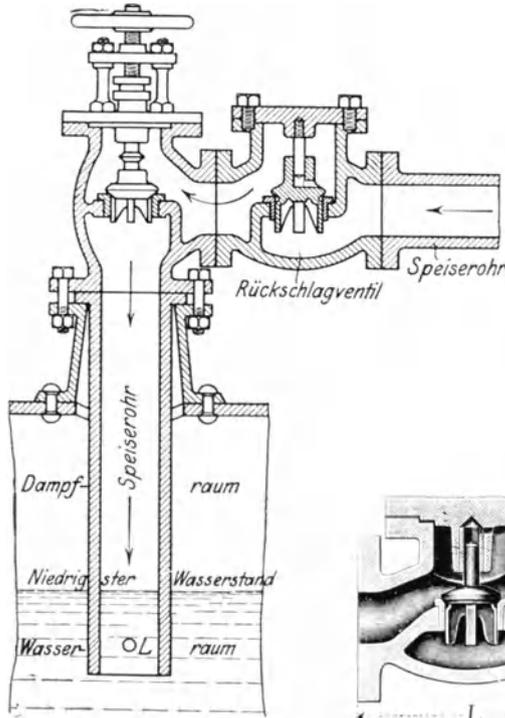


Fig. 135. Speisepfopf mit Rückschlag- und Absperrventil und Speiserohr.

Fig. 136. Rückschlagventil.

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 Dampfverbrauche 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. 135 u. 136) 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 muß sich daher im

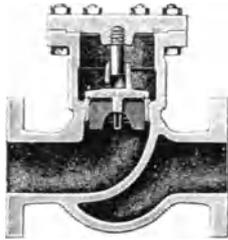


Fig. 137.

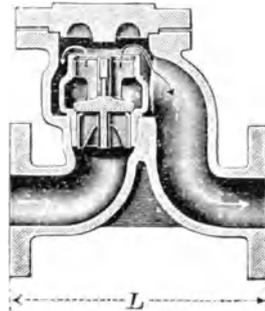


Fig. 138.

Rückschlag- oder Speiseventile.

Ventilgehäuse 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 c.

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. 138 zeigt ein derartiges Rückschlagventil von Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover, Fig. 137 ein solches der Firma Schäffer & Budenberg, 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 konnten. Das Speiseventil muß der Heizer gut in Ordnung halten, da Undichtheiten desselben Wassermangel im Kessel zur Folge haben können.

Die Ablaßvorrichtung. Damit das Kesselwasser zeitweilig abgelassen werden kann, ist der Kessel an der tiefsten Stelle mit einem Hahn oder einem Absperrventil zu versehen. Ist die Ablaßvorrichtung 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. Soll der Dampfkessel gereinigt werden, so ist zunächst das Kesselgemäuer genügend abzukühlen und der Dampfdruck herunter zu lassen und dann erst der Ablaßhahn 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 Ablaßvorrichtung am Sonntag, nachdem der Kessel mehrere Stunden stillgestanden hat, unter vermindertem Dampfdruck abzulassen. Verwendet man den einfachen Ablaßhahn, 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 Ausblasen des Schlammes abgesprungene Kesselsteinschalen und Schlamm auf der Sitzfläche festsetzen. Das Abschlämmen des Dampfkessels mittels gewöhnlicher Hähne oder Ventile unter Druck bleibt daher immer eine gefährliche Sache.

Die Übelstände der einfachen Ablaßhähne und Ablaßventile vermeidet man durch die in den letzten Jahren vielfach angewendeten Abschlämmanapparate, die durch einen Fußtritt auf einen Hebel oder durch einen Handzug geöffnet werden und beim Loslassen des Hebels selbsttätig wieder schließen (Fig. 139 u. 140). Hat sich beim Abschlämmen Schlamm oder Kesselstein im Ventil festgesetzt und ist letzteres infolgedessen wasserundurchlässig, so kann durch Drehen am Handrade der Schlamm zerrieben

und das Ventil dicht gemacht werden, ohne es auseinandernehmen zu müssen. Das Öffnen des Ventils muß beim Abschlämmen kurz und stoßweise erfolgen, da hierdurch der Schlamm am besten aus dem Kessel fortgerissen wird.

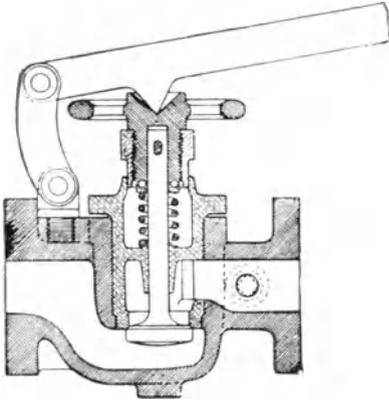


Fig. 139. Abschlämмовorrichtung.

Nach jedesmaligem Abschlämmen muß der Heizer sich an der Mündung des Ablassrohres überzeugen, ob das Ventil in geschlossenem Zustand dicht schließt.

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.

Die Dampfabsperrentile

sind direkt am Kessel zu befestigen. 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 Dampf-

temperaturen bis zu 350° Celsius und bei

gleichzeitiger Dampf-

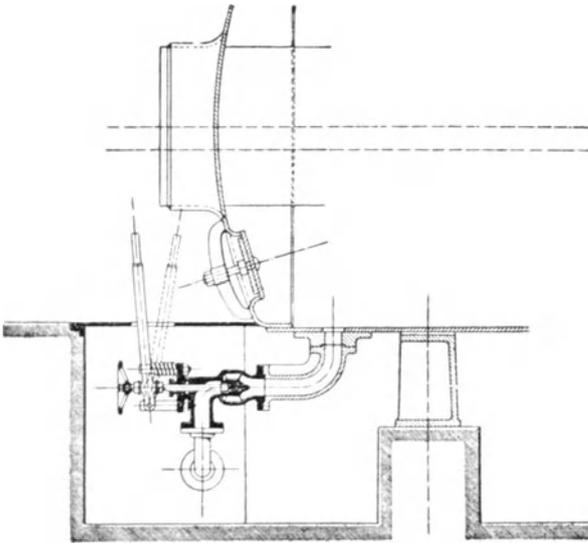


Fig. 140. Abschlämмовorrichtung am Kessel.

