

F. D. Morgner
Die Heizerschule

Ein Lehrbuch zur Ablegung
der staatlichen Heizerprüfung

Vierte Auflage

Die Heizerschule

Vorträge über die Bedienung und die
Einrichtung von Dampfkesselanlagen

Ein Lehrbuch
zur Ablegung der staatlichen Heizerprüfung

Nach den vom Reichswirtschaftsministerium
aufgestellten Richtlinien

von

F. D. Morgner

Regierungs-Gewerberat, Leiter der Heizer-
und Maschinistenkurse in Chemnitz

Vierte
umgearbeitete und vervollständigte Auflage

Mit 165 Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1925

ISBN 978-3-662-27521-4 ISBN 978-3-662-29008-8 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-29008-8

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.**

Copyright by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1925
Ursprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin 1925

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 Kesselheizers vom Standpunkte der Rauchverhütung und des möglichst sparsamen Kohlenverbrauches aus besprochen. Zur größeren Anschaulichkeit habe ich die Skizzen 5 bis 12 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 Dampfkesselheizer“ entnommen sind. Im übrigen sind auch die neuzeitlichsten Erscheinungen auf dem Gebiete der Dampfkesseltechnik, die Rauchgasprüfer, die mechanischen Kostbescheidungsapparate, die Wanderroste, die Steirrohrkessel, die künstlichen Zuganlagen, der Gitterfornstein, 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 Abbildungen 15, 18, 20 bis 23, 29, 31 bis 33, 35 bis 39 und 76 dem bereits erwähnten Haierschen Werke und die Zeichnungen 51, 52, 63 und 64 dem Buche „Die Dampfkessel“ von F. Lehner (4. Auflage) entliehen.

Chemnitz, März 1913.

Aus dem 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 Kohlennäße im Feuer).

Die Verhütung von Stichflammen bei der Verfeuerung von Kohlenschlamm auf Schrägrosten.

Die Lebensdauer und Schonung der Kofststäbe.

Eine Gasexplosion in einem Kohlenfalo (ein Beitrag über die Selbstentzündlichkeit 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 Kesselfeizer 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 vollstümlichen Fassung geschrieben ist, in dieser Hinsicht wohl die Priorität für mich in Anspruch nehmen darf.

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 Niederdruckdampfesseln besprochen worden.

Chemnitz, März 1918.

Aus dem Vorwort zur dritten Auflage.

Die zweite, seit dem Herbst 1920 vergriffene Auflage meiner Heizerschule erfreute sich, wie ihr schneller Absatz beweist, derselben Beliebtheit wie die erste. In vielen Schulen wurde sie als Lehrbuch eingeführt; sehr zahlreich war auch der Schriftwechsel, den ich ihretwegen mit Heizern, Maschinisten, Leitern von Lehranstalten und Ingenieuren aus allen Teilen des Deutschen Reiches zu führen hatte.

In der vorliegenden dritten Auflage haben besonders die Apparate zur Feuerungskontrolle, die Zugmesser und die Kohlen säurebestimmer, deren Bedeutung für die Industrie infolge unserer ungünstigen Kohlenversorgung erheblich zugenommen hat, eine eingehende Beachtung erfahren. Ferner ist aus demselben Anlaß auf die Verfeuerung der gemischten Brennstoffe und namentlich auf die der Rohbraunkohle näher eingegangen worden. Eine eingehende kritische Bespre-

chung, die nach meinen Erwartungen in vielen Industriekreisen gern willkommen geheißen wird, habe ich den Unterwindfeuerungen zuteil werden lassen, deren Verbreitung in den letzten Jahren sehr zugenommen hat.

Im übrigen sind die Abschnitte über die Bedienung der Dampfüberhitzung und über die Niederdruckdampfkessel sowohl im Text wie auch durch Hinzufügen einiger neuerer Abbildungen den Fortschritten unserer Feuerungstechnik entsprechend verbessert worden.

Chemnitz, den 25. Mai 1921.

Vorwort zur vierten Auflage.

In der vorliegenden vierten Auflage der Heizerschule habe ich den im Reichswirtschaftsministerium aufgestellten Richtlinien für die Heizerkurse sowie dem neueren Stande der Wärmetechnik, soweit letztere die Dampfanlagen betrifft und dem Heizer überhaupt vernünftigerweise zugänglich gemacht werden kann, Rechnung getragen. Viele Abschnitte, z. B. diejenigen über Verbrennungsvorgänge, die Heizgaskontrolle, die Bedienung der Feuerungen, die Verhaltensregeln für die Heizer usw. sind durchgreifend umgearbeitet und dabei eine Anzahl von Abbildungen durch neue ersetzt worden. Eingefügt wurden ferner mehrere wärmetheoretische Berechnungen einfacher Art, um dem geschulten Heizer die Möglichkeit zu gewähren, sich auf rechnerischem Wege einen ungefähren Überblick über die Kohlenersparnisse zu verschaffen, die mit der Anwendung von Speisewasservorwärmern und der hohen Dampfdrücke verbunden sind; außerdem sollen sie ihm bei der Bewertung der Kohlenarten von verschiedener Heizkraft und der hier nach erforderlichen Bauarten der Dampfkesselfeuerungen behilflich sein. Eine eingehende Behandlung ist auch den in den letzten Jahren in vielerlei Bauarten in die Praxis eingeführten Rauchgasprüfern zuteil geworden. Es ist hierbei nicht als Ziel der theoretischen Heizerausbildung betrachtet worden, den Heizer für eine wissenschaftliche Beurteilung der Wärmevergänge reif machen zu wollen, denn dies würde selbstverständlich einer viel längeren und gründlicheren Schulung bedürfen, als sie je ein Heizerkursus zu bieten vermag; ganz abgesehen davon, daß die Teilnehmer an den Heizerkursen in den seltensten Fällen die genügende Vorbildung besitzen, um diesen schwierigen Gedankengängen folgen zu können. Dennoch muß dem Heizer die Bedeutung der analytischen Untersuchung der Heizgase, soweit sie mittels der Rauchgasprüfer erfolgt, geläufig sein, damit er in denselben das wichtige Hilfsmittel bei seiner Tätigkeit erblickt, das sie bestimmungsgemäß sein sollen. Höhere Anforderungen sollten m. E. an die Heizer nicht gestellt werden, will man nicht ein bedenklches Halbwissen fördern. Welche Schwierigkeiten sich auch der Beurteilung der scheinbar einfachen Angaben der Rauchgasprüfer entgegenstellen, möge aus der Fußnote auf Seite 16 hervorgehen, wo darauf hingewiesen ist, daß eine Feuerung, bei der die Heizgase 15 Prozent Kohlenäure und 1 Prozent Kohlenoxydgas enthalten, nicht wirtschaftlicher arbeitet, als eine Feuerung mit 10 Kohlenäuregehalt und keinem Gehalt an brennbaren Bestandteilen. Ein derartiger wärmetheoretischer Nachweis kann selbstverständlich keinem Heizer zugemutet werden, auch wenn er einen Heizerkursus besucht und eine Schlußprüfung bestanden hat. Seine Aufgabe muß vielmehr darin bestehen, durch die praktische Beobachtung das richtige Verhältnis zwischen Schichthöhe und Zugstärke im Feuer herauszufinden, wie er dies auch bei solchen Dampfkesselanlagen zu tun gezwungen ist, die nicht mit Rauchgasprüfern ausgerüstet sind.

Im übrigen ist die Tabelle über die Eigenschaften des gesättigten Wasserdampfes erneuert und sind viele Abbildungen neu aufgenommen und veraltete durch neuere ersetzt worden. Eine eingehende Behandlung haben hierbei insbesondere die Rostabkonstruktionen und die neueren Feuerungen erfahren.

Neueingefügt wurde ferner ein Abschnitt über Wärmewirtschaft und Kesselhauskontrolle, was bei den Anforderungen, die heute an einen Dampfkesselbetrieb und an den Heizer gestellt werden, dringend notwendig erschien. Hierbei ist insbesondere auf die Maßnahmen zur Verminderung der Abwärmeverluste und auf die in den letzten Jahren vielfach eingeführten Vorrichtungen zum Rückspeisen des Kondenswassers in den Dampfkessel eingegangen worden.

Den zahlreichen Firmen, die mich durch Überlassen von Zeichnungen und durch bereitwillig erteilte Auskünfte bei der Neufassung der Heizerschule in entgegenkommendster Weise unterstützt haben, sei auch an dieser Stelle bester Dank ausgesprochen.

Glauchau, Januar 1925.

F. D. Morgner.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.

	Seite		Seite
Die Aufgabe des Bedienungspersonals	1	Die Wärmeausnutzung in einer Dampf- anlage	1
1. Die Brennstoffe im allgemeinen.			
Entstehung und innerer Aufbau der Brennstoffe	2	Die chemische Zusammensetzung der Brennstoffe	4
Tabelle über die Zusammensetzung der wichtigsten Kohlenarten	4	Die brennbaren und unbrennbaren Bestandteile der Brennstoffe	5
2. Die Verbrennungsvorgänge.			
Allgemeines über die Verbrennung	6	Die Entstehung des Rauches	9
Die Zusammensetzung der Luft	7	Die vollständige und unvollständige Ver- brennung des Kohlenstoffes.	9
Die vier Verbrennungsabschnitte	7	Die unbrennlichen Bestandteile der Brennstoffe; die Entstehung der Asche und der Schlacke	10
Das Verdampfen und die Bedeutung der Kohlensäure	8		
Die Entgasung und die Verfohung der Kohle	8		
3. Die Zusammensetzung und die Untersuchung der Heizgase.			
Die theoretische Zusammensetzung der Heizgase	11	Der Uciapparat	15
Die praktische Zusammensetzung der Heizgase	11	Der elektrische Kohlen säuremess er von Siemens & Halske	16
Der praktische Luftbedarf (Luftüberschuß) des Feuers	12	Der Rauchgasprüfer Kanarex der Allgem. Elektrizitätsgesellschaft	16
Die Untersuchung der Feuergase	13	Die praktischen Folgerungen aus der Heizgasuntersuchung für den Kessel- heizer	17
Die Rauchgasprüfer	13		
Der Orsatapparat	14		
4. Die einzelnen Brennstoffsorten.			
Der Heizwert der Brennstoffe	18	Die Briketts oder Preßkohlen.	21
Die Wärmeeinheit oder Kalorie	18	Der Koks	22
Tabelle über den Heizwert verschiedener Brennstoffe	19	Der Braunkohlenkoks	22
Die Steinkohle	19	Lagerungsverlust und Selbstentzündung der Kohlen	22
Die Braunkohle	20	Die flüssigen Brennstoffe	23
Der Torf	21	Das Gas.	23
Das Holz	21		
5. Die Bedienung des Kesselfeuers.			
Das Anzünden des Feuers	23	Das Ausgleichen des Feuers	24
Die gleichmäßige und lockere Beschaffen- heit des Feuers	24	Das Aussehen der Flamme	24
		Die Stichflamme	25

	Seite		Seite
Der zu große Kofst	25	b) das Kopfheizen	29
Der zu kleine Kofst	26	c) das abwechselnde Beschicken ein- zelter Kofststellen	29
Die Höhe der Brennschicht	26	Das Abschladen	30
Die Beschickungszeit	27	Rauchgasexplosionen und das Decken des Feuers	31
Die Regulierung des Feuers bei schwan- kendem Dampfverbrauch	27	Hilfsapparate bei der Befuerung	
Die automatischen Zugregler	27	a) der einfache Zugmesser	32
Die Beschickung des Planroftes zur Erzie- lung eines rauchfreien Feuers	28	b) der Differenzzugmesser	33
a) gleichmäßiges Beschicken des Ko- ftes	28	Prämien für den Kesselheizer	34

6. Die Feuerungsanlagen der Dampfkessel.

Der Feuerraum	34	Die Planroftstinnenfeuerung	39
Die Planroftfeuerung	35	Die Planroftunterfeuerung	39
Kofst und Kofstfab	35	Die Planroftvorfeuerung	40
Schonung und Abbrand der Kofstfläbe	37	Die Treppenroftfeuerung	41
Die Schürplatte	37	Die Schrägroftfeuerung	43
Feuergeschränk und Feuertüre	37	Die Schonung der Schrägrofte	44
Die Feuerbrücke	38	Die Tenbrinkfeuerung	45
Ascherraum und Aschefall	38	Eine bewährte Sägespänefeuerung	45
Die Benutzung der Aschefallklappe	38	Die Muldenroftfeuerung	46

7. Die rauchverhütenden Dampfkesselfeuerungen.

Die Brennstoffersparnis bei der Rauch- verbrennung	46	Die Feuerungen mit mechanischer Be- schickung	49
Die Schädlichkeit der Rauchgase	47	a) der Leachapparat	49
Die Verbrennung des Rauches durch Zusapluft	47	b) die Wurf- oder Katapultfeuerung	51
a) die gewöhnliche hohle Feuerbrücke	47	Feuerungen mit wandernder Brennschicht	53
b) die Heißluftfeuerbrücke von Thoft	48	Der Wander- oder Kettenroft	53
c) die hohle Feuerbrücke von Storbed	48	Die Unterwindfeuerung	58
		Die Gasfeuerungen	59
		Die Leerfeuerung	60

8. Die Feuerzüge und der Schornstein.

Regeln für die Heizgasführung	62	Die normale Temperatur der Essengase	66
Die Heizfläche	62	Der Schornsteinverlust	66
Nachteile der zu großen und zu kleinen Heizfläche	62	Ausnutzung der Wärme in gut gebauten Kesselanlagen	67
Heizgasführung und Wasserumlauf	63	Der künstliche Essenzug	
Die Zugverluste	63	a) der direkte Saugzug	67
Die Zugänglichkeit der Feuerzüge	64	b) der indirekte Saugzug	67
Das Kesselgemäuer	64	Die Vorteile des künstlichen Essenzuges	68
Der Essenschieber	65	Das Fufterohr an Lokomotiven und Lo- tomobilen	68
Der Essensuchs	65		
Der Schornstein	65		

9. Die Verhütung und Beseitigung des Kesselsteins.

Gute und schlechte Wärmeleiter	69	c) von Petroleum	71
Das Kesselblech als guter Wärmeleiter	69	d) von Soda und Kalk	71
Ruß und Kesselstein als schlechte Wärme- leiter	70	Der Wasserreiniger von Keifert	72
Die Entstehung des Kesselsteins	70	Die Kesselsteinausscheideapparate	74
Die Härte des Wassers	70	Die Härtebestimmung des Wassers	74
Verschiedene Verfahren der Kesselstein- verhütung		Die Gefährlichkeit des ölhaltigen Speise- wassers	75
Zusätze: a) von stärkemehlhaltigen Mit- teln	71	Die Entölung des Speisewassers	75
b) von gerbstoffhaltigen Mit- teln	71	Das Ausklopfen des Kessels	76
		Der Siederohrreiniger	76
		Die Entlüftung des Kessels bei der Reini- gung	76

10. Die Verdampfung des Wassers.

	Seite		Seite
Die Aggregatzustände des Wassers . . .	77	Die Dampfüberhitzer	80
Die Schmelzwärme des Eises	77	Die Bedienung der Überhitzer	82
Die Flüssigkeitswärme des Wassers . . .	77	Die Regelung der Dampfüberhitzung . . .	83
Die Thermometer und Pyrometer	77	Die Anwendbarkeit der Dampfüberhitzung . . .	85
Die Tabelle über die Eigenschaften des Wasserdampfes	78	Unreiner Dampf	85
Die Verdampfungswärme des Wassers . .	78	Der Dampfdruck	85
Die Gesamtwärme des Dampfes	79	Der Luftdruck (Atmosphäre)	86
Rechnungsbeispiel über den Nutzen des hohen Dampfdruckes	79	Die Saughöhe der Pumpen	86
Sattdampf und überhitzter Dampf	80	Die Atmosphäre als Maßeinheit im Dampfesselbetrieb	87

11. Beschreibung und Bedienung der hauptsächlichsten Kesselarten.

Allgemeine Anforderungen an einen Dampfkessel	87	Der kombinierte oder zusammengesetzte Kessel	97
Die Großwasserraumkessel		Der ausziehbare Röhrenkessel	99
a) Der Walzen- oder Zylinderkessel . . .	88	Der Wasserrohrkessel	
b) Der mehrfache Walzenkessel	90	a) mit Wasserfammern	101
Der Tenbrinkkessel	91	b) Der Steilrohrkessel	106
c) Der Flammrohrkessel	91	Der Schiffskessel	108
Der Heizrohrkessel	94		

12. Bau und Reparatur der Dampfkessel.

Das Material der Dampfkessel		Verankerungen	
Kupfer	109	a) Der Stirnboden	114
Gußeisen	110	b) Die Stehbolzen	114
Schweißeisen, Flußeisen, Stahl	110	Versteifung der Flammrohre	115
Schäden in Kesselflech	110	Die Adams'sche Verbindung	115
Doppelblechstellen	111	Das Einwalzen u. Abdichten der Siederohre	116
Anrostungen	111	Das Wiegen der Rohre	117
Nietverbindung und Schweißung	111	Die Wasserdruckprobe des Kessels	117
Nietferstimmn der Nietnähte	112	Das autogene Schweißverfahren	117
Ranten- u. Stegriffe in der Nietnaht . .	113		

13. Die Ausrüstung des Dampfkessels.

Die Wasserstandszeiger	118	Der Injektor	
Der zulässig niedrigste Wasserstand . .	119	a) Der einfache Injektor	134
Die Probiechähne	119	b) Der Rörting'sche Universalinjektor . . .	135
Die Wasserstandsgläser	121	c) Das Einstellen des Injektors	136
Der Klingersche Wasserstandsapparat . .	124	d) Der Restating-Injektor	137
Wasserstandsapparate mit Selbstverschluß	124	Die Zentrifugal- oder Kreiselpumpen . . .	139
Schwimmerwasserstandszeiger	125	Die selbsttätigen Wasserstandsregler . . .	141
Der Hahnemann'sche Wasserstandsanzeiger	126	Der Pulsometer	143
Der Bladsche Speiserufer	126	Das Speise- oder Rückschlagventil	144
Das Manometer u. das Vakuummeter . . .	127	Die Ablaßvorrichtung	145
Die Sicherheitsventile	129	Das Absperrventil	146
Die Vollhubsicherheitsventile	130	Die Speisewasservorwärmer	
Vollhubventil Pop für Lokomotiven . .	131	a) Abdampfvorwärmer	148
Die Speisevorrichtungen	131	b) Rauchgasvorwärmer (Economiser) . . .	149
Die Kolbenpumpen	132	Rechnungsbeispiele für die Kohlenersparnisse durch die Vorwärmer	150
Die Dreiplüngerpumpe	133		

14. Verhaltensregeln für Dampfkesselheiz.

Das Anheizen	151	Betrieb während der Arbeitspausen . . .	153
Kontrolle der Sicherheits- und Speiseapparate	152	Reinigung des Dampfkessels	153
Überschreitung des Dampfdruckes	153	Schlechte und richtige Abdichtung der Mannlöcher	154

15. Wärmewirtschaft und Kesselhauskontrolle.

Die hauptsächlichsten Gesichtspunkte . .	155	Die Kondenswasser-Rückleiter	156
--	-----	--	-----

16. Die Niederdruckdampfessel.

	Seite		Seite
Allgemeines	157	a) mit oberem Abbrand	160
Der Bau der Niederdruckessel	157	b) mit unterem Abbrand	160
Der Betriebsdruck	158	Die Regulierung des Feuers	161
Das Sicherheitsstandrohr	158	Die selbsttätigen Verbrennungsregler	161
Die Speisung des Heizessels	159	Die Reinigung der Heizkanäle	162
Der Wasserstand	159	Wie spart man Brennstoff bei Zentral-	
Die Feuerungen	159	heizungen	162

Sonstige Zubehörteile zur Dampfanlage.

Kondensstöpfe	}	sind im Leitfaden „Die Maschinistenschule“ über die Bedienung von Dampfmaschinen und Dampfturbinen von demselben Verfasser behandelt.
Druckminderungs- (Reduzier-) ventile		
Rohrleitungen		
Dampfentöler		
Schmierapparate		

Einleitung.

Die Aufgabe des Bedienungspersonals.

Der Zweck jeder Dampfkesselanlage besteht, gleichviel ob sie groß oder klein ist, in der Erzeugung von Dampf, und zwar von hochgespanntem Dampf, durch das Kesselfeuer. Hierbei hat der Kesselheizer eine zweifache Aufgabe zu erfüllen; er hat erstens für die Betriebssicherheit des Kessels und zweitens für die beste wirtschaftliche Ausnützung des Brennstoffes zu sorgen.

Die Betriebssicherheit muß der Heizer unbedingt wahren, da Verstöße gegen dieselbe schwere Folgen (Kesselschäden, im schlimmsten Falle sogar Kesselexplosionen) nach sich ziehen können. Es ist daher die unerläßliche Pflicht des Heizers, die Sicherheitsvorrichtungen (Wasserstandszeiger, Sicherheitsventile, Manometer), die Speisevorrichtungen und die sonstige Armatur (Absperrventile, Hähne) tadellos in Ordnung zu halten, sowie den Kessel auf seinen unversehrten Zustand hin gut zu beobachten. Außerdem muß der Heizer bis in alle Einzelheiten mit seiner Kesselanlage genau vertraut sein, damit er sich in kritischen Augenblicken, wenn es gilt, eine Gefahr abzuwenden, schnell und sicher zu helfen weiß. Der Heizer muß in dieser Hinsicht durchaus zuverlässig sein, andernfalls er für seinen Beruf nicht geeignet ist.

Seine volle berufliche Tüchtigkeit muß jedoch ein Heizer dadurch beweisen, daß er versteht, die ihm anvertraute Kesselanlage so wirtschaftlich wie möglich zu betreiben; d. h. er darf nicht mehr Kohle verbrauchen, als bei guter, einwandfreier Bedienung und ordentlicher Instandhaltung der Kesselanlage erforderlich ist. Denn die Kohlenfrage ist für unsere Industrie sehr wichtig, nicht nur weil der Kohlenpreis sehr gestiegen ist, sondern auch weil die Industrie zum großen Teil auf die Verfeuerung von minderwertigen Kohlenarten angewiesen ist. Der Heizer muß sich auch vor Augen halten, daß die völlige Ausnützung der Kohle im Kesselbetrieb ohnehin nicht möglich ist und bei gut in Ordnung gehaltenen Kesselanlagen nur 70 Prozent des Wärmegehaltes der Kohle in den Dampf übergeführt werden (12 Prozent gehen durch Ausstrahlung durch das eiserne Feuergeschränk, das Kesselmauerwerk und die Schlacke und Asche verloren und 18 Prozent ziehen mit den Schornsteingasen ab). Bei schlechten, mangelhaften Kesselanlagen sind die Wärmeverluste jedoch viel größer und beträgt der Nulleffekt mitunter bloß 50 bis 60 Prozent.

Noch geringer erscheint uns der Wirkungsgrad der Dampfmaschinen, in denen 10 Prozent der Wärme des eintretenden Dampfes durch Kondensation und Ausstrahlung verloren gehen, 13 Prozent zur Überwindung der inneren Reibung der Dampfmaschine selbst verbraucht werden, 65 Prozent in dem Auspuffdampf verbleiben, so daß nur 12 Prozent der in die Dampfmaschine gelangten Wärme für die Nutzleistung (Abgabe von Kraft) zur Verfügung stehen, wobei der in der Dampfleitung nach der Maschine auftretende Wärmeverlust infolge der unvermeidlichen Ausstrahlung (etwa 5 Prozent) noch nicht berücksichtigt ist.

Es besteht daher alle Ursache vom Heizer zu verlangen, daß er durch geschickte Bedienung des Feuers, durch Anpassen der Schichthöhe desselben und der Schieberstellung an den jeweiligen Dampfverbrauch, durch sachkundige Beobachtung der Speisewasservorwärmer, der Dampfüberhitzer, der Wasserreinigungsanlage, durch den regelrechten Gebrauch der Speisevorrichtungen, durch gleichmäßiges Halten der Dampfspannung auf den höchsten zulässigen Betriebsdruck, durch gute Instandhaltung des Kesselmauerwerks, der Wärmeschutzverkleidungen und der Kontrollinstrumente (Zugmesser, Rauchgasprüfer, Speisewassermesser und Thermometer) den Wirkungsgrad der Dampfanlage auf voller Höhe hält. Von einem tüchtigen, geschulten Heizer erwartet man auch, daß er etwaige Mängel seiner Kesselanlage erkennt und nötigenfalls Abhilfe schaffen kann.

1. Die Brennstoffe im allgemeinen.

Entstehung und innerer Aufbau der Brennstoffe. Wir beginnen mit den Betrachtungen über das Kesselfeuer. Wenn wir hierbei die Anforderungen darüber kennen lernen wollen, wie ein Kesselfeuer beschaffen sein soll, müssen wir uns zunächst mit dem Verbrennungsvorgang befassen, und diesen können wir nur richtig verstehen, wenn wir auf die Brennstoffe eingehen. Wir müssen hierbei fragen, wie sind die einzelnen Brennstoffsorten zusammengesetzt und wie verhalten sie sich im Feuer, wie geht also ihre Verbrennung vor sich. Wir treten demgemäß zunächst in eine Besprechung der Brennstoffe ein.

In Deutschland kommen für die Dampfkesselfeuerungen hauptsächlich die festen Brennstoffe, die Steinkohle, die Braunkohle, der Torf, das Holz und der Koks in Betracht. Wenn wir wissen wollen, wie diese Brennstoffe innerlich aufgebaut sind, müssen wir uns einmal fragen, wo kommen sie her, wie sind sie entstanden und woraus sind sie entstanden. Unsere Steinkohlen und Braunkohlen sind nun — und dies steht wissenschaftlich ganz einwandfrei fest — die Überreste von Wäldern und Pflanzen, die vor einer unermesslich langen, sich jeder menschlichen Schätzung entziehenden Zeit durch Wetterkatastrophen und Erdumwälzungen ent wurzelt, fortgeschwämmt und verschüttet worden sind. Unter dem Einfluß der Wärme, des Druckes und der Feuchtigkeit der darauf lastenden Erdschichten sind diese Holzmassen dann allmählich zu Kohle geworden, als welche sie heute der Bergmann aus der Erde herausbefördert. Diese urzeitlichen Vorgänge haben sich nun nicht bloß einmal, sondern wiederholt abgespielt, so daß in den Kohlenruben Kohlen- und Erdschichten übereinander liegen. In einigen Kohlenrevieren sind bis zu 23 Kohlenflöze vorhanden. Man darf sich nun nicht vorstellen, daß diese Kohlenflöze schön wagerecht übereinander in der Erde liegen, sondern sie sind durch Verschiebungen des Erdreichs verworfen worden, so daß sie an manchen Ausgangsstellen zutage liegen und sich von hier aus tief in das Erdinnere versenken.

Diese 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 daß sie aus ähnlichen Bestandteilen wie das Holz aufgebaut sein muß. Blei, Kupfer, Eisen, Zink usw. sind einheitliche Körper, d. h. es läßt sich aus ihnen keine andere Substanz wie eben Blei, Kupfer usw. herausziehen, wie wir dies beispielsweise beim Wasser ersehen, welches, trotzdem es ganz klar ist, den Kesselstein enthält, der beim Verdampfen zurückbleibt. Auch das Holz besteht, wie wir beim Betrachten eines Baumstammes sofort ersehen können, aus mehreren verschiedenen Substanzen, und zwar aus der eigentlichen Holzfaser, die den Hauptbestandteil ausmacht, ferner aus Harzen oder teerartigen Stoffen,

die in geringerer Menge vorhanden sind, an einzelnen Stellen aus dem Baumstamme herausquellen, aber auch, wenn dies auch weniger augenfällig und sichtbar ist, das ganze Holz durchdringen; schließlich fühlt sich das Holz noch feucht an, so daß es auch Wasser enthalten muß. Die Harze oder teerartigen Bestandteile bilden, wie wir später noch ersehen werden, beim Verbrennen der Kohle und der Brennstoffe überhaupt die leuchtende Flamme des Feuers oder, wenn sie unverbrannt aus dem Feuer abziehen, den Rauch. Man nennt sie daher auch die flammbaren oder die rauchigen Bestandteile. Der Wassergehalt des Holzes, von dem hier die Rede ist, ist nicht bloß die beim Anfassen äußerlich wahrnehmbare, sondern eine innerliche Masse, die man feststellen kann, wenn das Holz längere Zeit dem Trocknen ausgesetzt und hernach sein Gewichtsverlust bestimmt wird. Ferner enthält das Holz noch einen vierten Bestandteil, der beim Verbrennen als Asche und Schlacke zurückbleibt, also unverbrennlich ist, und den man auch die mineralischen Bestandteile des Holzes nennt.

Diese vier Bestandteile des Holzes, die für die Verbrennungsvorgänge sehr wichtig sind, müssen wir, wenn auch in verändertem Zustand und in anderer Form, in der Kohle wiederfinden, da nach einem allgemein gültigen Grundsatz auf der Erde ein Stoff wohl eine Veränderung erfahren, aber niemals verloren gehen kann. Nehmen wir einmal an, es würde jemand einen Stuhl, einen Tisch usw. in lauter kleine Stücke zerteilen, etwa zersägen, so würde wohl der Gebrauchswert des betreffenden Gegenstandes vernichtet werden, doch würde die Holzmasse (etwa dem Gewicht oder dem Rauminhalte nach) unverändert bleiben, gleichviel ob der Stuhl ganz oder zersägt ist; oder nehmen wir an, es würde etwa Salz in Wasser gelöst, so würde zwar das Salz der sichtbaren Wahrnehmung entzogen, aber dennoch nicht verschwunden, sondern nur in die flüssige Form des Wassers übergeführt worden sein. Ähnlich verhält es sich auch mit dem in der Erde zu Kohle gewordenen Holze, dessen anfänglich vorhanden gewesenen Bestandteilen wieder in der Kohle anzutreffen sein müssen, nur daß sie sich während der Jahrtausende während Lagerung der verschütteten Holzmassen wesentlich verändert haben. Die anfänglich weiße oder grünliche, weiche und leichte Holzfasern sind schwarz, glänzend, steinartig, dichter und schwerer geworden und bildet den Hauptbestandteil der Kohle, weshalb sie Kohlenstoff genannt wird. Die harzigen Bestandteile des Holzes haben sich unter Abgabe von Gasen, d. h. die Grubengase oder schlagenden Wetter, gleichfalls verdichtet und bilden die teerartigen Bestandteile der Kohle, die, wie beim Holze, beim Verbrennen die leuchtende Flamme oder, wenn sie unverbrannt abziehen, den Rauch des Feuers bilden. Auch das Wasser ist in der Kohle geblieben, nur hat der Wassergehalt der Kohle mit deren zunehmendem Alter abgenommen hat. Ferner mischt 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. den Schwefel daraus auf, die im Holze fehlen. Die Folge davon ist, daß die Kohle mehr Asche und Schlacke enthält, daß sie schwerer ist, sich erst bei einer höheren Temperatur entzündet und mehr Wärme entwickelt (oder einen höheren Heizwert hat) als das Holz.

Die vier Bestandteile sind in den Brennstoffen nicht etwa zu gleichen Teilen, sondern in sehr ungleichen Mengen vertreten, wie wir dies auch ohne weiteres beim Holz ersehen, in welchem die Harze, der Wassergehalt und die Asche und Schlacke in weit geringerem Maße vorhanden sind als der Hauptbestandteil, die Holzfasern. In nachstehender Tabelle ist die Zusammensetzung einiger Kohlenarten angegeben, es ist hierbei zu berücksichtigen, daß dies nur ganz rohe Durchschnittswerte sind und daß im übrigen z. B. unter den einzelnen Steinkohlenarten (etwa einer west-

fälischen, einer schlesischen und einer sächsischen) recht bedeutende Unterschiede in bezug auf ihre chemische Zusammensetzung bestehen.

Hauptbestandteile	Steinkohle	Kohlen- schlamm	Braun- kohle	Roß- braun- kohle	Koks
	%	%	%	%	%
1. Kohlenstoff	66	40	42	31	86
2. Teerartige Bestandteile	21	14	16	10	—
3. Wasser	8	25	32	47	3,5
4. Mineralische Bestandteile	4	19	6,5	9	7
5. Schwefel u. a.	1	2	3,5	3	3,5

Die chemische Zusammensetzung der Brennstoffe. Wenn die Verbrennungsvorgänge erklärt werden sollen, namentlich wenn man untersuchen und beurteilen will, ob die Verbrennung der Kohle in richtiger oder in falscher Weise im Kesselfeuer erfolgt, ob die Kohle also gut oder schlecht ausgenützt wird, kann man sich mit der ganz rohen Angabe, daß die Kohle aus den vier Bestandteilen: Kohlenstoff, teerartigen Bestandteilen, Wasser und mineralischen Bestandteilen zusammengesetzt ist, nicht begnügen und muß man sie eingehend und zwar vom wissenschaftlichen Standpunkte der Chemie aus auf ihren Gehalt an einfachen Stoffen hin untersuchen, die nur aus einem Stoff bestehen, also in keiner Weise, weder durch Erhitzung noch durch Wärme, noch auf elektrischem Wege oder sonstwie weiter zerlegbar sind. Solche Stoffe nennt man Elemente oder Urstoffe, von denen wir z. Bt. etwa 90 kennen. Es sind dies z. B. die Metalle, wie Blei, Kupfer, Eisen, Antimon, das bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Quecksilber usw., ferner der Schwefel, das in eisernen Flaschen in den Handel gebrachte Sauerstoffgas und Wasserstoffgas u. a. Diese Stoffe bestehen nur aus einer Substanz im Gegensatz zu den chemischen Verbindungen und zusammengesetzten Stoffen, die sich auf chemischem Wege in ihre Grundstoffe oder Elemente zerlegen oder aus letzteren zusammensetzen lassen. Will man einen Körper chemisch untersuchen, so muß man feststellen, was für solche Elemente in ihm enthalten sind. Wir sehen dann z. B., daß das Kupfervitriol, das in Färbereien als Weizmittel verwendet wird, aus vier solchen Elementen, nämlich aus Kupfer, Schwefel, Wasserstoff und Sauerstoff, oder daß das gewöhnliche Kochsalz aus Natrium und Chlor besteht (weßhalb es auch Chlor-natrium genannt wird).

Untersuchen wir die Brennstoffe in gleicher Weise, so sehen wir zunächst, daß ihr Hauptbestandteil, der Kohlenstoff, ein solcher unveränderlicher Stoff, ein Element, ist und als solcher an der Verbrennung teilnimmt, also hierbei nicht in andere Stoffe zerfällt.

Der zweite Bestandteil der Kohle, die teerartigen oder flammbaren oder rauchigen Bestandteile, die, wie wir sahen, von dem Harze des untergegangenen Holzes abstammen, sind jedoch kein solcher Grundstoff. Sie zerfallen im Kesselfeuer, also bei der Verbrennung, in Kohlenstoff und zwar ist dies Kohlenstoff derselben Grundart wie der Hauptbestandteil der Kohle, sowie in einen zweiten Stoff, den gasförmigen Wasserstoff. Dieser Zusammensetzung halber führen sie auch die wissenschaftliche Bezeichnung Kohlenwasserstoffe. Ob ihre Zerlegung tatsächlich im Kesselfeuer immer eintritt, ist allerdings eine andere Frage; bei der Untersuchung der Verbrennungsvorgänge müssen wir aber mit ihr rechnen. Sie erfolgt erst bei hoher Temperatur und zwar bei der Entzündungstemperatur der teerartigen Bestandteile, d. s. etwa 320 bis 350° Celsius. Wird diese Temperatur im Kesselfeuer nicht erreicht, so erfolgt diese Zerlegung

nicht (es bildet sich dann der schwarze Rauch). Auf den ersten Augenblick mag es für den Laien, der keine Chemiefenntnisse hat, zweifelhaft erscheinen, daß die teerartigen Bestandteile oder der Teer überhaupt aus einem festen Körper, dem Kohlenstoff, und einem Gas, dem Wasserstoff, zusammengesetzt sein sollen, tatsächlich ist dies jedoch der Fall. Ähnliche Erscheinungen finden wir auch anderwärts. Wir sehen einem klaren, reinen Wasser auch nicht an, daß es einen festen Körper, den Kesselstein, enthält, der beim Verdampfen des Wassers als fester, steinartiger Körper zurückbleibt. Wir sehen ferner dem schwarzen, schmierigen Teer, der sich bei der Leuchtgasfabrikation aus der Steinkohle in den Vorlagen absondert, auch nicht an, daß in den Farbenfabriken alle möglichen Farben, Parfüms und Arzneimittel herausgezogen werden. (Im Grunde genommen sind dies die Farben, die aromatischen und die heilkräftigen Säfte der untergegangenen Pflanzenwelt, aus denen die Kohle entstanden ist.) Mit der Tatsache, daß die teerartigen Bestandteile der Kohle aus einem festen Körper, dem Kohlenstoff, und einem Gas, dem Wasserstoff, bestehen und in der Feuerhitze in diese zerfallen, müssen wir uns demnach abfinden.

Der dritte Bestandteil der Brennstoffe, das Wasser, ist gleichfalls bei hoher Erhitzung, wenn Dampf über glühende Kohle geleitet wird, in zwei Grundstoffe oder Elemente zerlegbar, nämlich in zwei Gase, den Wasserstoff und den Sauerstoff. Umgekehrt entsteht Wasser durch die Vereinigung dieser beiden Elemente, indem man Wasserstoffgas anzündet oder durch ein mit Sauerstoff und Wasserstoff gefülltes Gefäß einen elektrischen Funken hindurchschlagen läßt. Das im Wasser enthaltene Wasserstoffgas ist derselbe Wasserstoff, wie wir ihn als zweiten Bestandteil in den teerartigen Bestandteilen vorgefunden haben. Die Zerlegung des Wassers findet im Kesselfeuer zumeist nicht statt, weshalb man sich bei den Angaben über die chemische Zusammensetzung der Kohle auch mit der Feststellung des Wassergehaltes begnügt.

Der vierte Hauptbestandteil der Kohle, die mineralischen (oder steinigen) Bestandteile sind gleichfalls in verschiedene Grundstoffe zerlegbar; für den Verbrennungsvorgang ist indes nur wesentlich, daß sie auch Sauerstoff enthalten, der sich im Kesselfeuer abspaltet, während die sonstigen (die erdigen) Bestandteile zusammenfintern und zusammenbacken und die Asche und die Schlacke bilden.

Die sonst in der Kohle vorhandenen Grundstoffe, z. B. der Schwefel, sind wegen ihrer geringen Menge nur von ganz nebensächlicher Bedeutung für den Verbrennungsvorgang. Der Schwefel ist zumeist an den Sauerstoff gebunden, während ein anderer hierher gehöriger Stoff, der Stickstoff, in Verbindung mit Wasserstoff in der Kohle vorkommt.

Fassen wir die bisherigen Betrachtungen über die chemische Zusammensetzung der Brennstoffe zusammen, so ergibt sich unter Berücksichtigung einer einfachen, dem Gesichtskreis des Heizers angepaßten Auffassung folgendes.

Die Brennstoffe bestehen:

I. aus brennbaren Grundstoffen, und zwar

a) aus Kohlenstoff. Derselbe rührt in erster Linie von der eigentlichen Holzfasern und zweitens von dem Kohlenstoff aus den teerartigen Bestandteilen her.

b) aus Wasserstoff, der sich im Feuer bis auf ganz geringe Mengen aus den teerartigen Bestandteilen abspaltet.

c) Der dritte brennbare Bestandteil ist der Schwefel, der aber für die Wärmeentwicklung nur von ganz untergeordneter Bedeutung ist.

II. aus nicht brennbaren Bestandteilen, nämlich:

a) aus Wasser,

b) aus mineralischen (oder steinigen) Bestandteilen,

c) aus Stickstoff (zumeist nur 1 bis 2 Prozent). Seine Bedeutung ist für die Verbrennung unerheblich.