spannung 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, das heißt 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

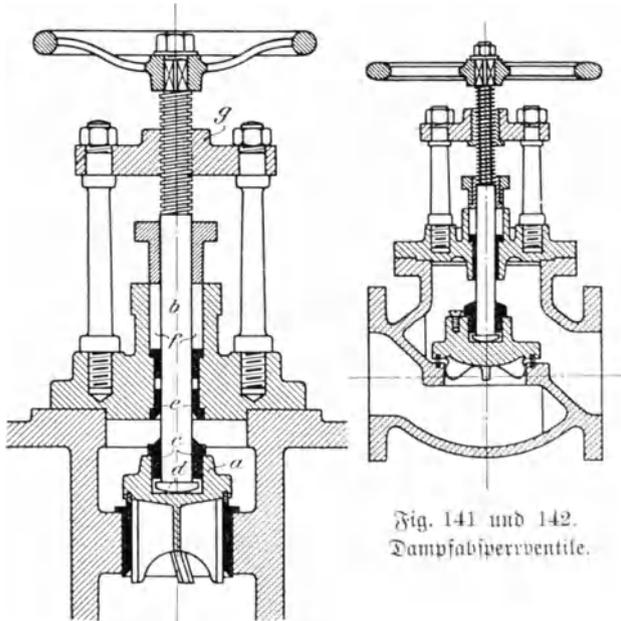


Fig. 141 und 142.
Dampfsperrventile.

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. 141 und 142).

Bei kleineren Ventilen macht man den Ventilteller und den Ventilstift aus demselben Material, das heißt aus Gußeisen oder 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 Ventilspindel ist aus Stahl, Schmiedeeisen oder aus Rotguß herzustellen und sauber abzdrehen, damit sie in der Stopfbüchse gut dicht hält. Die Ventilspindel *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 wenig, dagegen um das untere, mit der Wulst *d* versehene Ende der Spindel hingegen möglichst viel Spiel haben, damit sich die beiden Dichtungsflächen unabhängig von der Richtung des Spindeldruckes dicht schließen können. Zu diesem Zwecke macht man das untere Ende der Spindel nicht gerade, sondern kugelförmig. Die Büchse *c* muß bei ganz hoch gehobenem Ventilteller das Ventillinnere gegen die Grundbüchse *e* dicht abschließen, damit die Stopfbüchse *f* während des Betriebes neu verpackt werden kann. Die Brücke *g*, in welcher die Spindel oben geführt wird, versteht man, um das Festrostens der Spindel zu verhüten, oder wenn eine größere Festigkeit erzielt werden soll, mit einer Büchse aus Rotguß oder aus Stahl.

Abweichend von Ventilen für Sattdampf bringt man bei Ventilen für überhitzten Dampf am Ventiltiegel keine Führungslügel an, da sie sich bei derartigen Ventilen entweder in der Wärme verziehen oder von dem heißen Dampf zu sehr abgeschliffen werden. Man versteht derartige Ventiltiegel nur mit ganz kurzen Führungslügel, die nur dazu dienen, die richtige Mittellage des Ventiltiegels 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 Absperrentile sind so in die Rohrleitung einzubauen, daß der Dampf von unten auf den Regel drückt, anderenfalls kann das Ventil schwer geöffnet werden. Kleinere Ventile kann man aber auch so einbauen, daß der Ventilflügel 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 Wassererschlägen in den Rohrleitungen und zu Rissen in den Dampfmaschinenzylindern geführt. Sehr große Ventile versteht man mit einem kleinen Umgehungsventil. Dasselbe wird zum Anwärmen 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° Celsius. Benutzt man das aus der Einspritzkondensation einer Dampfmaschine abfließende Wasser, so beträgt dessen Temperatur etwa 38 bis 44° Celsius. Das auf diese Weise verfügbare Speisewasser ist demnach wesentlich kälter als das im Kessel unter Dampf stehende Wasser. Aus Rücksichten auf die Kohlenersparnis benutzt man den Abdampf der Dampfmaschine oder die im Effenschuch abziehenden Heizgase zum Vorwärmen des Kesselspeisewassers, bevor dasselbe in den Kessel gelangt, was zugleich den Vorteil hat, daß die Temperaturschwankungen im Kessel gemildert und ungleiche Ausdehnung der Kesselbleche vermieden werden.

Einen **Abdampfvorwärmer** stellt die nebenstehende Figur 143 u. 144 dar. Derselbe besteht aus einem schmiedeeisernen Mantel und einem herausziehbaren Röhrensystem. Der Dampf tritt durch die Rohre hindurch, wogegen das Wasser letztere von außen umgibt und den Vorwärmer in der

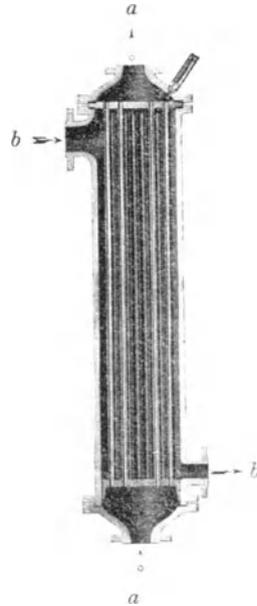


Fig. 143. Vorwärmer der Maschinenfabrik Mattief in Pulsnitz in Sa.
a Speisewasser, b Abdampf

Richtung der eingezeichneten Pfeile durchströmt. Der Dampfraum wird in der Regel mit einem Kondensstopfe verbunden, welcher das sich niederschlagende Dampfwasser ableitet. Es gibt auch Abdampfvorwärmer, bei denen die Rohre vom Wasser durchzogen und außen vom Dampf bespült 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° Celsius warm ist, kann das Speisewasser bei derartigen Vorwärmern nicht über 100° Celsius erwärmt werden. Es kann sich daher in derartigen Vor-