III. aus Sauerstoff, soweit er sich bei der Verbrennung der Brennstoffe aus den mineralischen und aus den Verbindungen mit dem Stickstoff abspaltet. Er ist für sich nicht brennbar, wird aber bei der Verbrennung der vorstehends unter Ziffer I genannten Grundstoffe verzehrt. Die in den Brennstoffen enthaltene Sauerstoffmenge ist ziemlich klein und daher für die Verbrennung nicht wesentlich.

Der Kohlenstoff bildet, wie schon sein Name sagt und aus Tabelle S. 4 ersichtlich ist, den Hauptbestandteil der Steinkohle, des Koks und der besseren Braunkohlensorten, während bei den übrigen Brennstoffen der Wassergehalt überwiegt. Nahezu reiner Kohlenstoff ist die Holzkohle (98 Prozent). Graphit und Diamant sind reiner Kohlenstoff in natürlicher Form. Ruß ist gleichfalls reiner Kohlenstoff. Er entsteht, wenn kohlenstoffreiche Verbindungen bei Luftmangel verbrennen, wie dies in den Rußbrennereien geschieht, oder wenn kohlenstoffhaltige Flammen abgekühlt werden. Er setzt sich daher sofort beim ersten Anheizen eines Kessels aus den Rauchgasflammen an den Kesselwandungen ab und bleibt auch während der ganzen Betriebszeit des Kessels daran haften, da er sehr schwer verbrennbar ist. Nur an den Kesselblechen, die von den heißesten Feuergasen bestrichen werden, das ist das Flammrohr über und hinter dem Kof, kann sich die Rußschicht nicht halten. 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 Schmelztiegel und als Zusatz zu Schmiermitteln, die hohen Temperaturen oder großen Belastungen, z. B. durch schwere Transmissionswellen ausgesetzt sind. In der Fahnschmiere 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. Beim Verbrennen bildet er mit dem Sauerstoff der Luft sehr hoch erhitzten Wasserdampf, so daß sein Verbrennungsprodukt, auf gewöhnliche Temperatur abgekühlt, das Wasser ist (daher sein Name Wasserstoff). Er ist ferner in den Brennstoffen an einen Teil des Kohlenstoffes gebunden und bildet dann mit diesen die sog. Kohlenwasserstoffe, d. s. die teerartigen Bestandteile. Aus ihnen werden in der chemischen Fabrik das Benzol, die Teerfarben, Parfüms und pharmazeutischen Präparate gewonnen. Wasserstoff entsteht bei der chemischen Zerlegung des Wassers in seine beiden Bestandteile (Wasserstoff und Sauerstoff), wie dies beispielsweise in den elektrischen Akkumulatoren der Fall ist. Mit Luft (oder besser mit Sauerstoff) mechanisch vermischt, bildet er das Knallgas, das bei Entzündungen sehr heftig explodiert. Die Akkumulatorenräume müssen deshalb sehr gut gelüftet und dürfen nicht mit Licht betreten werden.

2. 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 Entzündungstemperatur 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 Entzündungstemperatur in Brand zu setzen (beispielsweise Steinkohle mittels Holz oder Koks mittels Steinkohle und Holz). Es ist daher sehr wichtig, daß die Entzündungstemperatur im Kesselfeuer erzeugt wird und erhalten bleibt. Eine Verbrennung kann aber auch umgekehrt durch Absperrung der Luftzufuhr oder durch Abkühlung stark vermindert oder ganz aufgehoben werden, wie wir dies beim Betreten eines Eisellers mit einer brennenden Kerze an dem Kleinerwerden der Flamme und am Verlöschen einer Kerze unter einer luftdicht abgeschlossenen Glasglocke sehen können.

Die Luft ist ein Gemisch aus mehreren Gasen und Wasserdampf. Für unsere Zwecke genügt es, wenn wir sagen, daß 100 Kubikmeter Luft 21 Kubikmeter Sauerstoff und 79 Kubikmeter Stickstoff enthalten. Der Sauerstoff ist für die Verbrennung unentbehrlich. Der Stickstoff hingegen brennt überhaupt nicht, sondern erstickt, wie schon sein Name sagt, jede Verbrennung. Für die Ausnützung der Kohle ist dies sehr nachteilig, da er mit erwärmt werden muß und hierbei die Temperatur im Feuer herabgedrückt wird. 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 (d. i. eine Temperatur, von der wir uns überhaupt keine Vorstellung machen können), in Folge des Stickstoffgehaltes der Luft beträgt sie nur 2716° Celsius. Hierbei ist allerdings vorausgesetzt, daß nur die nach der theoretischen Berechnung nötige Luftmenge zur Feuerung hinzufließt. Durch den unvermeidlichen Luftüberschuß in der Feuerung ermäßigt sich die Temperatur eines gut in Ordnung gehaltenen Feuers auf 1000 bis 1500° Celsius (d. i. ungefähr die Schmelztemperatur des Eisens).

Die vier Verbrennungsabschnitte. Bei der Verbrennung treten an jedem in ein Feuer geworfenen Kohlenstück in nachstehender zeitlicher Reihenfolge vier hauptsächliche 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 Verbrennungserscheinungen 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**. Da der Sauerstoff lateinisch oxygenium heißt, werden seine chemischen Verbindungen auch Oxide genannt, und man spricht von Kohlenoxyd, Schwefeloxyd usw.

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), das Wasser und die mineralischen Bestandteile 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 Kohlenluft 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 und zieht als solcher mit den Heizgasen ab. 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 lufttrockenen Zustande verfeuert und vor dem Verfeuern nicht noch besonders naß gemacht werden sollte, ist doch das vielfach übliche Anfeuchten derselben mitunter vorteilhaft. 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 Kohlentteilen 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. Auch wird die Schädlichkeit des Gehaltes an äußerer Feuchtigkeit der Kohle vielfach insofern beträchtlich überschätzt, als die zu ihrer Verdampfung erforderliche Wärmemenge vor viel höher gehalten wird, als sie tatsächlich ist.

Die Entgasung und Verkokung der Kohle. Nach dem Verdampfen des Wassergehaltes entweichen die teerartigen Bestandteile, die Kohlenwasserstoffe, und gehen, wie das Wasser, in Dampfform über und füllen den Feuerraum über dem Roste aus. Man sagt, die Kohle entgast oder verkokt. 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 zur Kohle. Sie verbinden sich beim Verbrennen mit dem Sauerstoff der Luft und bilden die hell leuchtende Flamme des Feuers. Je mehr die Kohle entgast ist, umso geringer wird die Menge der noch vorhandenen teerartigen Bestandteile und der daraus entwickelten Dämpfe, so daß die helle Flamme des Feuers in gleichem Maße wie die Menge der teerartigen Bestandteile abnimmt und schließlich völlig verschwindet. (Dieses Verschwinden der Flamme kann man in den von Hand beschickten Feuerungen oder bei mechanisch angetriebenen Feuerungen dann gut beobachten, wenn die Beschickungsapparate bei vollem Betrieb einmal für 5 bis 10 Minuten abgestellt werden.)

Die in Dampfform übergegangenen teerartigen Bestandteile zerfallen beim Verbrennen (wenn sich also, wie vorstehend erwähnt, die Flamme bildet) in ihre Urbestandteile, den Kohlenstoff und den Wasserstoff, woraus als Verbrennungsprodukte Kohlenäure und sehr hoch erhitzter Wasserdampf entstehen. Entweichen aus der Kohle sehr viel Gase, so können sie sich nicht sofort mit der Verbrennungsluft vermischen und füllen nicht nur den Verbrennungsraum über dem Rost aus, sondern treten auch in den dahinterliegenden Feuerzug über. Es brennt dann

bei solchen Kohlenarten die Flamme weit in den Feuerzug hinter der Feuerbrücke hinein.

Das Leuchten der Flamme beruht darauf, daß in ihr infolge von Luftmangel fein verteilter Kohlenstoff ausgeschieden und bis auf Weißglut erhitzt wird. Am Rande und an der sonstigen Oberfläche der Flamme, wo die Verbrennungsluft ungehinderten Zutritt hat, verbrennt der weißglühende Kohlenstoff, wobei eine ganz schwach leuchtende Zone an der Flamme entsteht. Man kann dies deutlich an einer ruhig brennenden Kerze beobachten. Davon, daß das Leuchten der Flamme tatsächlich von weißglühendem Kohlenstoff herrührt, kann man sich überzeugen, wenn man in die Flamme (etwa einer Kerze) einen kalten Gegenstand (einen Porzellanteller oder einen Eisenstab) hineinhält, an welchem sich alsdann der weißglühende Kohlenstoff abkühlt und als Ruß absetzt. Im Kesselfeuer erfolgt dieses Auscheiden des Rußes beim Anheizen des Kessels an den kalten Wandungen über und hinter dem Feuerraum.

Die Entstehung des Rauches. Sind die Vorbedingungen für das Verbrennen der Dämpfe aus den teerartigen Bestandteilen nicht erfüllt, so ziehen letztere unverbrannt als grauer oder schwarzer Rauch ab. Der Rauch, der demnach aus brennbaren Gasen und zwar aus Teer- u. Erdpechdämpfen besteht, bedeutet somit immer ein unvollständige Ausnutzung der Kohle oder einen Verlust bei der Kohlenfeuerung. Soll die Rauchentwicklung vermieden werden, so ist zunächst erforderlich, daß im Feuerraum die Entzündungstemperatur der flüssigen Bestandteile der Kohle (etwa 300° Celsius) vorhanden ist. Treffen die aus der frisch aufgeworfenen Kohle austretenden Gase zwar eine genügend hohe Temperatur im Feuerraum an (wie dies etwa bei Vorfeuerungen mit gemauertem Feuerraum der Fall ist, Abb. 28), 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 verbrennen als Kohlenarten mit hohem Gas- und Erdpechgehalt. Die flüchtigen Bestandteile der Brennstoffe sind im allgemeinen um so leichter brennbar, je jünger die Kohle ist, insobedessen ist auch die Rauchentwicklung beim Braunkohlen- oder Holzfeuer leichter vermeidbar als beim Steinkohlenfeuer.

Die vollständige und unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffes. Sind die teerartigen Bestandteile aus der Kohle entwichen, so bleibt der feste Bestandteil der Kohle, der Kohlenstoff mit den mineralischen Bestandteilen zurück. Die Kohle hat dann ihr Aussehen geändert und ist porös und zu Koks geworden. Derselbe verbrennt im glühenden Zustande, wobei er sich an seiner Oberfläche mit dem Luftsaurestoff verbindet. Seine Verbrennung vollzieht sich hierbei in zwei Abstufungen. Er verbrennt zunächst an seiner glühenden Oberfläche zu einem Gas, dem **Kohlenoxydgas**, das brennbar ist und bei ausreichendem Luftzutritt und bei der verhältnismäßig niedrigen Temperatur von 300° Celsius weiterverbrennt und zwar zu **Kohlenäure** (d. i. dieselbe Kohlenäure wie in den Kohlenäureflaschen für die Bierdruckapparate und im Selterswasser). Bei Luftmangel in der Feuerung, also bei verschlacktem Koks, bei ungenügendem Essenzug oder zu hoher Feuerschicht, die einen sehr großen Luftbedarf und insobedessen einen sehr starken Essenzug erfordert, zieht das Kohlenoxyd unverbrannt ab, was natürlich ein Nachteil ist, denn es muß doch Aufgabe einer ordentlich geleiteten Verbrennung sein, die Kohle soweit zu verbrennen, daß die abziehenden Gase völlig unverbrennlich sind und überhaupt keine brennbaren Bestandteile mehr enthalten. Die Kohlenäure ist nicht weiter brennbar. Man nennt daher die Verbrennung zu Kohlen-

oxydgas die **unvollständige**, und die Verbrennung zu Kohlenäure die **vollständige** Verbrennung des Kohlenstoffes. Um zu Kohlenäure 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. In Gewichtsmengen ausgedrückt, stellt sich die unvollständige und vollständige Verbrennung des Kohlenstoffes wie folgt dar:

1. 1 Kilogramm Kohlenstoff + 1,33 Kilogramm Sauerstoff = 2,33 Kilogramm Kohlenoxydgas.

2. 2,33 Kilogramm Kohlenoxydgas + 1,33 Kilogramm Sauerstoff = 3,66 Kilogramm Kohlenäure.

Im ersten Falle werden rund 2500 Wärmeeinheiten; im zweiten Falle insgesamt 2500 + 5600 = 8100¹⁾ Wärmeeinheiten, also über $\frac{2}{3}$ mehr erzeugt.

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 zu Kohlenäure entsteht. Der Heizer muß daher darauf sehen, daß die Rauchgase kein oder möglichst wenig Kohlenoxydgas enthalten; während der Gehalt derselben an der unverbrennlichen Kohlenäure möglichst hoch sein soll. **Dies ist auch der Grund, weshalb man die Rauchgase im Esfenuchs auf ihren Gehalt an Kohlenäure und Kohlenoxydgas untersucht.** Der geübte Heizer erkennt das Kohlenoxydgas an der bläulichen, kurzen Flamme, mit der es über der Grundglut des Feuers zu Kohlenäure verbrennt; doch kann diese Verbrennung auch bereits innerhalb der Glühlicht erfolgen und dabei keine Flamme sichtbar sein. Im übrigen sind die Kohlenäure und das Kohlenoxydgas farblos und geruchlos. Der Heizer muß also, da äußerlich wahrnehmbare Unterscheidungsmerkmale zwischen diesen beiden Gasen nicht vorhanden sind, darauf achten, daß genügend Luft zum Feuer hinzutreten kann, den Kofst erforderlichenfalls abschladen, den Luftzug verstärken oder die Feuerschicht niedriger halten oder mit dem Schüreisen aufbrechen und lockern. Große Mengen von Kohlenoxydgas treten sehr leicht in den Schüttfeuerungen von Niederdruckkesseln (siehe Abschnitt 16) auf, wenn dieselben mit Kofst betrieben werden und letzterer zum Zusammenbacken neigt oder viel Schlacke absondert. Die beim Öffnen der Feuertüre sich über der glühenden Kofstschicht bildenden langen blauen Flammen zeigen dann an, daß große Mengen Kohlenoxydgas vorhanden waren.

Tritt die unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffes 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. (Das Kohlenoxydgas ist übrigens giftig und wirkt, in größeren Mengen eingeatmet, tödlich, indem es das Blut verändert.)

Die unverbrennlichen Bestandteile der Brennstoffe bleiben zurück. Je nachdem sie einen mehr oder minder hohen Schmelzpunkt haben, fließen sie zusammen und bilden auf dem Kofst eine zusammenhängende Masse, die Schlacke, oder fallen als einzelne Körner (Asche) durch die Kofstspalten 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 schwefeliger Säure, die für den Heizwert der Kohle ohne Belang ist, sich aber mitunter durch ihre Schädlichkeit für die Umgebung der Kesselanlage bemerkbar macht.

1) Nach der sog. Verbandsformel über die Heizwertbestimmung.

3. Die Zusammensetzung und die Untersuchung der Heizgase.

Die theoretische Zusammensetzung der Heizgase. Die Betrachtungen über die Verbrennungsvorgänge zeigen, daß die brennbaren Bestandteile der Brennstoffe, indem sie bei der Verbrennung eine chemische Verbindung mit der Luft eingehen, ganz bestimmte Gase bilden und daß somit auch die im Feuer entstehenden Heizgase eine ganz bestimmte Zusammensetzung haben müssen. Die Heizgase enthalten bei einer theoretisch richtig durchgeführten Verbrennung:

1. Stickstoff als unverbrennlichen Bestandteil aus der Verbrennungsluft,
2. Kohlensäure und Wasserdampf, die bei der Verbrennung der teerartigen Bestandteile entstehen,
3. Kohlensäure als Produkt der vollständigen Verbrennung des festen Kohlenstoffes der Kohle,
4. Wasserdampf und schweflige Säure, die von der Kohlennäße und dem Schwefelgehalt der Kohle herrühren.

Wir ersehen hieraus, daß die Heizgase in sehr einfacher Weise zusammengesetzt sind und als Verbrennungsprodukt (abgesehen von der unwesentlichen schwefligen Säure) nur Kohlensäure und Wasserdampf enthalten. Würde man die Verbrennung theoretisch durchführen, so betrüge der Kohlen säuregehalt in den Heizgasen (eine mittlere Steinkohle vorausgesetzt) 19,2 Prozent, die übrigen 80,8 Prozent der Heizgasmenge würden in erster Linie Stickstoff (etwa 79 Prozent) und im übrigen (etwa 2 Prozent) Wasserdampf und schweflige Säure sein.

Die praktische Zusammensetzung der Heizgase. Dieses Ergebnis ist jedoch in der Praxis nicht zu erzielen, weil es nicht möglich ist, mit der theoretischen Luftmenge, d. h. mit derjenigen Luftmenge, die nach der wissenschaftlichen Berechnung eigentlich zur richtigen und vollständigen Verbrennung der Kohle ausreichen müßte, auszukommen. Dieselbe läßt sich auch bei den besten Feuerungsanlagen und bei der sorgfältigsten Bedienung des Feuers nicht so verteilen, daß der gesamte darin enthaltene Sauerstoff restlos aufgezehrt wird. Die Folge davon ist, daß an anderen Stellen des Feuers ein Sauerstoffmangel entsteht und die unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenoxydgas eintritt oder die Rauchgase unverbrannt abziehen. Ein Feuer, dem nur die theoretische Luftmenge zugeführt wird, verhält sich demnach wie ein an Luftmangel leidendes Feuer und arbeitet wegen des dabei auftretenden Kohlenoxydgases mit sehr großen Wärmeverlusten. Es bedarf daher, um das Kesselfeuer wirtschaftlich zu gestalten, einer größeren als der theoretischen Luftmenge, d. h. eines Luftüberschusses. Durch letzteren wird aber die Zusammensetzung der Heizgase derart verändert, daß ein Sauerstoffgehalt austritt und der Kohlen säuregehalt dagegen geringer wird. Da der Luftüberschuß indes, wenn auch nicht in so hohem Maße wie ein Luftmangel im Feuer, Wärmeverluste und somit einen unnötigen Aufwand an Kohle herbeiführt, weil die überschüssige Luft mit erwärmt werden muß und die Temperatur der Heizgase herabdrückt, muß er möglichst gering bleiben. Im allgemeinen begnügt man sich bei den Dampfkesselfeuerungen damit, wenn die im Essensuchs abziehenden Heizgase 11 bis 14 Prozent Kohlensäure und kein Kohlenoxydgas aufweisen. Der Sauerstoffgehalt darf in gut bedienten Feuern etwa 4 bis 5 Prozent, jedenfalls aber nicht über 8 Prozent betragen. Ist der Gehalt an Kohlensäure geringer als 9 Prozent und an Sauerstoff größer als 5 Prozent, so ist der Luftüberschuß im Feuer zu groß, es wird zur Dampferzeugung unnötig viel Kohle aufgewendet und der Heizer muß das Feuer höher und dichter bedecken oder durch Herablassen des Essenschiebers den Luftzutritt zum Feuer verringern.

Wir ersehen demnach, daß sich bei dieser theoretischen Betrachtung über die beste wirtschaftliche Zusammensetzung der Heizgase eine sehr wichtige Regel für die praktische Bedienung des Feuers ergibt. **Es ist nämlich eine Hauptaufgabe des Heizers, die richtige Schichthöhe des Feuers und die richtige Stellung des Essenschiebers ausfindig zu machen und beide mit der jeweiligen Inanspruchnahme des Dampfkessels in Einklang zu bringen.** Ist dies der Fall, so wird die Verbrennung mit der vom praktischen Standpunkt aus günstigsten Luftmenge durchgeführt und der sparsamste Kohlenverbrauch erzielt.