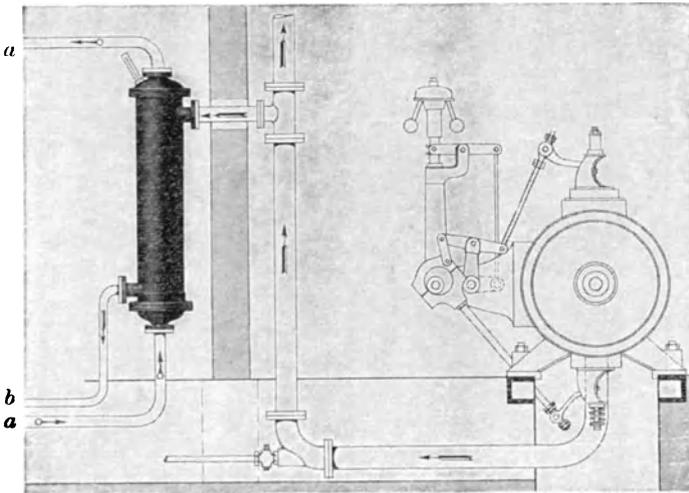


Fig. 144. Einbau eines Abdampfvorwärmers.
a = Speiseleitung nach dem Kessel, *b* = Kondenswasserleitung.

wärmern 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 Auspuffdampf, sondern mit Kondensationsanlagen arbeiten.

Die **Abgas- oder Rauchgasvorwärmer** oder **Economiser** (Fig. 145 u. 146) bestehen aus einer großen Anzahl von senkrechten Rohren von etwa 4 bis 5 Meter Höhe, die in einer Erweiterung des Offenfuchses aufgestellt sind. Die Rohre sind in Gruppen von je 24 Stück angeordnet und oben und unten reihenweise durch wagerechte Querrohre untereinander verbunden. Am oberen Ende der Rohre sind Verschlässe zum zeitweiligen Reinigen angebracht. Die Verschlässe sind konisch eingesetzt, werden im Betriebe

durch den Wasserdruck fest angepreßt, so daß sie ohne besondere Dichtung halten, und sind beim Reinigen der Rohre einfach durch Aufschlagen mittels eines Hammers zu lösen. Damit sich die verhältnismäßig engen Zwischenräume zwischen den Rohren 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 anhaftende Ruß- und Flugaschenansammlungen von den Rohren entfernt.

Die Economiser werden entweder aus Gußeisen oder aus Schmiedeeisen hergestellt. Gußeiserne Rohre haben den Vorzug, daß sie nicht so

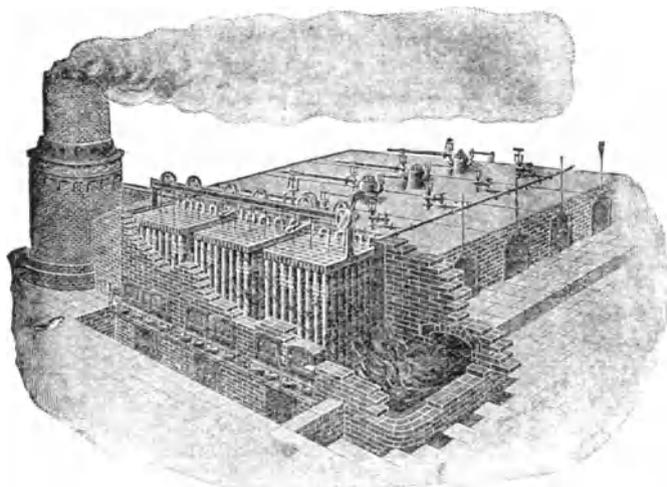


Fig. 145. Economiser der Deutschen Economiserwerke in Düsseldorf.

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 Economiserrohre ziehen sich unter der Einwirkung der Heizzase 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 Economiserrohre 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 Economiser einen Teil des vorgewärmten Speisewassers bei.

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

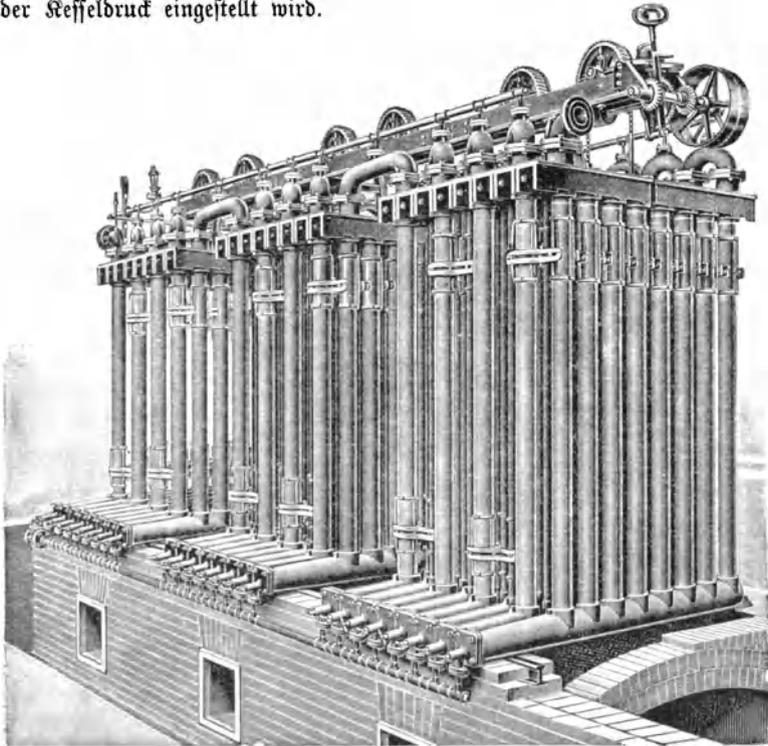


Fig. 146.

Ekonomiser der König-Friedrich-August-Hütte in Pottschappel bei Dresden.

Ekonomiser darf man nur einbauen, wenn ein genügender Effenzug vorhanden ist. Wird letzterer durch den Ekonomiser beeinträchtigt, so muß er durch eine künstliche Zuzanlage verstärkt werden, da andernfalls die Kesselleistung verringert und das Feuer an Luftmangel leiden würde. Die Effengase werden im Gegenströme durch den Ekonomiser geführt, das heißt, sie treffen zuerst auf diejenigen Ekonomiserrohre, aus denen das Speise-

wasser aus dem Economiser bereits wieder austritt. Um etwaige Reparaturen am Economiser unabhängig vom Kesselbetrieb ausführen zu können, wird für die Essengase noch ein Essenzug angelegt, der um den Economiserkanal herumführt. Durch Drehen mehrerer Essenschieber kann man die Heizgase durch diesen Umgehungs kanal direkt in den Schornstein ableiten und den Economiserkanal völlig ausschalten und begehbar machen.

XII. Verhaltensregeln für Dampfkesselheizer.

1. Bevor der Heizer 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 Heizer davon zu überzeugen, daß die Sicherheitsvorrichtungen und Wasserstandszeiger in vorschriftsmäßigem Stande und insbesondere die Sicherheitsventile nicht überlastet sind. Das Feuer ist allmählich zu verstärken.

Der Heizer 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 in Ordnung ist und daß der Dampfdruck während des etwaigen Betriebsstillstandes (also etwa über Nacht) auf das gewohnte Maß zurückgegangen ist, 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.

Während des Anheizens und des Betriebes nachzusehen, ob der Ablasshahn oder das Ablassventil dicht sind. Das Ablassrohr muß sich kalt anfühlen; ist es heiß, so ist die Ablassvorrichtung 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 vorschrittmäßigen 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 Kofte 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 Effenzug unter gleichzeitiger Verminderung des Zuges zu speisen. Am Schluß der Arbeitszeit hat der Heizer das Feuer vom Kofte zu entfernen, denselben von Asche und Schlacke zu reinigen, den Zugchieber 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 abzuschwächen und der Dampfdruck herunterzuarbeiten, damit nach Einstellung des Betriebes, wenn keine Dampfentnahme 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 Kofte entfernt worden ist und der Kessel und das Mauerwerk genügend ab-

gekühlt 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 vor 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 Dampf-

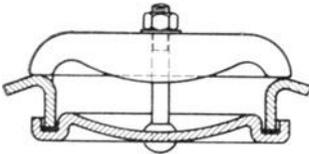


Fig. 147.

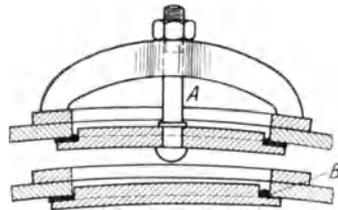


Fig. 148.

Mannlochverschlässe, wobei auf gutes Sitzen der Dichtung zu achten ist. Bei *B* ist dieselbe schlecht eingesetzt.

druck 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 abzusperren. 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 Ablaßhahn nach der Entleerung des Kessels zu schließen, wenn der Kessel mit den andern in Betrieb befindlichen Kesseln ein gemeinsames Ablaßrohr hat. Wird diese Vorsichtsmaßnahme nicht beachtet, so kann beim Abschlänmen der übrigen Kessel das heiße ausströmende Wasser durch den offenen Ablaßhahn 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 abzukratzen, 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. Die Niederdruckdampfkessel.

Hiermit bezeichnet man solche Dampfkessel, deren Betriebsdruck höchstens $\frac{1}{2}$ Atmosphäre beträgt. Sie werden hauptsächlich zu Heizzwecken (in Wohnhäusern, Schulen, Krankenhäusern, Fabriken usw.) benutzt, in denen kein Hochdruckkessel vorhanden ist. Infolge des niedrigen Dampfdruckes unterliegen sie nicht den strengen Gesetzesvorschriften über die Bauart, Ausrüstung und den Aufstellungsort der Dampfkessel für höheren Druck und können daher auch aus Gußeisen hergestellt und in Kellern oder sonstigen übersehten Räumen aufgestellt werden. Gesetzliche Bedingung ist, daß sie mit einer Einrichtung, einem sogen. Sicherheitsstandsrohr, versehen sind, welches einen höheren, als den zulässigen Druck von $\frac{1}{2}$ Atmosphäre im Kessel durch rechtzeitiges Abblasen wirksam verhindert.

Der Bau der Niederdruckkessel. Bahnbrechend war in der ganzen Welt und überaus weit verbreitet ist der gußeiserne **Strebelkessel** des Ingenieurs Strebel, des Begründers des Strebelwerkes in Mannheim, der nach Ablauf des Patentschutzes auch von vielen anderen Firmen in Abarten nachgebaut wird. Er besteht aus mehreren O-förmigen hohlen Gliedern (Fig. 149), deren Hohlraum als Wasser- und Dampfraum dient, und die auf den Außenseiten angegoßene Rippen haben, wodurch die Heizkanäle gebildet

werden. Der Heizkessel wird durch Aneinanderreihen mehrerer solcher Glieder zusammengebaut, die hierbei durch konische Rohrfitzen (Nippel) im Wasser- und Dampfraum miteinander verbunden werden (Fig. 150). Das erste und letzte Glied haben die für den Abschluß des Kessels erforderlichen Stirnwände sowie die für die Bedienung nötigen Aschefall- und Feuerungstüren, die Stutzen für den Wasserstandszeiger und die Verschraubungen vor den Reinigungsöffnungen. Jedes Kesselglied hat einen angegossenen Koft, der mit Rücksicht auf die Ausdehnung durch die Wärme in der Mitte geteilt und ferner an der Ansatzstelle ausgehöhlt ist, so daß er ständig durch

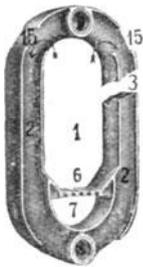


Fig. 149.
Einzelnes Glied
des Strebel-
kessels.



Fig. 150.
Zusammenbau des Strebelkessels.