Der praktische Luftbedarf (Luftüberschuß) des Feuers. In der Praxis muß man dem Kesselfeuer das $1\frac{1}{2}$ fache bis das Doppelte der theoretischen Luftmenge zuführen, die eigentlich zur vollständigen und richtigen Verbrennung der Kohle ausreichen müßte. Läßt man zu dem Feuer weniger als das $1\frac{1}{2}$ fache der theoretischen Luftmenge hinzuströmen, so ist dies nicht wirtschaftlich, weil dann die Entfehlung großer Mengen von Kohlenoxydgas und eine starke Rauchentwicklung unvermeidbar sind und hierbei, wie wir bereits gesehen haben, erst recht keine gute Wärmeausnutzung der Kohle erreicht wird. Durch einen größeren Luftüberschuß nehmen die Wärmeverluste aber auch zu. In welchem Maße dies stattfindet, zeigt die nachstehende Tabelle¹⁾, die für eine mittelmäßige Steinkohle und eine Abgastemperatur von 270° Celsius berechnet ist. Beträgt der Kohlen säuregehalt der Heizgase 19,2 Prozent (der aber praktisch nicht erreichbar ist), so ist kein Luftüberschuß vorhanden und es entsteht auch kein Kohlenverlust; beträgt der Kohlen säuregehalt 13 Prozent, so ist die Menge der Verbrennungsluft das $1\frac{1}{2}$ fache der theoretischen und der Kohlenverlust beträgt dann 14 Prozent; letzteren nimmt man aber in Kauf, weil der Luftüberschuß die Bildung von Kohlenoxydgas und die damit verbundenen sehr hohen Wärmeverluste verhindert. Bei einem Kohlen säuregehalt von 6 Prozent ist der Luftüberschuß das 3,2fache der theoretischen Luftmenge und der Kohlenverlust beträgt dann 30 Prozent.

Bei einem Kohlen säuregehalt von	19,2	15	14	13	12	10	8	6	4	2 Prozent
ist der Luftüberschuß	1	1,3	1,4	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	13	14	15	18	23	30	45	90 Prozent

1) Diese Tabelle gilt, was nicht außer Acht gelassen werden darf, nur dann, wenn in den Heizgasen keine unverbrannten Gase (Kohlenoxydgas, Wasserstoff) vorhanden sind, andernfalls wird der Wirkungsgrad des Feuers trotz einem hohen Gehalt an Kohlen säure in den Rauchgasen ungünstig. Ist beispielsweise in dem Rauchgas ein Gehalt von 14 Prozent Kohlen säure und von 1 Prozent Kohlenoxydgas festgestellt (was sehr leicht zutreffen kann), so ergibt das Auftreten des Kohlenoxyds einen Wärmeverlust von rund 5 Prozent, wie folgende Rechnung aufweist: $C + O = CO$ mit 29 Wärmeeinheiten; $C + O_2 = CO_2$ mit 97 Wärmeeinheiten. $\frac{97 - 29}{15 \cdot 97} \cdot 100 = 4,85$ Prozent (rund 5 Prozent). Der gesamte Kohlenverlust würde

dann nach vorstehender Tabelle betragen: $13 + 5 = 18$ Prozent und die Verbrennung wäre demnach wärmethoretisch nicht günstiger als eine solche mit 10 Prozent Kohlen säuregehalt und keinem Kohlenoxyd. Die Beurteilung der Ergebnisse einer Rauchgasanalyse kann selbstverständlich nicht dem Heizer zugemutet werden und muß dem Ingenieur obliegen; obgleich auch die Fälle in der Praxis vorkommen, bei denen der Heizer bemerkt, daß er mit einem geringeren Kohlen säuregehalt den Dampf besser als bei hohem Kohlen säuregehalt halten kann. Die analytische Untersuchung der Rauchgase auf Kohlenoxydgas (oder unverbrannte Gase überhaupt) ist somit für eine wissenschaftliche Betriebsführung sehr wichtig.

Die Untersuchung der Feuergase. Aus vorstehendem ist ersichtlich, daß es für den Heizer sehr wichtig ist, wenn er die Zusammensetzung der Heizgase der von ihm bedienten Kesselfeuerung kennt oder feststellen kann. Denn er hat alsdann eine gute Unterlage dafür, ob das Kesselfeuer und die Kesselzüge in Ordnung sind oder nicht. Man benutzt hierzu besondere Apparate, die Rauchgasprüfer, welche anzeigen, wieviel Kohlenäure, Kohlenoxydgas und Sauerstoff in den Essengasen enthalten sind. Gewöhnlich sind die Apparate nur für die Feststellung des Kohlenäuregehaltes eingerichtet; doch gibt es auch Apparate, mit denen außerdem der Gehalt an Kohlenoxydgas oder an brennbaren Bestandteilen überhaupt (Kohlenoxydgas, Wasserstoff) laufend festgestellt und registriert wird.

Die Zahl der verschiedenen Rauchgasprüfapparate ist ziemlich groß (etwa 30). Sie beruhen darauf, daß die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Kohlenäure auf verschiedene Weise zur Messung derselben in den Rauchgasen ausgenützt werden.

Für wissenschaftliche Zwecke und für Einzeluntersuchungen von Dampfkesselanlagen bedient man sich der volumetrischen Messung. Dieselbe besteht darin, daß man mittels einer an den Rauchgasprüfer angeschlossenen Rohrleitung aus dem Essensuchs eine bestimmte Rauchgasmenge — gewöhnlich 100 Kubikzentimeter — heraussaugt und diese Rauchgasprobe der Reihe nach durch die Behälter mit je einer besonderen Flüssigkeit in Berührung bringt. Die eine Flüssigkeit (Alkalilösung) saugt dann die Kohlenäure, die andere (Phyrogallussäure) das Kohlenoxydgas und die dritte (Kupferchlorürlösung) den Sauerstoff aus der Rauchgasprobe auf, so daß man aus der in drei Abstufungen entstehenden Verringerung der Rauchgasprobe die Menge der darin enthaltenen Gase ersehen kann. Preßt man z. B. 100 Kubikzentimeter Rauchgas durch eine Alkalilösung, so wird nur die Kohlenäure der Gasprobe von der Alkalilösung aufgefangen, während die übrigen Gase wieder aus ihr heraustreten. Bleiben dann von der Gasprobe nur noch 88 Kubikzentimeter übrig, so betrug der Kohlenäuregehalt der Feuergase $100 - 88 = 12$ Prozent. Für die gewöhnliche Kesselhauskontrolle genügt die Bestimmung des Kohlenäuregehaltes. Die Bestimmung des Gehaltes an Kohlenoxydgas und Sauerstoff ist zwar sehr wesentlich und für die endgültige Beurteilung des Kesselfeuers unentbehrlich, doch ist sie wegen der komplizierten Zusammensetzung und dem Verhalten der dazu erforderlichen Chemikalien bei der Berührung mit der Luft ziemlich umständlich und schwierig, so daß bei nicht genügender Sorgfalt sehr leicht falsche Angaben entstehen. Es kann nicht Aufgabe des Heizers sein, derartige wissenschaftliche Untersuchungen der Heizgase vorzunehmen oder die Ergebnisse derselben richtig zu beurteilen. (Es wird hierbei auf die Fußnote Seite 12 verwiesen.)

Für Einzeluntersuchungen bei Verdampfungsversuchen und zur Kontrolle von anderen Rauchgasprüfern benutzt man den Orsatapparat, der mit 3 oder 2 Absorptionsgefäßen hergestellt wird. Die in Abb. 1 dargestellte Bauart hat 2 Absorptionsgefäße, die zur Feststellung des Kohlenäure- und des Sauerstoff- oder des Kohlenoxydgasgehaltes dienen.

In dem Gefäß a_1 befindet sich Kalilauge (hergestellt aus 100 Gewichtsteilen Alkali und 200 Gewichtsteilen destilliertem Wasser) zum Auffangen der Kohlenäure. In dem Gefäß a_2 befindet sich Phyrogallussäure (15 bis 20 Gramm pulverförmige Phyrogallussäure in 200 Kubikzentimeter Kalilauge von obiger Zusammensetzung) oder Phosphor in Stängchenform zum Auffangen des Sauerstoffs. Beide Gefäße sind bis etwa $\frac{2}{3}$ ihrer Höhe gefüllt. Die Handhabung des Apparates muß mit großer Sorgfalt erfolgen. Zunächst ist beim Ansaugen von Gas darauf zu achten, daß der Apparat bei jeder Untersuchung mit frischem Gas gefüllt wird und

nicht etwa verbrauchte Gasreste von der vorhergehenden Untersuchung oder Luft vorhanden sind. Zum Ansaugen von Gas muß das freie Ende des Filters durch eine dünne Rohrleitung mit dem letzten Feuerzug verbunden sein. Durch Benutzung der Schlauchpumpe (die zur Vermeidung des Eindringens von Luft im Falle, daß ihre Ventile undicht sind, am besten unter Wasser zu halten ist) und entsprechende wechselnde Einstellung des Dreiveghahnes h_3 zieht man das Gas in die Rohrleitung. Die Niveauflasche und die Bürette sind mit Wasser gefüllt und mittels eines Gummischlauches miteinander verbunden. Senkt man die Niveauflasche, so nimmt sie das Wasser aus der Bürette auf, und das Gas wird, nachdem mittels des Dreiveghahnes h_3 die Verbindung vom Filter nach der Bürette hergestellt ist, angesaugt. Die entnommene Gasprobe wird zunächst in die freie Luft ausgestoßen, indem der Hahn h_3 entsprechend eingestellt und die Niveauflasche gehoben wird, wobei das Wasser aus ihr in die Bürette zurückläuft. Dieses Ansaugen und Ausstoßen der Gasprobe wird so oft wiederholt, bis man ihrer ein-

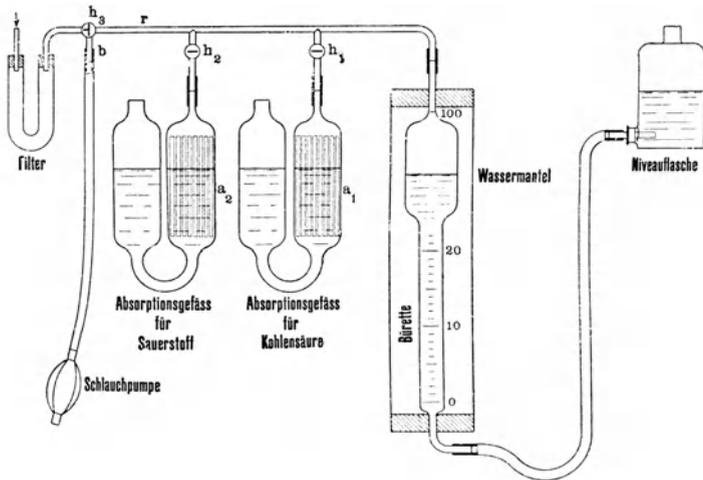


Abb. 1. Orsatapparat mit 2 Absorptionsgefäßen, die mit verschiedenen Chemikalien gefüllt werden und zur Bestimmung des Kohlenäure- und des Kohlenoxydgasgehaltes in den Rauchgasen dienen.

wandfreien Beschaffenheit sicher ist. Zu ihrer Untersuchung dreht man den Hahn h_3 wie in der Abbildung angegeben, stellt die Durchgangsöffnung des Hahnes h_1 senkrecht und treibt die Gasprobe durch Anheben der Niveauflasche in das Absorptionsgefäß a_1 für die Kohlenäure. Letztere wird hierbei von der Alkalilösung aufgesaugt. Senkt man hierauf die Niveauflasche, so strömt das Gas in die Bürette zurück und die Kalilauge wird bis zum Hahn h_2 hochgezogen. Der Sicherheit halber wird dieses Verfahren wiederholt. Hierauf hebt man die Niveauflasche soweit, bis die Wasserpiegel in der Niveauflasche und in der Bürette auf gleicher Höhe stehen. Es steht dann der Gasrest in der Bürette (d. i. die Gasprobe, verringert um die Kohlenäure) unter demselben Druck wie die äußere Atmosphäre, die auf den Wasserpiegel in der Niveauflasche drückt und die Zahl am Wasserstand in der Bürette zeigt an, um wieviel Kubikzentimeter die anfänglich 100 Kubikzentimeter große Gasprobe verringert worden ist, d. h. sie gibt den Kohlenäuregehalt der letzteren an.

Die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes erfolgt in der Weise, daß man den verbliebenen Gasrest durch Heben und Senken der Niveauflasche in das Absorptionsgefäß a_2 leitet und wieder zurücksaugt, und zwar muß man dies 6 bis 8 mal

wiederholen, da die Pyrogallussäure ziemlich langsam wirkt. Hierauf werden die Wasserpiegel in der Bürette und in der Niveauflasche wieder auf gleiche Höhe eingestellt. Die an der Bürette ablesbare Zahl gibt dann an, wieviel Kohlen- säure und Sauerstoff zusammen genommen in der Gasprobe enthalten waren.

Der Apparat muß mit den zugehörigen Rohrleitungen gut dicht gehalten und nach Beendigung jedes Versuches gut gereinigt sowie seine Hähne leicht einge- fettet werden, da letztere sich sonst festsetzen und nicht wieder gangbar zu machen sind.

Nach demselben Grundsatz wie der Orsatapparat sind eine Anzahl Rauchgas- prüfer für die laufende und unterbrochene Untersuchung der Rauchgase auf den

Kohlensäuregehalt hin gebaut. Viel im Gebrauche ist der vom Zivilingenieur Arndt (von dem auch der gleichfalls sehr häufig verwendete Aldosappa- rat herrührt) entworfene Aciapparat (Abb. 2). Derselbe arbeitet wie folgt:

Durch den kleinen Hahn a fließt ständig Wasser zu. Letzteres steigt in dem Rohr R und zugleich in dem Schenkel b des Hebers in die Höhe. Hierbei wird die Rauchgaszufuhr aus dem Gasrohr d unterbrochen, sobald dessen untere Öffnung vom Wasser verschlossen ist. Die Gase in dem Be- hälter W können beim weiteren An- steigen des Wassers zunächst noch durch das Rohr e entweichen, bis auch dieses unten durch das Wasser versperrt wird. Die in dem Behälter W alsdann ein- geschlossenen Rauchgase werden nun- mehr durch das Röhrchen g hindurch nach dem Behälter L gedrückt, dessen Lauge die Kohlen- säure absorbiert. Die Lauge wird hierbei in den Kanälen h und i in die Höhe gedrückt und zwar um so mehr, je weniger Kohlen- säure aufgesaugt worden ist. Beim Ansteigen der Lauge tritt zunächst die Luft durch das Rohr k hindurch aus dem Apparat heraus, bis das untere Ende des Roh- res k durch die Lauge verschlossen wird und die im Rohr l eingeschlossene Luft die bewegliche Glocke m hebt, die an einem Hebelgestänge die Schreibfeder S auf der Papierrolle T aufwärts schiebt.

Ist das Wasser in dem Rohr R bis zur Höhe N_1 gestiegen, so tritt der Heber in Tätigkeit. Das Rohr R und der Behälter W werden schnell bis zur unteren Mün- dung des Röhrschenkels b entleert, so daß die Rauchgase wieder durch den Apparat hindurchströmen können und die Lauge wieder in die Lage N_2 zurückkehrt. Zu- gleich gehen auch die Glocke m und mit ihr der Schreibstift S in ihre Anfangsstel- lungen zurück.

Die Lauge ist durch das Entlüftungsröhr täglich bis zur Niveauschraube r_1 aufzufüllen; ebenso das Öl im Glockenbehälter bis zur Schraube

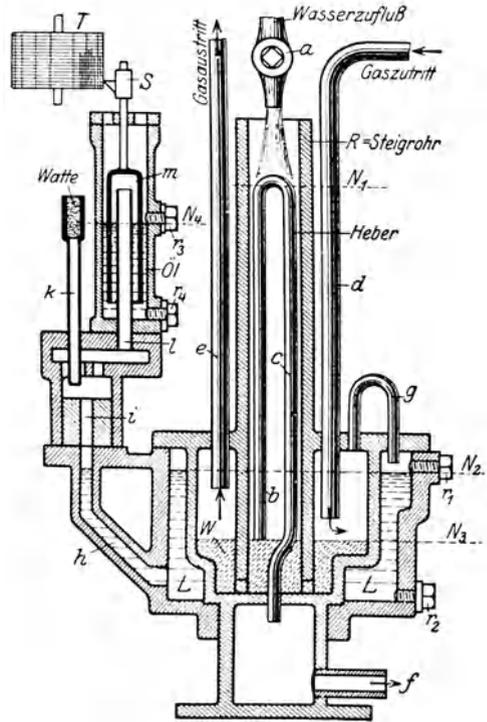


Abb. 2. Schematische Schnittzeichnung des Rauchgasprüfers Aci der Firma Geko in Köln. L = der Behälter mit Alkalilauge, welche die Kohlen- säure aus der im Apparat abgesperrten Rauchgasmenge herauszsaugt.

ben r_2 und r_4 sind Ablassschrauben. Das Rohr k erhält oben zur Verhütung der Verschmutzung durch Staub einen Wattepfropfen. Das aus dem Heber periodisch abfließende Wasser wird durch das Rohr i abgeleitet. Die Rauchgase werden am zweckmäßigsten am Ende des ersten Feuerzuges entnommen, weil hier die Verbrennung beendet ist und die Rauchgase auch noch nicht durch falsche Luft, die etwa durch undichtes Mauerwerk Zutritt erlangt hat, verändert sind. Das Ansaugen der Gase wird durch einen kleinen, mit Wasser betriebenen Injektor im Gasrohr e bewirkt. Bevor sie in den Apparat gelangen, werden sie in einem (nicht gezeichneten) Filter mit Holzwolle vom mitgeführten Staub gereinigt. Der Apparat muß genau in der Wage stehen und selbstverständlich gut abgedichtete Rohranschlüsse haben. Er ist aus Metall hergestellt, also sehr dauerhaft.

Bei dem elektrischen Kohlen säuremesser der Siemens & Halske A. & G. (Abb. 3) ist eine physikalische Eigenschaft, nämlich das Wärmeleitvermögen, als Meßgröße für den Kohlen säuregehalt zugrunde gelegt. Ist das Wärmeleitvermögen von Luft = 100, so beträgt es für Kohlen säure nur 59, d. h. letztere leitet die Wärme nur nahezu halb so gut wie Luft.

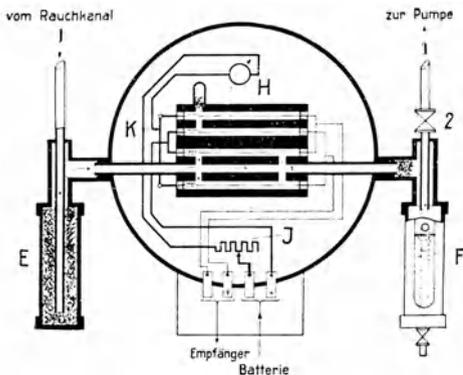


Abb. 3. Elektrischer Kohlen säuremesser von Siemens & Halske. Schnitt durch die Meßkammer. Als Stromquelle dient eine Akkumulatorenbatterie von 6 Volt Spannung und 3,5 Amp. J = kleiner Widerstand zum Einstellen einer konstanten Stromstärke. K = Metallkloß mit den Meßdrähten. H = Kontrollinstrument für die Meßstromstärke. F = mit Glyzerin gefülltes Glasgefäß (Manometer) zum Messen des Saugdruckes in der Rauchgasleitung. E = Wattefilter. In dem Metallkloß K sind die beiden oberen Kanäle von Luft, die beiden unteren Kanäle von den Rauchgasen durchzogen. Das (nicht mit gezeichnete) Anzeige-Instrument wird an die mit Empfänger bezeichnete Stelle angeschlossen und befindet sich in der Nähe des Heizerstandes.

Steigt letzterer, so wird der Draht, welcher von den Rauchgasen umspült wird, wärmer, wobei zugleich der Widerstand, den er einem elektrischen Strom gegenüberstellt, größer wird. Da der elektrische Widerstand leicht meßbar ist (mittels der sog. Wheatstoneschen Brücke), läßt sich der jeweilige Kohlen säuregehalt der Rauchgase auf diesem Wege feststellen. Der elektrische Rauchgasprüfer wird mit einer weithin sichtbaren Anzeigevorrichtung, einer Schreibvorrichtung und nach Bedarf auch mit einem Fernschreibgerät ausgerüstet.