Fig. 151.
Fertiger Strebelkessel
mit aufmontiertem
Dampfsammler.

das Kesselwasser geführt und vor Abbrand geschützt wird. Da bei jedem Kesselglied der Wasser- und Dampfraum, die Heizfläche, die Rauchgaszüge, der Koft, der Asche- und der Feuerraum im richtigen heiztechnischen Verhältnis zueinander vorhanden sind, kann durch das Zusammensetzen einer größeren oder kleineren Anzahl solcher Glieder stets ein in seinen Abmessungen normal ausgebildeter Kessel von größerer oder kleinerer Heizfläche hergestellt werden.

Der **Betriebsdruck** wird bei Heizkesseln für Wohnräume usw. im allgemeinen wesentlich niedriger als die zulässige $\frac{1}{2}$ Atm., gewöhnlich etwa nur $\frac{1}{10}$ Atm. gewählt, weil bei niedrigem Dampfdruck die Dampftemperatur niedrig ist und eine milde, dem menschlichen Gefühl angenehmere Wärme erzielt wird. Je niedriger die Dampfspannung ist, umso weiter

müssen aber die Dampfleitungsrohre nach den Heizkörpern sein, so daß natürlich auch die gesamte Heizanlage teurer wird. Zum Ablefen des Dampfdruckes wird ein Manometer am Kessel angebracht.

Das Sicherheitsstandsrohr. Als Sicherheitsorgan gegen Drucküberschreitung im Niederdruckkessel dienen nicht, wie bei den Hochdruckkesseln, Sicherheitsventile, sondern es muß an jedem Kessel ein offenes, senkrechtcs Rohr angebracht sein. Dieses Rohr, das auch Sicherheits- oder Standrohr genannt wird, muß direkt am Kessel angebracht und darf weder durch Hähne, Ventile oder Schieber verschließbar oder überhaupt vom Kessel absperrbar sein. Seine größte senkrechte Höhe darf nicht mehr

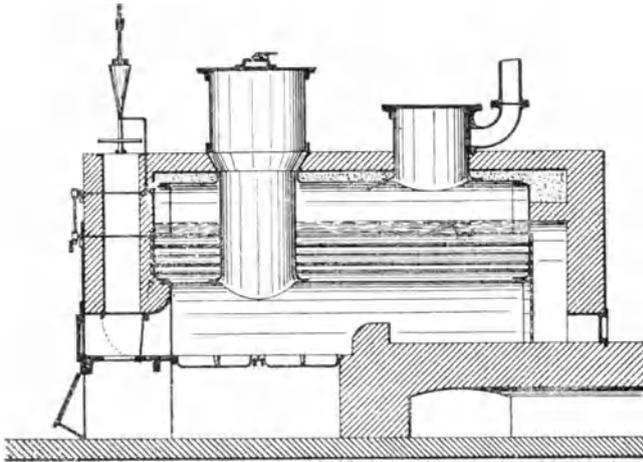


Fig. 152. Eingemauerter schmiedeeiserner Niederdruckdampfkessel mit Rauchrohren, Dampfdom, Füllsack für Dauerbrand und automatischer Regulierung der Verbrennungsluft.

als 5 Meter ($= \frac{1}{2}$ Atm.) betragen. Während des Betriebes ist es mit Wasser gefüllt, welches dem Dampfdruck das Gleichgewicht hält und dessen Ausströmen verhindert. Steigt der Dampfdruck im Kessel zu hoch an, so wird das Wasser aus dem Sicherheitsrohr herausgeschleudert, so daß das Sicherheitsrohr innen frei wird und der gesamte Dampf aus dem Kessel ins Freie entströmt. Einer Drucküberschreitung im Kessel und der Gefahr einer Kesselplosion ist daher durch das Sicherheitsstandsrohr sehr wirksam und besser als durch Sicherheitsventile vorgebeugt. Das Standrohr wird häufig nicht als einfaches Rohr, sondern als zwei Röhre ausgebildet, die an den Enden oben und unten mit je einem Kasten verbunden sind. Der

obere Kasten mündet durch einen Rohrstutzen ins Freie, durch den der Dampf bei einer Drucküberschreitung im Kessel entweichen kann, während das aus dem Sicherheitsrohr herausgedrückte Wasser zunächst im oberen Kasten aufgefangen wird, in den unteren Kasten zurückfließt, wo es den Dampfaustritt abschließt und ein unnötiges Abblasen des Kessels verhindert, sobald der Dampfdruck in letzterem wieder unterhalb der zulässigen Höchstgrenze gefallen ist.

Die Speisung des Heizeffels erfolgt durch eine Wasserleitung, die an den Kessel angeschlossen ist und durch einen einfachen Hahn abgesperrt oder geöffnet werden kann. Eine Speisung während des Betriebes ist nur in sehr beschränktem Maße nötig, da das verdampfte Wasser sich an den Heizkörpern niederschlägt und selbsttätig wieder in den Kessel zurückfließt. Infolge dieses steten Wasserumlaufes setzt sich im Kessel auch fast kein Kesselstein ab, was sehr wesentlich ist, da die Kessel für die Beseitigung etwa anhaftenden Kesselsteins nicht zugänglich sind. Aus diesem Grunde ist jede unnötige Erneuerung des Kesselwassers zu vermeiden, und es darf daher dem Kessel auch niemals Wasser zu Reinigungs- oder anderen Zwecken entnommen werden. Zur Speisung ist nur reines Wasser zu verwenden, welches zur Verhütung von Kesselsteinansatz entweder Regenwasser oder vorher abgekocht sein soll.

Zur Erkennung des **Wasserstandes** dient ein reguläres Wasserstandesglas, welches öfter zu probieren ist. Mit dem Anheizen darf erst begonnen werden, nachdem sich der Kesselwärter überzeugt hat, daß genügend Wasser im Kessel ist. Ist der Kessel in Folge Abblasens durch das Sicherheitsrohr entleert, so ist vorerst das Feuer aus dem Kessel herauszuziehen und letzterer vollständig abzukühlen. Keinesfalls darf bei solchen Unregelmäßigkeiten der Kessel vor dem Abkühlen gespeist werden, da andernfalls durch das Speisewasser das Zerspringen der erhitzten gußeisernen Kesselglieder herbeigeführt werden kann.