Viel Verbreitung hat auch der Rauchgasprüfer Kanarex von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft Berlin gefunden, der gleichfalls elektrisch angetrieben wird, im übrigen aber darauf beruht, daß sich mit dem Kohlen säuregehalt das Verhalten der Rauchgase beim Durchgang durch einen kleinen Ventilator ändert. Genaue Betriebsanweisungen und Beschreibungen werden von den Fabrikanten jedem einzelnen Apparat beigegeben, so daß sich ein näheres Eingehen hierauf erübrigt.

Die gleichfalls von dem Ingenieur Arndt entworfene, aber nur in wenigen Exemplaren zur Ausführung gekommene Gaswage beruhte darauf, daß die Kohlen-

säure 1,5 mal so schwer ist wie die atmosphärische Luft. Ein an einem Wageballen befindliches, andauernd von Rauchgasen durchzogenes Hohlglas wird daher einen um so größeren Ausschlag der Wage herbeiführen, je höher der Kohlenäuregehalt der Rauchgase ist. Da es sich hierbei um äußerst geringe Gewichtsmengen handelt, dürften wohl die Anforderungen an die übermäßige Empfindlichkeit der Gaswaage deren Einführung in die Praxis verhindert haben.

Der Gebrauch der Rauchgasprüfer (oder Kohlenäureschreiber) erfordert zwar einige Übung, ist jedoch von jedem Kesselheizer leicht erlernbar. **Die Hauptsache ist aber, daß der Heizer die Nutzenwendung aus den Angaben des Apparates zieht.** Zeigt letzterer zu wenig Kohlenäure an, so ist zunächst das Feuer nachzusehen, ob die Brennschicht ungleichmäßig oder zu niedrig ist und zuviel Luft durch das Feuer hindurchzieht. Im zutreffenden Falle muß der Heizer die Brennschicht ausgleichen und den Essenschieber herablassen. Ergibt sich hierbei eine zu niedrige Brennschicht und eine zu tiefe Schieberstellung, also eine sehr schwache Zugstärke der Verbrennungsluft, so ist der Kofst zu groß und muß verkleinert werden. Der verkleinerte Kofst macht dann eine größere Schütthöhe im Feuer und ein Aufziehen des Schiebers erforderlich. Doch kann der ungenügende Kohlenäuregehalt der Rauchgase auch auf eine Verschlackung des Feuers oder auf einen zu engen Kofst und somit nicht auf einen Luftüberschuß, sondern auch auf einen Luftmangel im Feuer zurückzuführen sein. **Die Regulierung des Feuers nach den Angaben des Rauchgasprüfers läuft demnach darauf hinaus, daß der Heizer ein gut bedecktes und gut in Ordnung gehaltenes Feuer unterhält und zwar mit einer richtig bemessenen Luftmenge,** die er dadurch reguliert, daß er den Essenschieber so einstellt, wie es die jeweilig erforderliche Dampferzeugung verlangt. Da jedoch die Rauchgase für den Rauchgasprüfer aus dem Essensuchs dicht an dem Essenschieber entnommen werden, kann ein zu geringer Kohlenäuregehalt aber auch auf andere Ursachen als einem schlecht bedeckten Feuer zurückzuführen sein. Der Heizer muß daher auch nachsehen, ob das Kesselmauerwerk überall dicht hält und nicht irgendwo kalte Luft in die Kesselzüge einströmt, da durch eine derartige Verdünnung der Rauchgase mit Luft der Kohlenäuregehalt der Rauchgase in schädlicher Weise vermindert wird.

Die Rauchgasprüfer sind gewissenhaft zu bedienen und gut instand zu halten, wenn sie immer richtig arbeiten sollen. In diesem Falle machen sie sich aber auch durch die Kohlenersparnis bald bezahlt und erleichtern dem Heizer die Dampferzeugung ganz wesentlich. Ihre regelmäßige Instandsetzung, das Erneuern der etwa verwendeten Chemikalien (Alkalilauge) und der Filter usw., wird am besten durch einen Oberheizer oder durch einen Wärmeingenieur besorgt, so daß dem Heizer nur obliegt, das Feuer nach den Angaben des Rauchgasprüfers zu bedienen. Eine eingehende Gebrauchsanweisung und eine der jeweils verfeuerten Kohle entsprechende Tabelle, ähnlich wie auf Seite 12, werden jedem Apparat beigelegt und sind im Kesselhause auszuhängen. Der Heizer kann daher jederzeit ersehen, mit welchem Luftüberschuß er arbeitet, und dementsprechend diejenige Zugstärke und die Schieberstellung ausfindig machen, bei welcher der Kohlenverlust am geringsten ist und sich der Dampfdruck am besten halten läßt.

In Kesselhäusern, in denen kein solcher Apparat vorhanden ist, ist es für den Heizer schwieriger, die richtige Schütthöhe des Feuers und die richtige Stellung des Essenschiebers ausfindig zu machen, denn er ist in diesem Falle ausschließlich auf seine Beobachtungsgabe angewiesen.

4. Die einzelnen Brennstoffarten.

Der Heizwert der Brennstoffe. Ein Heizwert wird vielleicht mit einer bestimmten Steinkohlensorte den Dampf während des Betriebes ganz gut auf gleicher Höhe halten können; ist er jedoch aus irgendeinem Anlaß einmal gezwungen, statt der Steinkohle etwa Braunkohlenbriketts, Rohbraunkohle oder Steinkohlenschlamm zu verfeuern, so wird er merken, daß sich alsdann die nötige Dampfmenge auch bei einer angestregten Bedienung des Feuers sehr schwer erzeugen läßt. Die Ursache hierfür liegt daran, daß die Steinkohle besser ist als die übrigen Kohlenarten, oder, wie man sagt, daß sie einen höheren Heizwert hat. Unter Heizwert der Brennstoffe versteht man die Wärmemenge, die man aus 1 Kilogramm Brennstoff bei der vollständigen Verbrennung erhält. Genau so, wie wir eine Gewichtseinheit (das Kilogramm), eine Maßeinheit (das Meter), eine Zeiteinheit (die Sekunde), haben, so haben wir auch eine „Wärmeeinheit“ (oder Kalorie vom lateinischen Worte calor d. i. Wärme), mittels welcher man die in einem Brennstoffe oder in einem sonstigen Körper oder in einer Flüssigkeit aufgespeicherte Wärmemenge mißt. So wie wir das Gewicht von 1 Liter Wasser als die Gewichtseinheit = 1 Kilogramm bezeichnen, verstehen wir unter Wärmeeinheit diejenige Wärmemenge, die notwendig ist, um die Temperatur von 1 Liter Wasser um 1° Celsius zu erhöhen:¹⁾ Speist man beispielsweise in einem Dampfkessel stündlich 2500 Kilogramm Wasser und wird dasselbe in einem Speisewasservorwärmer von 12° Celsius auf 93° Celsius erwärmt, so beträgt die Wärmemenge, welche dem Speisewasser hierbei zugeführt wird $93 - 12 = 81 \times 2500 = 202500$ Wärmeeinheiten und die gesamte in den 2500 kg Speisewasser enthaltene Wärmemenge $93 \times 2500 = 232500$ WE.

Nehmen wir an, der Heizwert einer mittleren Steinkohle betrage 6500 Wärmeeinheiten, so heißt dies, mit 1 Kilogramm derselben kann man 6500 Kilogramm Wasser um 1° Celsius, also etwa 10 auf 11°, oder 1300 Kilogramm Wasser um 5° Celsius, also etwa von 10 auf 15° Celsius erwärmen. In der Praxis ist eine derartige günstige Ausnutzung der Kohle allerdings nicht möglich und es ist schon als sehr günstig zu bezeichnen, wenn 75 Prozent der in der Kohle enthaltenen Wärmemenge in das Kesselfeuer übergeführt werden. Die Wärmeeinheit ist demnach ein sehr wichtiges Maß, das bei allen praktischen und theoretischen Untersuchungen der Wärmetechnik angewendet wird.

Der Heizwert (oder der Wärmegehalt) der Brennstoffe ist je nach deren Art sehr verschieden und von ausschlaggebender Bedeutung für den ganzen Kesselbetrieb. Hat 1 Kilogramm Steinkohle beispielsweise 6000, 1 Kilogramm Braunkohle aber nur 3000 Wärmeeinheiten, so müßte, rein theoretisch betrachtet, die doppelte Menge Braunkohle verfeuert werden, um mit ihr die gleiche Dampfmenge wie mit der Steinkohle zu erzeugen. Tatsächlich reicht dies aber nicht aus, denn beim Verfeuern einer schlechten Kohlenart macht sich auch ein öfteres Abschlagen des Feuers nötig, wobei Wärmeverluste und öftere Unterbrechungen in der Verdampfung auftreten, so daß schätzungsweise nicht bloß die doppelte, sondern vielleicht die dreifache Menge Braunkohle verfeuert werden muß, wenn die gleiche Dampfmenge wie bei der Verfeuerung der Steinkohle erzeugt werden soll. Um eine so erheblich größere Menge Braunkohle verfeuern zu können, muß aber auch ein viel größerer Kessel vorhanden und die ganze Feuerung dementsprechend angelegt sein. Wir ersehen demnach, daß der Heizwert der Brennstoffe sehr

¹⁾ Nach dem Reichsgesetz vom 7. Aug. 1924 (siehe Reichsgesetzblatt Teil I) ist die gesetzliche Einheit für die Messung von Wärmemengen die Kilokalorie (Kcal) = derjenigen Wärmemenge, durch welche 1 Kilogramm Wasser bei Atmosphärendruck von 14,5° auf 15,5° C erwärmt wird.

wichtig ist und daß auch der Heizer über ihn unterrichtet sein muß, damit er den Feuerungsbetrieb richtig leiten kann.

Der Heizwert ist abhängig von der Zusammensetzung des Brennstoffes, d. h. von dessen Gehalt an brennbaren Bestandteilen, an Kohlenstoff und Wasserstoff, und an unverbrennlichen Bestandteilen, d. i. Wasser, Asche und Schlacke. Für die praktischen Verhältnisse kommt außerdem noch das Verhalten des Brennstoffes im Feuer in Betracht. Haben wir z. B. 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. Eine Kohlenart mit hohem theoretischen Heizwert kann daher auch ausnahmsweise einen geringeren praktischen Heizwert haben und eine geringere Verdampfung ergeben, als eine andere Kohle mit geringerem theoretischen Heizwert, die aber gleichmäßig verbrennt und eine lockere Schlacke zurückläßt. Der theoretische Heizwert der Kohle kann daher nicht allein für den Preis der Kohle maßgebend sein. 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 (der sog. Siegertschen) 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 umspülten Rohrslange 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 mitunter in den Untersuchungsergebnissen beträchtliche Heizunterschiede. Das Schwierige bei der Feststellung des Heizwertes ist aber nicht die Laboratoriumsuntersuchung, sondern die Probeentnahme, bei welcher die größte Vorsicht anzuwenden ist, um einen richtigen Durchschnittswert zu erhalten. 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 erlangen.

In nachstehender Tabelle ist der Heizwert einiger Brennstoffe angegeben. Man ersieht daraus, daß die Steinkohle einen viel höheren Heizwert besitzt als die Braunkohle. Der Heizwert der Braunkohlenbriketts kommt dem Heizwert einer mittelguten Steinkohle ziemlich nahe. Die Zahl der Wärmeeinheiten beträgt im allgemeinen in 1 Kilogramm der nachstehenden Brennstoffe

Lorj (lufttrocken) . . .	3000	Ruhrkohle	7000—8000
Holz (lufttrocken) . . .	3500	englische Steinkohle . .	7700—8000
Rohbraunkohle	1600—2500	Saarkohle	6500—7700
böhmische Braunkohle .	4000—4500	schlesische Steinkohle .	6300—7300
Braunkohlenbriketts . .	4700—5000	Steinkohlenbriketts . .	6000—6400
bayerische Steinkohle . .	4500—5400	Koks	6000—7000
sächsische Steinkohle . .	5800—6400	Kohlen Schlamm	3000—4000

Die Steinkohle ist von allen Kohlenarten am ältesten; daher besitzt sie den größten Heizwert. Nach ihrem Verhalten beim Erhitzen bezeichnet man sie als Sandkohle, wenn sie in eine lose Masse zerfällt; als Sinterkohle, wenn sie lose bleibt; und als Backkohle, wenn sie im Feuer stark aufbläht, schmilzt und zusammenbackt. Die Sandkohle erfordert enge Kofspaltung, wobei der Essenzug nicht zu stark sein soll. Der Kof darf daher nicht zu klein sein. Die Sinterkohle eignet sich am besten für den Dampfkesselbetrieb; am wenigsten hingegen die Backkohle, weil

sie das Feuer verschluckt und den Luftzutritt erschwert. Sie muß deshalb in dünner Schicht aufgestreut werden; von Vorteil ist es, sie mit etwa bis zu einem Drittel oder Viertel mit Braunkohlenbriketts oder kleinstückiger Braunkohle zu mischen. Letztere verbrennen hierbei schneller als die Steinkohle, verhindern durch ihre sandartige Asche das Zusammenbacken der Steinkohle und halten infolgedessen das Feuer luftdurchlässig. Ein Zusatz von Braunkohlenbriketts zu Steinkohlen ist daher in den meisten Fällen sehr ratsam.

Für das Verhalten der Kohlen im Feuer ist noch ihr Gehalt an flammbaren Bestandteilen von Wichtigkeit, die sich aus der frisch aufgeworfenen Kohle als Gase verflüchtigen und beim Verbrennen die Flamme bilden. Man bezeichnet daher die Kohlen auch nach ihrer Flammenbildung als lang-, mittel- und kurzflammig oder nach ihrer Menge an flammbaren Bestandteilen als Fett- oder Eßkohlen und als Magerkohlen. Mit zunehmendem Alter nimmt im allgemeinen der Gehalt der Steinkohlen an flüchtigen Bestandteilen ab. Die gasreichen Kohlen, d. h. namentlich die schlesischen und rheinisch-westfälischen Kohlenorten, werden nicht nur für die Dampfkesselfeuerungen verwendet, sondern auch für die Leuchtgasfabrikation bevorzugt. Eine sehr kurzflammige Kohle ist der Anthrazit mit etwa 5 bis 10 Prozent flüchtigen Bestandteilen. Er ist schwer entzündlich, entwickelt eine sehr intensive Hitze und bedarf eines sehr lebhaften Essenzuges. Wegen seines hohen Preises wird er jedoch nur als Hausbrandkohle und zur Erzeugung von Sauggas für Gasmotore verwendet.

Die Entzündungstemperatur der Steinkohlen liegt in der Regel umso höher, je älter sie sind und je weniger sie flüchtige Bestandteile enthalten. Gasreiche Kohlen neigen stärker zur Rauchentwicklung als die gasarmen, was bei der Wahl der Feuerungen zu berücksichtigen ist. Um einen gleichmäßigen Abbrand zu erzielen, werden die Kohlen auf den Kohlenzechen nach der Stückgröße sortiert und in den Kohlenwäschern vom Berg (Stein) befreit, wodurch folgende Kohlenorten erhalten werden: Stückkohle (über 65 Millimeter), Würfel I (50 bis 65 Millimeter), Würfelkohle II (35 bis 50 Millimeter), Würfelkohle III (30 bis 35 Millimeter), Rußkohle I (25 bis 35 Millimeter), Rußkohle II (15 bis 25 Millimeter), Rußkohle III (8 bis 15 Millimeter) und Kohlengrus. In den Dampfkesselfeuerungen werden fast ausschließlich die drei letzten Kohlenorten verwendet. Für stark beanspruchte Dampfkessel kann wegen des höheren Heizwertes, der geringen Asche- und Flugaschenabsonderung sowie der sonstigen Vorteile, die darin bestehen, daß kleinere Feuerungen und nicht zu hohe Zugstärken im Feuer genügen, nur die Steinkohle in Frage kommen.

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, 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 enthält im Gegensatz zur Steinkohle viel Wasser und zwar 25 bis 35 Prozent. Man erkennt daher auch die Braunkohlenfeuerungen mitunter schon von weitem an dem weißlichen, dem Schornstein entströmenden Dampfschwaden. 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 Kofspalten hindurch in den Aschenraum. Infolge ihrer Minderwertigkeit erfordert die Braunkohle große Kofflächen (am besten Treppenroste), wenn im Kessel dieselbe Dampfmenge wie bei Steinkohlenfeuerung erzeugt werden soll. Dies gilt namentlich für die Rohbraunkohle, die viel erdige Rückstände (Asche) sowie 40 bis 50 Prozent Wasser enthält und auf Planrosten nur als Streckmittel (bis zu $\frac{1}{4}$) für Steinkohle und Briketts und unter Anwendung von Unterwindgebläsen verfeuerbar ist. Zur Erzielung einer hohen Feuertemperatur ist bei ihrer alleinigen oder vorwiegenden Verfeuerung ein feuerfestes Gewölbe einzubauen. Für stark beanspruchte Dampfkessel reicht sie nicht aus.

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 sog. 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.

Der Torf wird in Form von Ziegeln verfeuert und erfordert sehr große Feuerungen und hohe Feuerschichten, soll der Kohlen säuregehalt der Rauchgase auf eine befriedigende Höhe gebracht werden. Er eignet sich wegen seines geringen Heizwertes noch weniger als die Braunkohle für stark beanspruchte Kessel; auch macht er ein sehr häufiges Reinigen der Kesselzüge erforderlich und verursacht auch sonst viel Arbeit bei der Beschickung des Kesselfeuers.

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

Briketts oder Preßkohlen. In den Braunkohlengruben wird ein sehr beträchtlicher Teil, mitunter die Hälfte und drei Viertel der gesamten gewonnenen Kohlenmenge, als Feinkohle zutage gefördert, die man früher auf der Halbe liegen ließ oder nur mühsam in der nächsten Umgebung der Kohlengruben zu schlechten Preisen unterzubringen vermochte. Heute trocknet man diese feinen und lockeren Braunkohlen in besonderen mit Dampf geheizten Apparaten und preßt sie dann unter einem Drucke von 1000 bis 1500 Atmosphären zu Briketts. Bei der Erwärmung dieser Braunkohlen wird das darin enthaltene Harz oder Erdpech zähflüssig und ver kittet 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 vermischt werden, da die Steinkohlenbriketts andernfalls nach dem Erkalten und beim Lagern wieder zerbröckeln.

Die Stein- und Braunkohlenbriketts sind ein sehr gutes Feuerungsmaterial. Ihre Vorzüge bestehen 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 Kohlen. 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 in den Koksereien und Gasanstalten. Aus 100 Kilogramm Kohle werden etwa 60 bis 70 Kilogramm Koks gewonnen. Da er nur die festen Bestandteile der Kohle enthält, verbrennt er fast **rauchlos** und wird aus diesem Grunde für Dampfkesself Feuerungen 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. Das hauptsächlichste Verwendungsbereich für den Koks sind die Gießereien und Hochöfen. Es gibt Stückkoks, der nahezu völlig (bis zu 97 Prozent) aus brennbaren Bestandteilen entsteht und infolgedessen wenig Asche und Schlacken hinterläßt. Die Schlacke sammelt sich hauptsächlich im Koksabfall an; letzterer hat daher einen sehr hohen Schlackengehalt (oft bis zu 20 Prozent seines Gewichtes), so daß sein Heizwert beträchtlich niedriger als der des Stückkokes ist und der Koks oft verschlackt.

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 Braunkohlentoks 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 Eislereien und Kartonnagefabriken dient er in kleinen Öfen (Grudeöfen) 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 um so 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 zu 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 Kohlenfälo infolge des eigenen Druckes in Brand. Abhilfe ist in solchen Fällen möglich durch Benutzung eines Kohlenfälos mit Druckentlastung durch schräg eingebaute Querwände oder durch Beimischung einer Grustkohle, die die von den Briketts gebildeten Zwischenräume ausfüllt und ein Zerbröckeln und allzufestes Zusammendrücken der Briketts verhindert; auch müssen die Kohlen trocken in den Fälo gebracht werden, da die Nässe das Zerbröckeln und Zusammenballen der abgebröckelten Braunkohlen begünstigt. Zur Vermeidung der wiederholt in den Dachräumen der Kohlenfälos vorgekommenen Gasexplosionen sind dieselben gut zu entlüften. In Brand geratene Fälozellen sind ins Freie zu entleeren, die brennende Kohle ist in dünner Schicht auszubreiten, mit Wasser zu löschen und sofort zu verfeuern. Hören die Fälobrände trotz aller Maßnahmen nicht auf, so muß eine andere Brikettsorte verwendet werden.

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

Mit **Gas** beheizte Dampfesselfeuerungen sind nur vereinzelt, und zwar in Eisenhüttenwerken und in Glashütten anzutreffen. Das in den Gasanstalten erzeugte Steinkohlengas ist für Dampfesselfeuerungen oder sonstige größere industrielle Feuerungsanlagen zu teuer. Für Dampfesselfeuerungen kann daher nur das Gas aus den sog. 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 dementsprechend geringer ist. In Betrieben, in denen derartige Gasanlagen zur Befuerung von Eisen- oder Glashmelzöfen erforderlich sind, benutzt man mitunter das Gas auch mit zur Dampfesselfeuerung.

In Hüttenwerken verwendet man die aus Hochofen, Koksöfen usw. entweichenden Gase, die sog. Sichtgase, die gleichfalls noch brennbar sind, entweder zum Betriebe von Gasmaschinen oder, was seltener ist, zur Befuerung von Dampfesseln.

5. 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 auf das Holzfeuer zunächst einige Schaufeln Braunkohle legt und erst, nachdem letztere in Brand geraten sind, mit dem Verfeuern des Kokes oder der schwer entzündlichen Steinkohle beginnt. Man erspart hierdurch nicht nur Holz, sondern das Anbrennen des Feuers geht auch schneller vonstatten. Dies ist namentlich bei den mit Koks beheizten Niederdruckkesseln für Zentralheizungen in Schulen, Kirchen, Krankenhäusern usw. zu beachten.

Die gleichmäßige und lockere 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.

Befindet sich im Kesselhause ein Rauchgasprüfer, so wird der Heizer durch den geringen Kohlen säuregehalt der Rauchgase auf die mangelhafte Beschickung des Feuers hingewiesen.

Das Ausgleichen des Feuers verursacht 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 möglichst 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 Aschenraum 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 Schüreisen 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 von Luftmangel fein verteilter Kohlenstoff ausgeschieden wird, der zur Weißglut erhitzt wird. Hiervon 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 zur Kohlenäure, was man bei einer brennenden Kerze an dem äußeren, ganz schwach leuchtenden Rande der Flamme gut beobachten kann.

Nach dem Aussehen der Flamme läßt sich beurteilen, ob der Feuerung genügend oder zu wenig Luft zuströmt. Beobachtet man das Feuer nach dem Verschiden 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 Feuertür ein wenig, so daß durch einen schmalen Spalt noch Luft hinzutreten kann, so wird die Flamme helleuchtend und die Rauchgase verbrennen.

Die Stichtlamme. 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 Lötlampen sehen. Infolge der Temperaturzunahme und weil bei der Verbrennung des weißglühenden Kohlenstoffes große Mengen Kohlenäure entstehen, wird die Flamme aber auch plötzlich vergrößert, so daß sie sich explosionsartig ausbreitet, d. h. es entsteht eine Stichtlamme.

Auch beim Öffnen der Feuertüre entstehen durch die einströmende Luft öfters Stichtflammen, 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 einem solchen Falle dennoch einmal die Feuertüre öffnen, etwa beim Ausgleichen des Feuers, so sorge er für einen kräftigen Luftzug in dem Feuerraum, entweder durch Aufziehen des Essenschiebers oder durch Schließen der Klappe vom Aschefall, so daß, falls durch die eintretende Luft wirklich eine Stichtlamme gebildet wird, diese nicht zur Feuertüre heraus schlägt, sondern in das Flammrohr oder in den Essenzug hineingefaugt wird.

Dieselbe Vorsicht ist auch beim Verfeuern von Kohlenschlamm auf Schrägrosten (Abb. 30) geboten, der beim Schlackenziehen leicht durch die Rostspalten hindurchfällt und alsdann unter Entwicklung einer Stichtlamme plötzlich verbrennt. Abhilfe ist in solchem Falle durch einen geeigneten Rost (Treppenrost) möglich.

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

Will der Heizer trotzdem mit einem offen ersichtlich zu großen Rost auszukommen versuchen, indem er die Feuerschicht möglichst dünn hält, so hat dies zwar den Vorzug, daß die Rauchgase besser verbrennen und die Feuerung rauchschwach arbeitet, es ist dies jedoch immerhin nicht vorteilhaft, da alsdann leicht ein zu großer Luftüberschuß auftritt oder zu dessen Verhütung die Brenngeschwindigkeit durch starke Drosselung des Essenzuges vermindert werden muß, wobei

ein mattes, schwelendes Feuer entsteht, in welchem Wärmeverluste durch die unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenoxydgas kaum zu vermeiden sind. Das Feuer soll hoch geschichtet sein und lebhaft brennen.

Der zu kleine Kofst macht sich nach außen hin durch starkes Rauchen des Feuers bemerkbar sowie dadurch, daß sich der Dampfdruck schwer hoch halten läßt. Die Brennschicht muß durch öfteres und reicheres Bescheiden 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 erzielen zu können, öfter abschlacken muß, was für den Wirkungsgrad der Feuerung natürlich nicht zuträglich ist. Der zu kleine Kofst kennzeichnet sich daher durch großen Brennstoffverbrauch, die starke Rauchentwicklung und die starken Anforderungen an den Heizer. 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, um so 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 Kofstanzugung, d. h. Vergrößerung der Kofstfläche ist. In Steinkohlenfeuerungen kann man bei mäßigem Betriebe 70, bei flottem Betriebe 100, bei angestrenngtem Betriebe 150 Kilogramm Kohle auf einen Quadratmeter Kofstfläche verbrennen. Für Koks nehme man $\frac{2}{3}$, für Braunkohle das 1,5- bis 2,5 fache, für Holz und Torf das $1\frac{1}{3}$ -fache dieser Werte.

Die Höhe der Brennschicht. Beim Verfeuern grobstückiger, nicht backender Kohle muß die Brennschicht hoch sein, weil sich in diesem Falle weite Zwischenräume zwischen den Kohlenstücken bilden und die Luft leicht hindurchzieht. Je kleinstückiger die Kohle ist, um so 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, um so höher muß sie sein. Kohle von zu erheblicher Stückgröße, etwa die sogenannte Stückkohle, würde eine sehr hohe Brennschicht erfordern und muß daher vor dem Verfeuern zerkleinert werden. Sehr zustatten 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, sog. Förderkohle, der Kohlengrus schneller als die grobe Kohle durchbrennt und sehr leicht ausgebrannte Stellen im Feuer entstehen. (Kohlenarten siehe Seite 20 unter Steinkohle.)

Grobstückige Kohle wird wegen des hohen Preises und der vor der Verfeuerung erforderlichen umständlichen Zerkleinerung von Hand nicht zu Dampfesselfeuerungen verwendet. Eine Ausnahme macht nur die Staatseisenbahn, die die Lokomotiven mit Stückkohle befeuert, die vor dem Aufschütten von dem Hilfsheizer zerkleinert wird. Die Gründe hierfür sind der hohe Heizwert und die große Wetterbeständigkeit der Stückkohle, die auf den Bahnhöfen in großen Stapeln im Freien vorrätig gehalten werden muß.

Die 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 Beschicken 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 über die Höhe der Brennschicht ergeben die praktischen Erfahrungen, nach denen bei gutem Schornsteinzug. Rußkohle I und II in einer etwa 10 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 Kohlen Schlamm aus den Kohlenwägen ist in abwechselnder Beschickung mit einer besseren Kohlenart (Rußkohle 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 und das Feuer allmählich schwarz wird und auslöscht. Der Heizer darf daher das Feuer nie herunterbrennen 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 Berührungssfläche 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 in letzterem 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 verhindert 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. Der patentamtlich geschützte Zugregler der Berlin-Unhaltischen Maschinenbau-A.-G. reguliert den Essenschieber nach dem Dampfdruck (Abb. 4). 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

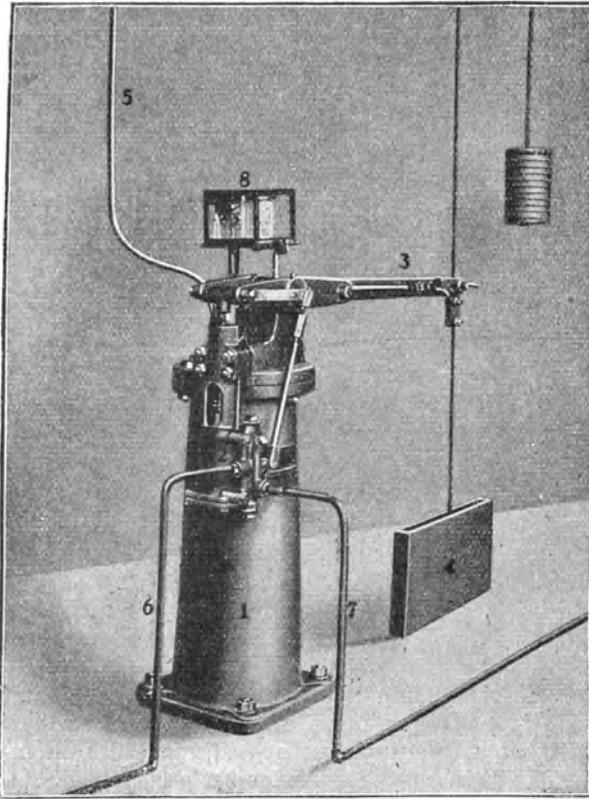


Abb. 4. Automatischer Essenschieberregler der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft in Dessau, Zweigniederlassung der Bamag-Mequin A.-G.

3. abwechselndes Beschicken einzelner Stellen des Kofstes.

Die erste Bedienungsart ist diejenige, bei welcher die Kofstfläche 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** (Abb. 5 und 6). Die Temperatur des

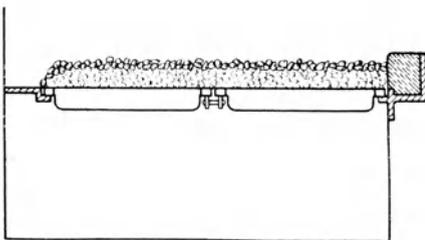


Abb. 5. Dünn bestreute, gleichmäßig hohe Feuererschicht.

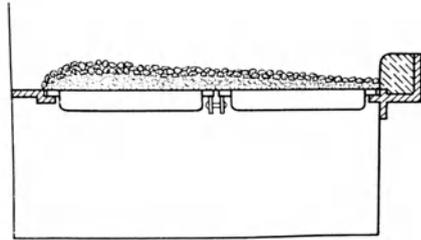


Abb. 6. Die Feuererschicht ist hinten niedriger als vorn.

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 Abschaltens müssen die Zugregler, die übrigens keine große Verbreitung gefunden haben und nur innerhalb gewisser Grenzen regulieren, abgestellt werden.

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

1. gleichmäßige Beschickung der ganzen Kofstfläche,
2. Beschickung des vorderen Teiles der Kofstfläche nach vorherigem Zurückschieben der Glut, das sog. Kopfheizen,

Feuerraumes wird dann nicht zu sehr abgekühlt und die aus der aufgeworfenen Kohle 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

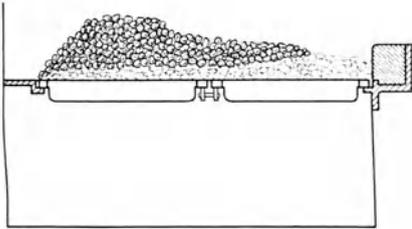


Abb. 7. Das Kopfheizen.

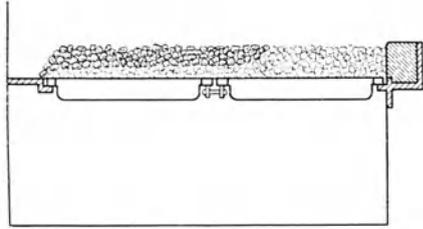


Abb. 8. Eine andere Art des Kopfheizens.

können. Der Schornstein raucht dann so lange, bis endlich die Flammen die Kohlen-schicht durchbrechen und die Rauchgase entzünden. Bei der zweiten Beschickungsart, dem sog. **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

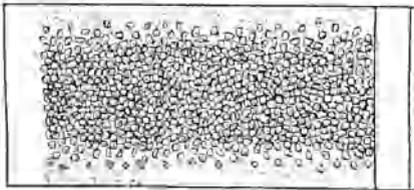


Abb. 9.

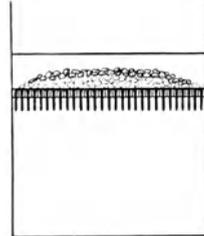


Abb. 10.

Die Feuer-schicht ist der Rauchverbrennung halber an den Längsseiten niedriger als in der Mitte.

frischen Kohle frei und sind beim Abzuge gezwungen, über das Feuer auf der hinteren Hälfte des Rostes hinwegzustoßen, wobei sie verbrannt werden (Abb. 7 und 8). Eine andere, dem Kopfheizen ähnliche Methode besteht darin, daß der Heizer auf dem vorderen Teile des Rostes überhaupt keinen Brand unterhält, sondern die Kohle (etwa 3 bis 5 Schaufeln) dort unmittelbar auf den Rost legt. Ist das Feuer hinter diesem Kohlenhaufen niedergebrannt, so schiebt der Heizer die inzwischen entgaste Kohle nach hinten und schüttet vorn frisch auf. Die Entgastung der Kohle dauert bei dieser Heizmethode etwas länger als beim Kopfheizen. Zu beiden Seiten der frisch aufgeworfenen Kohle bleibt je ein Streifen der Kohlenglut liegen; bei Luftmangel können die vordersten Rostspalten auf 2 bis 5 Zentimeter Länge unbedeckt bleiben (Abb. 11 und 12)¹⁾.

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

¹⁾ Abb. 5 bis 12 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Haier, Dampfkesselfeuerungen, 2. Aufl.“ entnommen.

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

Da bei diesen Beschickungsarten der vordere Teil des Roßtes nicht für die eigentliche Verbrennung der Kohle mit ausgenutzt wird, muß natürlich die hintere Roßfläche mehr leisten oder der ganze Roßt vergrößert werden. Auch mit einer dritten Beschickungsart, abwechselnd nur gewisse Teile der Roßfläche mit frischer Kohle zu bewerfen, oder bei der Beschickung die Seiten des Roßtes nur teilweise zu bedecken (Abb. 9 und 10), will man eine sparame und rauchfreie Verbrennung dadurch erzielen, daß die aus den frisch aufgeworfenen Kohlen freiverdenden Gase sich beim Hinstreichen über hellbrennendes Feuer entzünden. Eine weitere, bei breiten Roßflächen mit mehreren Feuertüren gebräuchliche Bedienungsart, die auch bei Zweiflammenkesseln zur Rauchverminderung angewendet werden kann, besteht darin, daß durch die einzelnen Türen abwechselnd beschickt wird.

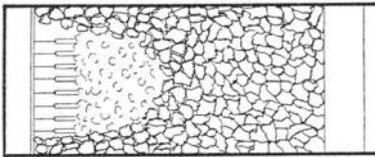
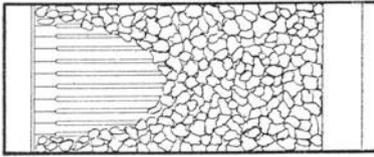


Abb. 11 und 12. Wart des Kopfheizens vor und nach dem Beschicken des Roßtes.

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 Roßtes. 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 Roßstellen auszukommen. Steigt der Dampfverbrauch wieder, so muß er nach dem ersten Verfahren, d. h. regelmäßig die ganze Roßfläche mit frischer Kohle beschicken.

Das Abschladen. Die Verbrennungsrückstände der Kohle auf dem Roßte, die Schlacken, müssen zeitweilig entfernt werden, da sie den Luftzutritt durch die Roßspalten 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 Roßstäben 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 Roßte aus. Bei Dampfsschiffskesseln mit nur einem Roß soll es auch üblich sein, zunächst nur die linke und später die rechte Hälfte des Roßtes abzuschladen, damit die Verdampfung durch das Abschladen nicht zu sehr gehemmt wird, wie beim sofortigen Abschladen des ganzen Roßtes. 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 flach ausgeschmiedeten Schüreisens aus Rundeisen 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 Abschladen 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 abgeschladen werden darf, wenn sich die andere wieder in vollem Brande befindet. Nach dem Abschladen darf das Feuer zunächst nur dünn beschickt werden, bis sich auf dem Kofste wieder eine genügend hohe Grundglut gebildet hat. Das Abschladen soll nicht öfter als ein- bis zweimal täglich nötig sein. Eine Kohle, die ein öfteres Abschladen nötig macht, eignet sich nur für einen wenig angestregten Kesselbetrieb.

Die Arbeiten bei geöffneter Feuertüre, das Beschicken, Abschladen oder Aufbrechen des Feuers mit dem Schüreisen müssen mit Schnelligkeit erledigt werden, damit die Feuerung und die Kesselzüge durch die einströmende kalte Luft nicht zu weit abkühlen. Bei Dampfkesseln mit 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, (also beim Ausgleichen des Feuers). 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 Zweiflammrohrkessel damit austrüsten, so würde beim Öffnen der einen Feuertüre durch das Schließen des Essenschiebers zugleich auch 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.

Gasexplosion 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 Kofste 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 gebildet, da beim Ansachen 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 Kofst. Wenn hierbei auch die Gefahr einer Gasexplosion sehr herabgemindert ist, so be-

darf es jedoch in solchen Fällen vor dem Anzünden eines neuen Feuers unbedingt einer gründlichen Durchlüftung der Kesselzüge wegen der Möglichkeit der Ansammlung und Entzündung 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.

Die Zugmesser. Einige Anhaltspunkte über die Bedienung des Feuers, die Höhe und die gleichmäßige und lockere Beschaffenheit der Brennschicht, über deren Verschlackung sowie über die jeweilige Zugstärke geben die Zugmesser. 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 gefüllt ist (Abb. 13). Ein Rohrende mündet in die freie Luft, das andere durch ein dünnes Rohr in den Feuerraum. In diesem Rohr besteht dieselbe Zugstärke wie im Feuerraum, während auf dem offenen Rohrschenkel des Zugmessers der äußere Luftdruck ruht, so daß das Wasser in dem mit dem Feuerraum verbundenen Rohrschenkel steigt und im anderen fällt. Den Abstand zwischen den beiden Wasserpiegeln kann man auf der Skala ablesen. Da die Skala in Millimeter eingeteilt und der Zugmesser mit Wasser gefüllt ist, wird die Zugstärke in „Millimeter-Wassersäule“ angezeigt und gemessen. Würde man eine andere Flüssigkeit, etwa Öl oder Quecksilber benutzen, so ergäben sich natürlich andere Zugmesserangaben als bei Verwendung von Wasser. Bei Öl würden sie größer, bei Quecksilber kleiner sein, weil ersteres leichter, letzteres aber schwerer als Wasser ist. Auch bei Zugmessern, die ohne Flüssigkeit, also etwa mit einer Membran arbeiten, wird die Zugstärke in Millimeter-Wassersäule angegeben.

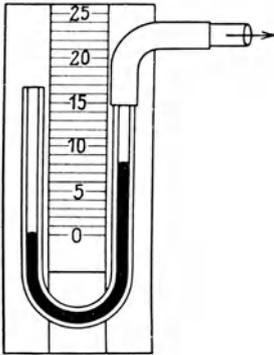


Abb. 13. Einfacher, aus einer Glasröhre bestehender, mit Wasser gefüllter Zugmesser. Die Skala ist in senkrechter Richtung verschiebbar und wird mit dem Nullpunkt auf den tieferen Wasserstand eingestellt.