Die Feuerung ist eine Füllfeuerung für Dauerbrand. Der Feuerraum ist daher groß angelegt und wird, nachdem der kalte Kessel langsam angeheizt worden ist, bis an die Unterkante der Feuertüre mit Brennstoff gefüllt. Bei mildem Wetter genügt natürlich eine geringere Füllung des Feuerraumes. Das Feuer erfordert sehr wenig Wartung. Vor dem Beschießen mit frischem Brennstoff hat der Heizer die Schlacke aus dem niedergebrannten Feuer herauszuziehen. Das geeignetste Brennmaterial ist Koks, doch sind seit einigen Jahren auch Niederdruckkessel mit Brikettfeuerung im Gebrauch. Der Koks eignet sich deshalb gut, weil er keine flüchtigen Bestandteile enthält, und in Folge der geringen Rauchentwicklung

die Heizflächen des Kessels nicht so schnell mit Ruß beschlagen werden. Brennstoffe, die erheblich schlacken, zusammenbacken und viel Rauch entwickeln, eignen sich für Füllfeuerungen nicht. Für stark backenden Koks empfiehlt sich eine Vermischung mit Braunkohlenbriketts, deren sandartige Asche das Zusammenbacken der Schlacken und des Kokes teilweise verhindert. Soll ein für Koksfeuerbrand eingerichteter Heizkessel mit Braunkohlenbriketts befeuert werden, so ist die Schütthöhe wesentlich niedriger zu halten, da bei der leichten Entzündlichkeit der Briketts der ganze Füllraum in kurzer Zeit durchbrennen und der Kessel überheizt werden würde. Feuerungen für Braunkohlenbriketts müssen daher von besonderer Bauart sein, wobei immer nur eine geringe Schütthöhe im Feuer vorhanden sein darf, oder es muß auf den Dauerbrand verzichtet werden und eine regelmäßige Bedienung des Feuers stattfinden. Figur 153 zeigt den Füllraum (1) im Brande. Die Heizgase gelangen von demselben in die Heizkanäle 2 und von letzteren in den Abzugkanal 8. Die durch den Kof 6 hindurchfallende Asche sammelt sich im Aschefall 7 an.

Hinsichtlich der Bauart der Feuerung unterscheidet man Feuerungen für **oberen** und für **unteren Abbrand**. Bei ersteren werden die Heizgase im oberen Teile des Füllschachtes und zwar im Raume über dem Brennmaterial abgezogen. Bei ihnen steht somit die ganze Brennstoffmenge in Brand, was eine große und sehr wirksame Berührungsheizfläche zwischen dem glühenden Brennstoff und der Kesselheizfläche ergibt.

Bei den Feuerungen mit unterem Abbrand liegen die Öffnungen der Heizkanäle nur in geringer Höhe über dem Kof, so daß nur die untere Schicht der Brennstoff-Füllung in Brand steht, während der darüber befindliche Brennstoff kalt bleibt und allmählich in dem Maße in die Brennzone herabsinkt, in welchem sich die Höhe der glühenden Brennschicht durch den Abbrand vermindert. Bei den Kesseln mit oberem Abbrand fallen die Heizkanäle von oben nach unten ab (siehe Fig. 153), während sie bei den Kesseln mit unterem Abbrand erst aufwärts und dann abwärts geführt werden müssen (Fig. 154 u. 155).

Die Feuerungen mit unterem Abbrand sind vorwiegend für Braunkohlen und Briketts, aber auch für rauchschwachen Brennstoff (Koks) in Anwendung. Fig. 154 zeigt den Kollarfessel der Buderus'schen Eisenwerke in Weglar mit Brikettfüllung und Schrägrost. An den mit Pfeilen be-

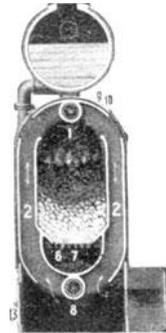


Fig. 153.
Querschnitt durch
den Strebekessel.
(Feuerung mit
Oberbrand.)



Fig. 154. Zollarkeffel der Buderusschen Eisenwerke, Weßlar, mit Braunkohlenbrikettfeuerung mit unterem Abbrand.

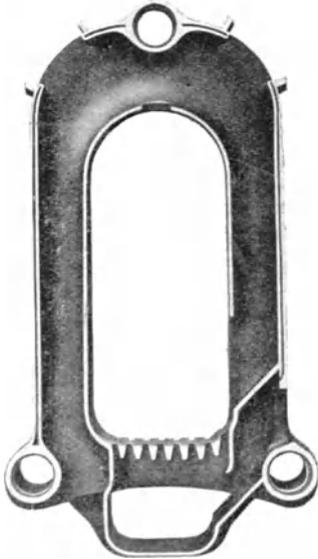


Fig. 155. Kesselglied des Hildekeffels der Rheinischen Stahlwerke in Hilden, eingerichtet für Feuerungen mit unterem Abbrand.

zeichneten Stellen tritt Zusatzluft zu der Braunkohlenflamme, wodurch eine vollständige Verbrennung der Rauchgase erreicht werden soll. Der Füllraum für Braunkohlen und Briketts wird bei den einzelnen Kesselarten in verschiedener Weise ausgeführt; bei dem Brikettkeffel der Firma Strebel, Mannheim, ist er außen am Kessel angebracht und durch schräg verlaufende Wände so eingerichtet, daß das Brennmaterial selbsttätig in das Feuer nachrutscht.

Fig. 155 zeigt ein Kesselglied des Hildekeffels der Rheinischen Stahlwerke in Hilden, der eine Feuerung mit Unterbrand hat. Der Feuerraum hat im Scheitel der innen verlaufenden Rippe eine Lücke, so daß die dem Brennstoff entweichenden Schwelgase und der in der Feuerung befindliche Luftüberschuß in die Feuerzölge abgeleitet werden und eine nachträgliche Rauchverbrennung bewirken. Durch diese oberen Schlitzeöffnungen hindurch findet außerdem ein Absaugen der Füllschachtgase statt, was insbesondere für die Verhütung von Gasexplosionen beim Öffnen der Feuerthüre und zur Verhütung des Ausströmens von unangenehmen Gasgerüchen vorteilhaft ist.

Die Frage nach der Zweckmäßigkeit des oberen oder unteren Abbrandes bei Gliederkeffeln ist danach zu entscheiden, ob hierbei die Heizzgase im Gegenstrom zum Wasserinhalt abziehen, ob ferner bei der Erwärmung der Kesselglieder eine ungleichmäßige Spannung auftritt und ob sich schließlich das Brennmaterial infolge seines mehr oder weniger großen Gehaltes an Rauchgasen für die eine oder andere Bauart eignet.

Die Regulierung des Feuers erfolgt im groben durch die Einstellung eines

im Abzugkanal 8 (Fig. 153) befindlichen Rauchschieber, dessen untere Kante meist nach oben eingebogen ist, so daß er auch beim völligen Niederlassen zur Vermeidung von Gasansammlungen in den Heizkanälen einem geringen Luftzug den Durchtritt gestattet und nicht völlig dicht schließt. Die feinere Regulierung des Feuers erfolgt selbsttätig durch einen Regler, der in verschiedenen Bauarten ausgeführt wird und bei abnehmendem Dampfdruck mehr, bei zunehmendem Dampfdruck weniger Luft zum Feuer hinzutreten läßt und letzteres in folgedessen vermindert oder verstärkt.

Die Regulierung des Luftzutrittes zum Feuer bewirkt der Regulator durch Verstellen der Klappe des Aschefalls, mit welcher er durch eine Kette verbunden ist. In Fig. 156

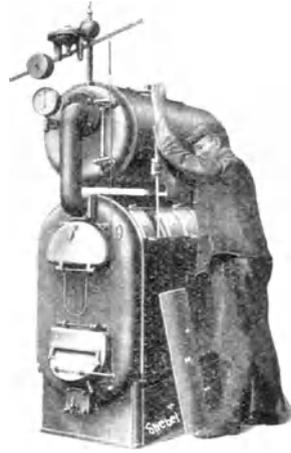


Fig. 156. Die Reinigung der Rauchkanäle des Strebelkessels. Auf dem Dampfhammer befindet sich der Verbrennungsregler.

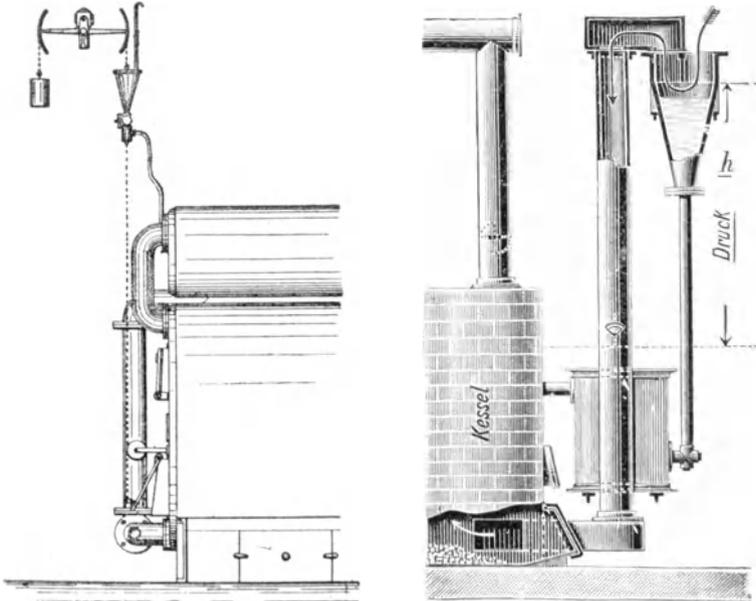


Fig. 157 u. 158. Verbrennungsregler der Firma Kämnitz in Chemnitz.

(Strebelfessel) ist der Regler, der durch einen Wasserfack mit dem Dampf-
raum verbunden ist, ein Membranregler, dessen Membran bei verschieden
hohem Dampfdruck mehr oder weniger gespannt wird. Die Bewegung
der Membran wird durch einen Bolzen, der durch die Mitte des Regler-
gehäuses hindurchgeht, auf einen Hebel übertragen, der mit der Aschenklappe
durch eine Kette verbunden ist.

Der Verbrennungsregler der Firma Kämnick in Chemnitz (Fig. 157)
besteht aus einem hohlen Blechtrichter, der durch einen beweglichen Schlauch
mit dem Wasserraum des Kessels verbunden ist und an einem Balancier
hängt. Bei ansteigendem Dampfdruck steigt das Wasser in dem Trichter
in die Höhe, so daß letzterer schwerer wird, niedersinkt und hierbei die
Aschenklappe teilweise anschließt. Fig. 158 zeigt einen Verbrennungsregler
derselben Firma. Derselbe ist mit dem Sicherheitsrohr h vereinigt, in
welchem sich bei ansteigendem Dampfdruck der Wasserspiegel hebt und
hierbei den Luftdurchlaß nach der Feuerung verengt.

Das Reinigen der Heizzüge von Ruß und Flugasche erfolgt bei
Koksbrand nach je 6 bis 8 Wochen mit einer Drahtbürste. Die Reinigungs-
öffnungen werden durch die an den Rippen der Heizkörper angebrachten
Lücken gebildet, die während des Betriebes doppelt verschlossen sind und
zwar innen durch passende Deckel und außen durch abnehmbare Verschlus-
bleche. Die Lücken an den Gliedern sind aus Fig. 149 deutlich ersichtlich.
Fig. 156 stellt die Reinigung des Kessels dar. Letztere ist bei Verwen-
dung von anderen Brennstoffen als Koks, also bei Braunkohlenbriketts
und dem mitunter noch verwendeten gasarmen Anthrazit, wegen der
stärkeren Ablagerungen von Teer und Ruß öfter vorzunehmen.