Sobald das Feuer frisch beschickt worden ist, wird durch die erhöhte Brennschicht der Durchgang der Brennluft durch das Feuer erschwert, so daß die Zugkraft des Schornsteins über dem Kofst eine sehr große Saugwirkung erzeugt und das Wasser im Zugmesser viel aus seiner Gleichgewichtslage herausgesaugt wird. Während des Abbrandes wird die Brennschicht allmählich niedriger, es tritt infolgedessen auch mehr Luft in den Feuerraum, die in letzterem von der saugenden Wirkung des Schornsteins erzeugte Luftverdünnung wird geringer und das Wasser im Zugmesser geht zurück, d. h. es nähert sich seiner anfänglichen Gleichgewichtslage. 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. Da die Schlacke ebenfalls den Durchgang der Luft durch das Feuer hemmt, macht sich die zunehmende Verschlackung des Kofstes und der hierbei im Feuer auftretende Luftmangel durch ein allmähliches Steigen des Zugmessers bemerkbar; dünne und freie Stellen in der Brennschicht ergeben ein Fallen des Zugmessers, wodurch ein zu großer Luftüberschuß im Feuer angezeigt wird.

Der senkrechte Abstand zwischen den beiden Wasserpiegeln in der Glasröhre zeigt somit die jeweilige Zugstärke im Feuerraum an, und man kann daraus ersehen, ob dem Feuer viel oder wenig 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. Dies gilt nicht etwa bloß für den besprochenen einfachen Zugmesser, sondern für alle Zugmesserkonstruktionen. Bemerkt der Heizer Abweichungen von den regelmäßigen Angaben des Zugmessers, so hat er zu untersuchen, ob die Brennschicht zu hoch 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 jedoch den Nachteil, daß er eine große Zugkraft (normalerweise etwa 13 Millimeter bei frisch beschicktem Feuer) anzeigt, wenn wenig, und eine kleine Zugkraft (etwa 7 Millimeter nach dem Abbrande), 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 Heizgase. 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 $20 - 6 = 14$ Millimeter. Zeigt also der Differenzzugmesser eine kleine Zugkraft an (was unmittelbar nach dem Beschicken des Feuers der Fall ist), so strömt wenig, zeigt er eine große Zugkraft an, so strömt viel Luft in den Feuerraum. Einen Überblick über die Wirkungsweise der Differenzzugmesser gibt die nachstehende Tabelle, deren Zahlenangaben einem normalen Feuerungsbetrieb entsprechen, im übrigen aber nicht etwa für jede Dampfkeßelfeuerung gelten und nur einen Anhalt für die allgemeine Bewertung der Zugmesserangaben geben sollen. In Feuerungen, die mechanisch beschickt werden, verändert sich die Zugstärke im Feuerraum nur bei der Verstellung des Essenschiebers und nimmt außerdem mit der zunehmenden Verschlackung des Kofses und bei Erhöhung der Brennschicht ab.

Die Zugstärke beträgt

	am Differenz- zugmesser	im Essenfuchs	im Feuerraum
bei frisch beschicktem Feuer	$20 - 12 = 8$ mm	20 mm	12 mm
bei abgebranntem Feuer	$20 - 6 = 14$ mm	20 mm (unverändert)	6 mm
bei stark verschlacktem Feuer	$20 - 16 = 4$ mm	20 mm (unverändert)	16 mm
bei schlecht bedecktem Feuer, undichtem Kesselmauerwerk	$20 - 3 = 17$ mm	20 mm (unverändert)	3 mm

Um die Zugstärken im Essenfuchs und im Feuerraum feststellen zu können, werden in die Rohrleitungen der Differenzzugmesser Absperrhähne eingebaut; schließt man den Hahn in der Rohrleitung nach dem Feuerraum, so zeigt der Zugmesser die Zugstärke im Essenfuchs an, durch Schließen des Hahnes in der Rohrleitung nach dem Essenfuchs erfährt man die Zugstärke im Feuerraum. Zeigt der

Zugmesser vom normalen Zustand erheblich abweichende Angaben an, wie dies bei verschlactem und bei mangelhaft bedecktem Rost vorkommt, so erhält der Heizer hierdurch einen deutlichen Hinweis, daß er für Abhilfe zu sorgen hat.

In der Praxis benützt man die U-förmige Glasröhre nur in Ausnahmefällen, etwa bei Untersuchungen der Dampfkesselanlagen, als einfachen oder als Differenzzugmesser, da sie leicht verschmutzt, das Wasser allmählich verdunstet und die Angaben nur beim genauen Hinsehen erkennbar 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 (Abb. 14 u. 15) mit einer zuverlässig arbeitenden, dauerhaften Messingmembrane, 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.

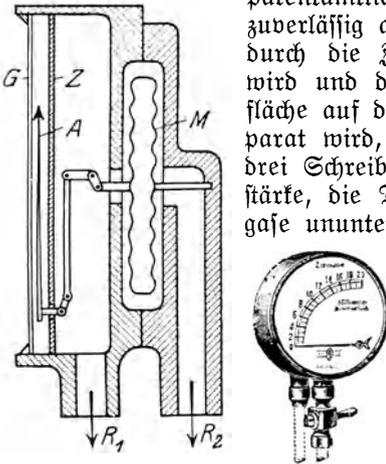


Abb. 14 und 15. Differenzzugmesser der Firma Schubert, Chemnitz. R_1 = Rohranschluß nach der Feuerung; R_2 = Rohranschluß nach dem Essentanal. Die Membran M (eine hohle Messingtapsel) wird durch die Zugkräfte mehr oder weniger zusammengedrückt und bewegt hierbei den Zeiger A vor dem Zifferblatt Z. Die Glasröhre G muß luftdicht schließen, soll der Zugmesser nicht falsch anzeigen.

lich zu notieren hat. Bei Handbeschickung muß der Heizer zählen, wieviel Schaufeln Kohle er bei jeder Beschickung aufwirft und sich auch vergewissern, was die auf einer Schaufel befindliche Kohlenmenge wiegt.

6. 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 Feuerraum niedriger gehalten, da das hocheerhitzte, glühende Mauerwerk als Wärmespeicher wirkt und auch beim Aufwerfen frischer Kohle eine zu weitgehende 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 wagerechten, ebenen Roste, die sog. 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 Rost 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 eisenen im Mauerwerk des Feuerraumes gelagerten Querbalken, den sog. Rostträgern oder Rostbalken. Bei den Planrostinnenfeuerungen verbindet man die Rostbalken vorn mit der Schürplatte und hinten mit dem Untertheil 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 (abzuschlagen) 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 Schlangen-

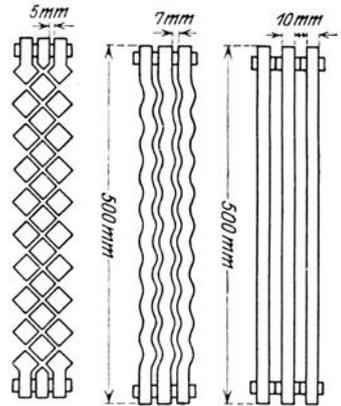


Abb. 16 bis 18. Die drei Grundarten der Roststäbe. Die Spaltfläche ist in allen drei Fällen gleich groß und beträgt:

beim geraden Roststab:

$$10 \times 500 \text{ mm} = 5000 \text{ qmm,}$$

beim Wellenroststab:

$$7 \times 710 \text{ mm} \approx 5000 \text{ qmm,}$$

beim Polygonroststab:

$$5 \times 1000 \text{ mm} = 5000 \text{ qmm.}$$

Der Wellen- und der Polygonroststab haben den Vorzug, daß durch ihre gewundene Form die Rostspalte länger wird und letztere infolgedessen enger gemacht werden kann, ohne daß die freie Rostfläche kleiner wird als beim geraden Roststab.

roststab, 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 Spalt- und Bahnbreite dem Brennstoffe und den Betriebsverhältnissen angepaßt sind. Die Verteilung der Luft im Feuer wird schließlich am besten durch die Kohlenschicht selbst besorgt, deren gleichmäßige Beschaffenheit daher sorgfältig vom Heizer zu überwachen ist.

Die Weite der Rostspalten richtet sich nach der Stückigkeit und Schlacke des Brennstoffes. Sie beträgt für grobstückige Kohle mit fließender Schlacke 10 bis 15 Millimeter, für magere Steinkohle mit stückiger Schlacke und für Braunkohle 4 bis 8 Millimeter, für Kohlengruß, Lohe oder Sägespäne 3 bis 5 Millimeter. Man



Abb. 19 bis 21. Roststäbe der Firma Gußwerk Aachen, G. m. b. H. in Aachen.

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. In bezug auf die Form der Rostspalten kann man drei Grundarten unterscheiden; nämlich Roste mit geraden, gewellten oder gekreuzten Rostspalten. Bei gleicher

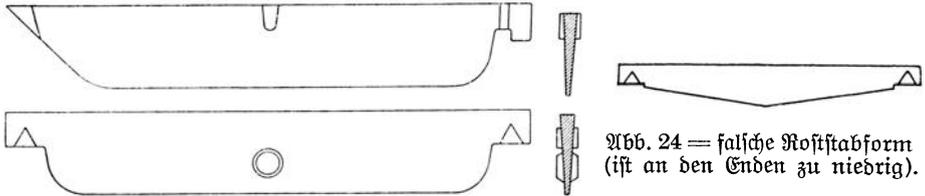


Abb. 24 = falsche Roststabform (ist an den Enden zu niedrig).

Abb. 22 und 23 = die richtige Form des Roststabes.

Länge des Roststabes und gleich großer Fläche der Rostplatten ergeben die geraden Rostspalten eine große; die gewellten Roststäbe eine schmalere und die gekreuzten Rostspalten die kleinste Spaltbreite. Die Roststäbe mit gekreuzten Rostspalten nennt man auch Vieleck- oder Polygonroststäbe.

Der Rost muß oben glatt sein und eine harte Bahn besitzen, damit ihn die Schlacke nicht angreift. Die Härte der Rostbahn wird erreicht, indem man die Stäbe aus Hartguß macht und in Kokillen (das sind eiserne Gießformen) gießt. Solche Roststäbe lassen eine leichte und rasche Entfernung der Schlacke zu; Querspalten im Roste können bei schlechter Ausführung der Roststäbe das Abschladen erschweren. Sehr wichtig ist, daß der Roststab auf seiner Länge zwischen den Auflagern genügend hoch gewählt wird, damit er große seitliche Flächen hat, die der daran vorbeistreichenden Luft ermöglichen, sich anzuwärmen und zugleich den Rost kühl zu erhalten. Vollständig 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 (Abb. 22

u. 23)¹⁾. Die gebräuchlichste Länge des Roßstabes ist 500 Millimeter; sehr dünne Roßstäbe mit engen Spalten (für Kohlengrus, Lohe und Sägespäne) macht man kürzer, etwa 300 bis 400 Millimeter lang; während sehr starke Roßstäbe mit weiten Roßspalten (für grobstückige Kohle) eine Länge bis zu einem Meter erhalten. Sehr schwache Roßstäbe brennen im Feuer schnell ab, sind leicht zerbrechlich und ziehen sich leicht krumm. Um sie haltbarer zu machen, nietet man 3 bis 5 solcher Stäbe zu einem Bündelrost zusammen. Damit die Asche nicht hängen bleiben kann, müssen die Roßspalten nach unten etwas weiter werden; man macht deshalb die Roßstäbe unten dünner als oben. Ferner nimmt man darauf Bedacht, daß sich die Roßstäbe nicht im Feuer verbiegen. Sie dürfen daher nicht fest zwischen den Roßbalken sitzen, sondern müssen genügenden Spielraum haben, damit sie sich beim Erhitzen im Feuer ausdehnen können. Vielfach versteht man aus diesem Grunde die Roßstäbe nur mit einem hafenförmigen Ende, während man das andere Ende abschrägt. Der Rost soll bei Handbedienung nicht über zwei Meter lang sein, weil längere Roste hinten schwieriger zu bedienen sind, das Abschladen erschweren und die Übersichtlichkeit der Feuerung beeinträchtigen. Der Rost muß ferner in einer bequemen Höhe über dem Fußboden des Heizerstandes liegen. Eine praktische Höhe ist 80 Zentimeter. Zweckmäßig ist es, ihn hinten etwas tiefer zu legen, weil er dadurch übersichtlicher und leichter bedienbar wird. Die Neigung des Rostes nach hinten kann auch deshalb notwendig sein, damit der freie Raum über der Feuerbrücke nicht zu sehr eingeengt wird, wie dies namentlich bei den Lokomobilfesseln mit ausziehbarem Röhrensystem der Fall ist.

Schonung und Abbrand der Roßstäbe. Solange die Verbrennungsluft gut durch das Feuer hindurchströmen kann, ist die Hitze des Feuers nach dem Feuerraum zu gerichtet und werden die Roßstäbe kühl gehalten. Ist jedoch das Feuer verschlackt oder wird bei vollem Feuer der Essenschieber heruntergelassen, so hört die Abkühlung der Roßstäbe auf und letztere erhalten **Stauhitze**, indem das Feuer seine Wärme an den Rost abgibt und die Roßstäbe in kurzer Zeit sehr heiß und glühend werden, auf der oberen Fläche verbrennen und sich verziehen. Die Folgen sind dann ungleichmäßig weite Roßspalten, durch welche viel unverbrannte Kohle hindurchfällt und das Abschladen erschwert wird. Auch bei den Feuerungen mit Luftzufuhr durch die Feuerbrücke (Abb. 33 und 34) und bei Schrägrosten mit abstegehendem Schlackenrost (Abb. 30) tritt ein schneller Verschleiß der Roßstäbe durch Stauhitze ein, wenn die durch die Feuerbrücke hinzutretende Luftmenge zu groß oder durch eine genügend hohe Schlackenansammlung auf dem Schlackenrost nicht gehemmt wird. Da die Erneuerung der Roste eine beträchtliche Geldausgabe verursacht, ist es sehr wesentlich, daß der Heizer auf ihre Schonung bedacht ist. In manchen Betrieben halten die Roste jahrelang aus, während sie in anderen Fällen schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit erneuert werden müssen.

Vor dem Roste befindet sich die gußeiserne **Schürplatte** (siehe Abb. 25) von etwa 25 Zentimeter Breite und 20 Millimeter Dicke, die dem Heizer bei der Bedienung des Feuers als Auflage für Schaufel und Schüreisen dient. Sie darf nicht zu lang sein, damit der hintere Rostteil noch in bequemer Reichweite für den Heizer bleibt, andererseits soll sie aber auch — und das ist nämlich ihr Hauptzweck — eine zu starke Wärmeausstrahlung nach vorn verhindern und dafür ausreichen, daß die Feuertüre, das Feuergeschranke und die vom Kesselwasser nicht gekühlten Flammrohrauslassungen nicht zu hoch erhitzt oder gar verbrannt werden.

An die Schürplatte schließt sich vorn das **Feuergeschranke** oder der gußeiserne Rahmen mit der **Feuertür** an. Letztere macht man gewöhnlich 30 Zentimeter

¹⁾ Abb. 22 u. 23 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Gaier, Dampffesselfeuerungen“, 2. Aufl. entnommen.

breit. Damit sie besser schließt und in den Betriebspausen keine Luft nachsaugt, müssen ihre Anliegeflächen gut bearbeitet sein und die Angeln oben eine Neigung nach hinten haben. Zum Schutze vor der strahlenden Wärme des Feuers erhält die Feuertüre auf der Innenseite entweder einen 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 Kasetten, 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 Roste einen Abschluß zu sichern, und soll verhindern, daß beim Beschicken oder Schüren des Feuers Kohle oder Schlacke vom Roste herunter in den ersten Feuerzug fallen. Sie soll ferner den Feuergasen einen gewissen Widerstand bieten und der Verbrennungsluft an allen Stellen des Rostes eine möglichst gleichmäßige Geschwindigkeit und eine senkrechte Richtung nach oben geben. Ihre Aufgabe besteht ferner darin, die Verbrennungsgase in dem Raum 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 Unterstell, welches bei der Planrostfeuerung zugleich den Aschefall hinten abschließt. Ihre obere Kante verläuft meist wagerecht; bei Unterfeuerungen wird sie der Kesselrundung entsprechend abgerundet (Abb. 61). Bei Unterwindfeuerungen wird die Feuerbrücke im allgemeinen höher gemacht als bei gewöhnlichen Feuerungen, da der Effenzug bei diesen Feuerungen nur die Heizgase aus dem Feuerraum abzuzaugen hat.

Unterhalb des Feuerraumes liegt der **Ascheraum** oder **Aschefall**, der vorn mit einer Klappe versehen ist, mittels welcher der Luftzutritt zum Feuer geregelt werden kann. Doch ist es nicht ratsam, die Klappe ausschließlich anstelle des Essenschiebers zu benutzen, da sich in den Kesselzügen der volle Schornsteinzug geltend macht, durch das Mauerwerk hindurch **sehr viel kalte Luft** angesaugt wird und die Heizgase abgekühlt werden. Die Aschefallklappen sind daher nur unter gewissen Umständen, z. B. beim Abschlacken, 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 unbedingt herabzulassen ist, sind sie ebenfalls zu schließen, um den Zutritt kalter Luft zu den Feuerungen, Flammrohren und sonstigen Kesselteilen zu verhindern. Das Unterteil der Feuerbrücke, das den Aschefall hinten abschließt, ist entweder aus Gußeisen oder Mauerwerk hergestellt. **Es muß dicht schließen, damit keine falsche Luft in die Feuerzüge eintreten kann.** Hierauf ist großer Wert zu legen.

Bei den Lokomotiven, bei denen infolge des Fehlens des Mauerwerks das Nachsaugen von falscher Luft ausgeschlossen 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 verperrt. 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 Planrostfeuern erhält das 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 Planrostfinnenfeuerung (Abb. 25)¹⁾ 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 Feuergechränk) 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 Brennstoffverluste erheblich vermindern. Da die Planrostfinnenfeuerung außerdem sehr einfach, übersichtlich und billig ist und wenig Reparaturen erfordert, ist sie die verbreitetste Feuerung überhaupt.

Die Planrostunterfeuerung (Abb. 26 und 27) 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 Feuerhitze beschädigt werden. Bei Walzenkesseln wird der untere Teil der vorderen Rundnaht zum Schutze gegen die Flammen mit Mauerwerk verkleidet, da anderenfalls im Bleche leicht Rantenrisse auftreten oder das Blech an diesen Stellen ausbeult oder durchbrennt. Unterfeuerungen mit sehr

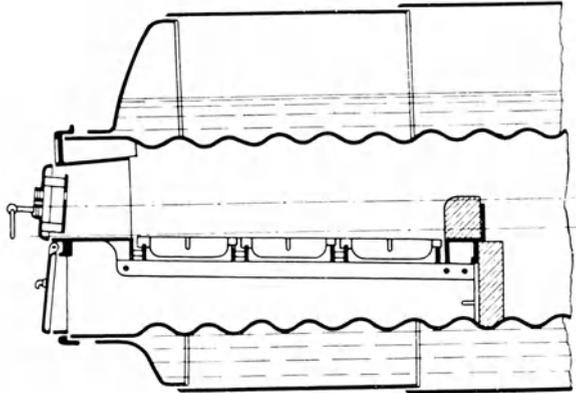


Abb. 25. Die Planrostfinnenfeuerung.

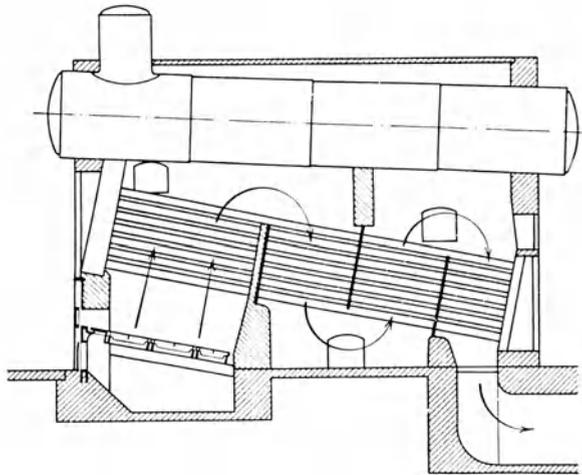


Abb. 26. Planrostunterfeuerung, senkrechte Glasführung.