Fremdwörter-Erläuterungen

Sonstige Ausrüstungsteile für Dampfanlagen

Kondenstöpfe, Druckminderungs-(Reduzier-)ventile, Rohrleitungen, Pulsometer, Dampfenöler, Schmierapparate	}	sind im Leitfaden „Der Maschinistentourus“ über die Bedienung von Dampf- maschinen und Dampfturbinen be- handelt.
--	---	---

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Demnächst erscheint:

Der Maschinistenkursus

Vorträge über die Einrichtung und den Betrieb
von Dampfmaschinen und Dampfturbinen

Von

F. O. Morgner,

Königlichem Gewerbeinspektor

Leiter der Heizer- und Maschinisten-Kurse in Chemnitz

Mit vielen Textfiguren

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. Schneiders**, Ingenieur in M.-Gladbach (Rhld.). Mit 679 Textabbildungen. Preis gebunden M. 24.—

Die Dampfkessel.

Lehr- und Handbuch für Studierende techn. Hochschulen, Schüler höherer Maschinenbauschulen und Techniken, sowie für Ingenieure und Techniker. Bearbeitet von **F. Tetzner**, Professor, Oberlehrer an den Königl. Vereinigten Maschinenbauanstalten zu Dortmund. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 230 Textabbildungen und 44 lithograph. Tafeln. Preis gebunden M. 10.—

Berechnung, Entwurf und Betrieb rationeller

Kesselanlagen. Von **Max Gensch**, Ingenieur. Mit 95 Textabbildungen. Preis gebunden M. 6.—

Die Dampfkessel und ihr Betrieb.

Allgemeinverständlich dargestellt von **K. E. Th. Schlippe**, Geheimer Regierungsrat. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 114 Textabbildungen. Preis gebunden M. 5.—

Handbuch der Feuerungstechnik und des Dampf-

kesselbetriebes. Mit einem Anhang über allgemeine Wärmetechnik von **Dr.-Ing. Georg Herberg**, beratender Ingenieur, Stuttgart. Mit 54 Abbildungen und Diagrammen, 87 Tabellen, sowie 43 Rechnungsbeispielen. Preis gebunden M. 7.—

Dampfkessel-Feuerungen zur Erzielung einer

möglichst rauchfreien Verbrennung. Von **F. Haier**. Zweite Auflage. Im Auftrage des Vereins deutscher Ingenieure bearbeitet vom Verein für Feuerungsbetrieb und Rauchbekämpfung in Hamburg. Mit 375 Textfiguren, 29 Zahlentafeln und 10 lithogr. Tafeln. Preis gebunden M. 20.—

Die Herstellung der Dampfkessel.

Von **M. Gerbel**, behördlich autor. Inspektor der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungs-Ges. in Wien. Mit 60 Textfiguren. Preis M. 2.—

Teuerungszuschlag auf geheftete Bücher 20%, auf gebundene Bücher 30%

Verlag von Julius Springer in Berlin W9

Technische Untersuchungsmethoden zur Betriebskontrolle, insbesondere zur Kontrolle des Dampfbetriebes.

Zugleich ein Leitfaden für die Übungen in den Maschinenbaulaboratorien technischer Lehranstalten von Ingenieur **Julius Brand**, Professor, Oberlehrer der Kgl. Vereinigten Maschinenbauschulen zu Elberfeld. Dritte verbesserte Auflage. Mit 285 Textabbildungen, 1 lithogr. Tafel und zahlreichen Tabellen. Preis gebunden M. 8.—

Anleitung zur Durchführung von Versuchen an Dampfmaschinen, Dampfkesseln, Dampfturbinen und Dieselmotoren. Zugleich Hilfsbuch für

den Unterricht in Maschinenlaboratorien technischer Lehranstalten von **Franz Seufert**, Ingenieur, Oberlehrer an der Kgl. höheren Maschinenbauschule zu Stettin. Vierte, erweiterte Auflage. Mit 45 Abbildungen. Preis gebunden M. 2.80

Hilfsbuch für den Maschinenbau. Für Maschinentechniker sowie für den Unterricht an technischen Lehranstalten von Prof.

Fr. Freytag, Königl. Baurat, Lehrer an den Technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Fünfte, erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 1218 in den Text gedruckten Abbildungen, 1 farbigen Tafel, 9 Konstruktionstafeln und einer Beilage für Österreich.

In Leinwand gebunden Preis M. 10.—; in Leder gebunden M. 12.—

Elektrische Starkstromanlagen. Maschinen, Apparate,

Schaltungen, Betrieb. Kurzgefaßtes Hilfsbuch für Ingenieure und Techniker sowie zum Gebrauch an technischen Lehranstalten von Dipl.-Ing. **Emil Kosack**, Oberlehrer an den Vereinigten Maschinenbauschulen zu Magdeburg. Mit 290 Textfiguren. Preis gebunden M. 6.—

Kurzer Leitfaden der Elektrotechnik für Unterricht

und Praxis in allgemein verständlicher Darstellung. Von Ingenieur **Rudolf Krause**. Dritte, verbesserte Auflage. Herausgegeben von Professor **H. Vieweger**. Mit 349 Textfiguren. In Vorbereitung.

Bedienung und Schaltung von Dynamos und

Motoren, sowie für kleine Anlagen ohne und mit Akkumulatoren. Von Ingenieur **Rudolf Krause**. Mit 150 Textfiguren. Preis gebunden M. 3.60

Herstellen und Instandhalten elektrischer Licht- und Kraftanlagen. Ein Leitfaden auch für Nichttechniker

unter Mitwirkung von **Gottlob Lux** und **Dr. C. Michalke** verfaßt und herausgegeben von **S. Freiherr von Gaisberg**. Achte, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit etwa 60 Abbildungen im Text. In Vorbereitung.

Technisches Hilfsbuch. Herausgegeben von **Schuchardt & Schütte**. Vierte Auflage. Mit 488 Abbildungen und 7 Tafeln. Preis gebunden M. 3.60

Teuerungszuschlag auf geheftete Bücher 20%, auf gebundene Bücher 30%