¹⁾ Abb. 25 bis 28 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Gaier, Dampfkesselheizung“, 2. Aufl. entnommen.

breiten Kofstflächen teilt man zur Erleichterung ihrer Bedienung durch eine auf dem Kofst aufgefetzte Mauerung in zwei Hälften.

Die Planrostvorfeuerung (Abb. 28) ist dem Kessel

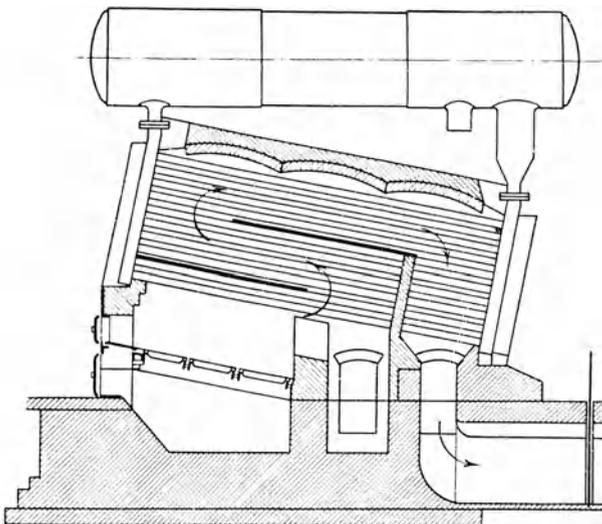


Abb. 27. Planrostunterfeuerung. Wagerechte Gasführung, hat den Nachteil, daß sich die Flugasche im Winkel zwischen der wagerechten Platte und der vorderen Wasserfammer ansammelt.

teile bestehen darin, daß zum Anheizen viel Kohle verbraucht wird, daß das Mauerwerk viel Wärme nutzlos nach außen strahlt, teuer ist und infolge von Abbrand

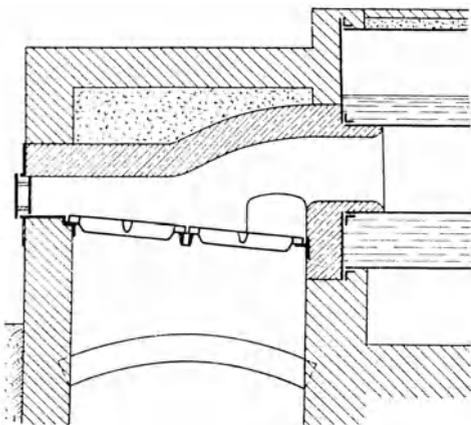


Abb. 28. Die Planrostvorfeuerung an einem Flammrohrkessel. Nur für minderwertige Brennstoffe (Sägespäne, Holzabfälle, Braunkohle) verwendbar.

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 Rofstes 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 Nach-

teile bestehen darin, daß zum Anheizen viel Kohle verbraucht wird, daß das Mauerwerk viel Wärme nutzlos nach außen strahlt, teuer ist und infolge von Abbrand öfters kostspielige Reparaturen nötig macht. Ferner braucht die Vorfeuerung einen größeren Raum und beeinträchtigt den Übergang der strahlenden Wärme des Kesselfeuers in die ersten Kesselheizflächen. Die Wärmeausstrahlung des Mauerwerkes der Feuerung ist mitunter so beträchtlich, daß im 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 Verschluffklappe vor den Feuerraum fällt, von wo aus es vom Heizer auf den Kofst geschoben wird. Doch wird auch für derartige Brennstoffe

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

Beim Betrieb der Vorfeuerung ist darauf zu achten, daß während der Pausen der Essenzug völlig abgesperrt ist, damit sich die Feuerung nicht zu weit abkühlt. Risse im Mauerwerk sind sorgfältig zu verschmieren. Beim 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 (Abb. 29). Bei der Planrosttinnenfeuerung ist die Rostgröße durch die Flammrohrabmessungen begrenzt und beschränkt. Große Rostflächen lassen sich nicht unterbringen. Sollen daher Brennstoffe von geringem Heizwert verfeuert werden, die eine große Rostfläche erfordern, so ist eine Treppen- oder Schrägrostvorfeuerung anzuwenden. Der Treppenrost besitzt die Form einer Treppe mit enggestellten Stufen, die meist wagerecht liegen, zuweilen aber auch, wie beim Münchener und Einbeder Stufenrost, schräg gestellt sind. Die Roststäbe bestehen aus rechteckigen Platten, die mit den flachen Seiten nach oben in der Feuerung liegen. Sie sind gewöhnlich 8 bis 12 Millimeter stark und 90 bis 120 Millimeter breit. Die lichte Weite zwischen ihnen, also die Spaltweite des Rostes, beträgt gewöhnlich 20 Millimeter. Die Länge der Roststäbe wählt man nicht über 400 bis 600 Millimeter, damit sie sich im Feuer nicht durchbiegen. An den Enden ruhen die Roststäbe auf gußeisernen Treppentwangen, 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. verwendet. 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 Loch, in welchem sie vom Heizer mittels eines Hafens erfaßt werden können. Hinterläßt die Kohle viel Schlacke, so ist es am zweckmäßigsten, einen schrägen Schlackenrost anzulegen und die darauf sich anhäufende Schlacke zeitweise mit dem Schürhaken herunterzuziehen (Abb. 30).

Als beschickende Kraft dient beim Treppenrost die Schwerkraft der Kohle, d. h. 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 Kofstpalten hindurch herunterstochert. Andernfalls entsteht ein ungleichmäßiges, stellenweise durchgebranntes Feuer. Beim Reinigen des Kofstes von Asche und Schlacke hat der Heizer im Kofste 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 Brennzzone gelegenen Kofstpalten müssen hell erscheinen. Dunkle Stellen zeigen an, daß der Kofst mit Schlacke oder überhaupt nicht bedeckt ist.

Die günstigste Verbrennung erzielt man in der Treppenrostfeuerung, wenn die Verbrennungszzone sich auf den unteren und mittleren Teil der Kofstfläche erstreckt. Es soll also auf dem oberen Ende des Kofstes eine Schicht unverbrannter Kohle

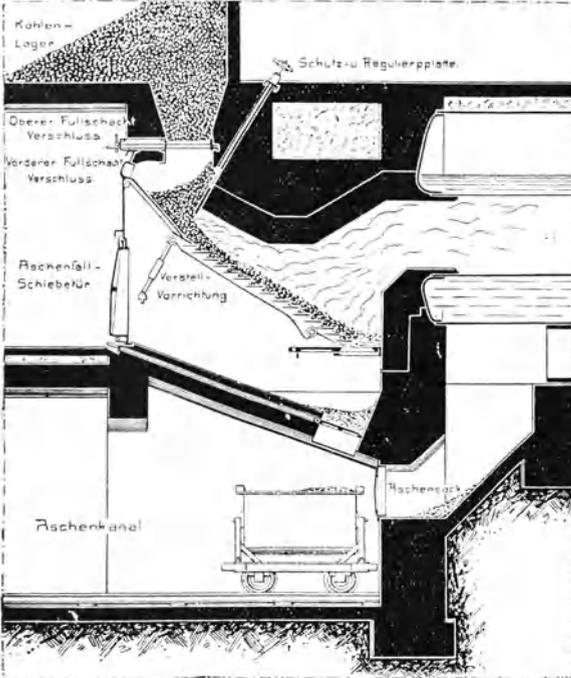


Abb. 29. Treppenrostfeuerung von Topf & Söhne, Erfurt.

liegen, die von der glühenden Decke des Feuerraumes entgast wird, bevor sie in die Brennzzone heruntergelangt. Der Heizer muß daher beim Öffnen des Auslauffchiebers am Kohlentrichter vorsichtig verfahren; bedeckt er zeitweilig die ganze Kofstfläche mit frischer Kohle, so ist eine starke Rauchentwicklung nach dem Beschicken auch bei den Treppenrostfeuerungen nicht zu vermeiden. Andererseits ist aber bei stark belasteten Kesselanlagen diese Beschickungsart kaum zu umgehen, da die Feuerung und der Kessel dadurch am leistungsfähigsten werden.

Der Feuerraum wird beim Treppenrost wesentlich niedriger als bei der Planrostfeuerung gemacht, damit das glühende Mauerwerk die Entgasung der Kohle beschleunigt. Im oberen Teil beträgt die

Höhe des Feuerraumes etwa 25 bis 30 Zentimeter, der untere Teil wird aber beträchtlich höher und weiter angelegt, so daß sich die Rauchgase hier mit der Luft vermischen und entflammen können.

Die Neigung oder Schräge des Treppenrostes muß derart sein, daß der Brennstoff möglichst selbsttätig nachrutscht und ohne viel Nachhilfe seitens des Heizers sich gleichmäßig über den ganzen Kofst verteilt. Bei nassen Brennstoffen, wie wasserhaltiger Braunkohle, Sägespänen usw., muß der Kofst steiler sein als bei trockenen Brennstoffen. Treppenrostfeuerungen für zeitweilig wechselnde Brennstoffe erhalten daher Kofste 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 Abb. 29). Durch Auf- und Niederdrehen der Schrauben kann man die Schräge des Kofstes verändern. Die Kofstschräge soll so eingestellt sein, daß die Kohlenschicht unten dünner liegt als oben. Ist der Kofst zu steil, so stürzt die Kohle nach dem unteren Teil des Kofstes,

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 Abperrschieber des Fülltrichters mehr öffnet, so daß auf dem oberen Teile des Kofstes eine sehr dicke Kohlenschicht lagert.

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

Bei der Treppenrostfeuerung ist das Anheizen infolge der schrägen Lage des Kofstes 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 Kesselsplatten 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, also namentlich für Rohbraunkohle, was in letzter Zeit vielfach der Fall ist. Bei Verwendung von Rohbraunkohle oder eines anderen leicht entzündlichen Brennstoffes kann das Anzünden des Feuers in der Weise erfolgen, daß im Alschfall ein Holz- oder Papierfeuer angebrannt wird, dessen Flamme durch den Ofenzug in die Brennstoffschicht auf den Kofst hineingesaugt wird und diese anzündet.

Die Schrägrostfeuerung (Abb. 30). Der Kofst der Schrägrostfeuerung ist ein schräg gestellter Planrost, der oben an einen gußeisernen Schüttkasten und unten an einen kleinen Planrost anschließt. Der Schüttkasten hat, wie beim Treppenroste, einen Auslauffchieber, womit die Beschickung der Feuerung geregelt wird. Häufig werden die Schüttkästen und der Auslauffchieber weggelassen und dafür eine wagerechte eiserne Schürplatte angebracht, auf welcher der Heizer so viel Kohle aufschüttet, bis die obere Öffnung der Feuerung verdeckt ist. Beim Beschicken des Kofstes schiebt dann der Heizer diesen inzwischen entgasteten Kohlenhaufen mit der umgedrehten Schaufel herunter auf den Schrägrost und legt dann auf die Schürplatte frische Kohlen auf.

Die Kofststäbe der Schrägrostfeuerung erhalten meist die Länge der Feuerung. Da ihre unteren Enden sehr dem Abbrande unterworfen sind, richtet man die Kofststäbe zum Umdrehen ein oder bringt an jedem Kofststabe unten einen auswechselbaren Kofstschuh an. Im übrigen ist die Betriebsweise die nämliche wie beim Treppenroste. Schrägrostfeuerungen verwendet man namentlich für Sägespäne und für feuchten Kohlenschlamm aus den Kohlenwäschen. Der Schrägrost eignet sich nicht für schlackenhaltige und badende Brennstoffe, da sich Störungen im Feuer schwieriger als bei den anderen Feuerungen beseitigen lassen. Wird die Schlacke von dem Schlackenroste (Abb. 30) heruntergezogen, so muß der Heizer, falls klare Kohle verfeuert wird, namentlich bei glatten Kofststäben das Feuer weiter als sonst niederbrennen lassen, da bei einem leicht möglichen Nachrutschen der Kohlenglut beträchtliche Mengen derselben durch die Kofstpalten hindurchfallen. Läßt sich dieser Uebelstand, der für das Bedienungspersonal wegen der dabei auftretenden

Stichflammen sehr gefährlich ist, durch eine vorsichtige Bedienung nicht beheben, so ist entweder eine andere Kohlenart zu verfeuern oder an Stelle des Schrägrostes ein Treppengrost einzubauen.

Die Schrägrostfeuerung wird auch zumeist für die Verfeuerung von Torf angewendet. Die sperrige Lage der Torffoden auf dem Rost, der hohe Wassergehalt, der geringe Bedarf an Zug gegenüber demjenigen für Stein- und Braunkohlen und der geringe Heizwert des Torfes bedingen jedoch eine besondere Ausführung der Rostfeuerungen. Von ausschlaggebender Bedeutung sind hierbei auch die beträchtlichen Unterschiede der feuerungstechnischen Eigenschaften der Torfe. Der beste Torf, der Hochmoortorf mit seinem geringen Gehalt an Unverbrennlichem, seiner hohen Brenngeschwindigkeit und langflammigen Verbrennung, verlangt keine größeren Rostflächen als ein anderer Brennstoff, nur der Feuerraum muß wesentlich erweitert werden, um die großen Torfmengen aufnehmen zu können. Bei

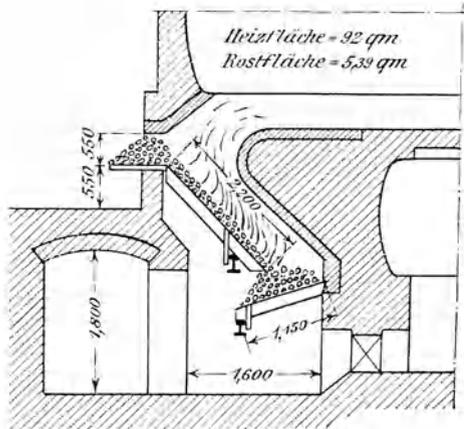


Abb. 30. Schrägrostfeuerung für Kohlen Schlamm an einem mehrfachen Walzenkessel.

der Kohlensteuer befreit ist, frachttechnisch und wirtschaftlich begrenzt ist und somit der Versand des Torfes über gewisse Entfernungen hinaus wirtschaftlich nicht wettbewerbsfähig ist. (Nach den Veröffentlichungen des Oberingenieurs Leder von der Wärmewirtschaftsstelle in Oldenburg, wonach beispielsweise in Zweiflammrohrkesseln mit den Spezialfeuerungen des Eisenwerkes Varel A.-G., Varel i. D., mit automatischer Beschickung des gebrochenen Torfes unter Luftabschluß und Erst- und Zweitluftvorwärmung 17,3 bis 30, in einem Falle sogar 38 kg Wasser pro Quadratmeter Heizfläche verdampft worden sein sollen.)

Wesentlich anders verhält sich der Niederungsmoortorf, der mit seinem hohen Gehalt an Unverbrennlichem, seiner verminderten Brenngeschwindigkeit und seinem geringem Heizwert wesentlich andere Anforderungen an die Feuerungsanlage stellt und namentlich nicht bloß größere Rostflächen erfordert, sondern auch keine so günstigen Kesselleistungen wie der Hochmoortorf ergibt.

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

derartigen Kesselanlagen, die im nordwestdeutschen Hochmoorgebiet häufig anzutreffen sind, ergeben sich Kesselleistungen, die den bei Steinkohlenfeuerungen erzielten in keiner Weise nachstehen. Der Brennstoff wird bei diesen Spezialfeuerungen vorgebrochen und automatisch zugeführt; die Handbeschickung scheidet hierbei aus, soll die Arbeit des Heizers nicht zu einem ständigen Torfschaufeln werden und den Anforderungen einer rationellen Feuerbedienung nur einigermaßen Genüge geleistet werden. Eine Verbreitung außerhalb des Hochmoorgebietes haben die Rostfeuerungen an Dampfkesseln nicht gefunden, da der Aktionsradius des Torfes, trotzdem letzterer Sondertarif auf der Eisenbahn genießt und von

Eine in Süddeutschland häufige Schrägrostfeuerung ist die von mehreren Kesselschmiedern ausgeführte **Tenbrinkfeuerung** (Abb. 31). Dieselbe befindet sich bei den Walzenkesseln in der sog. Tenbrinkvorlage, die aus einem quer zum Kessel liegenden Walzenkessel besteht, in welchem in ein oder zwei Feuerrohren der Kofst untergebracht ist (Abb. 66). Bei dieser Feuerung können die auf dem unteren Teile des Kofstes 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 Abb. 30 zutrifft. Die Verwendung der Tenbrinkfeuerung hat in letzter Zeit abgenommen, da sich bei großen Kesseln die erforderliche Kofstfläche nicht unterbringen läßt.

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 Fall 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 Planrostes werden gelochte gußeiserne Platten von etwa 250 Millimeter Breite angebracht (wie bei Abb. 29). Da sich U-Eisen am unteren Ende durch Abbrand erheblich abnutzen, wird dieses Ende — etwa auf eine Länge von 150 Millimeter — besonders angefeßt und zum Abschrauben eingerichtet, so daß es 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 zunächst entgast. Hochwertige oder viel Schlacke enthaltende Kohle kann in der Muldenrostfeuerung wegen des zu starken Abbrandes des Mauerwerkes und der Unbequemlichkeit des Abschladens nicht verfeuert werden. Nachstehende Abbildung (Abb. 32) 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 dem jeweiligen Verbrauch 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 Heizstande aus drehen lassen und vor dem Feuer möglichst geschützt sind. Mittels der Regelungsglieder kann — etwa beim Abschladen — der Brennstoff vollständig vom Feuerraume abgeschlossen werden. Muß der Kofst wieder frisch beschickt werden, so ist durch Drehen an den Gliedern die Kohle auf den Kofst herunter in die Hauptverbrennungszone zu schieben.

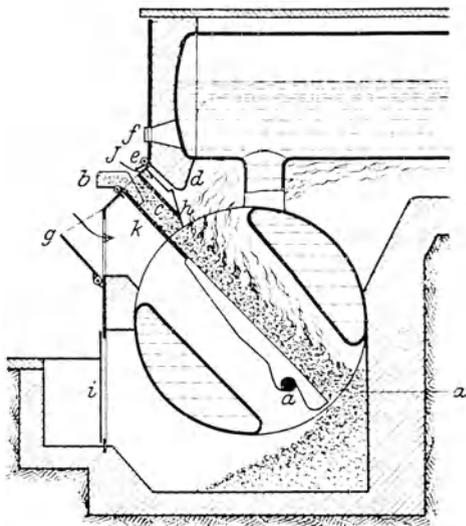


Abb. 31. Tenbrinkfeuerung.

Die Mauerbögen über den Feuerräumen sind doppelt gewölbt und nach oben spitz zulaufend mit Eisenplatten abgedeckt, so daß ein einwandfreies Nachgleiten der

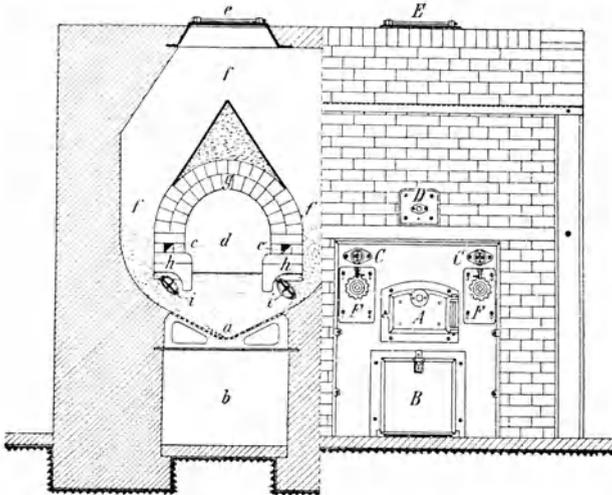


Abb. 32. Die Muldenrostfeuerung von Fränkel & Viebahn, Leipzig, für Rohbraunkohle geeignet und im mitteldeutschen Braunkohlengebiet häufig angewendet.

Kohle in die Schächte *f* gesichert ist. Durch die Kanäle *c* werden den Feuerungen Luftströme zugeführt, die durch Schieber an der Stirnfläche des Mauerwertes vom Heizer nach Bedarf eingestellt werden können und der Verbrennung der Rauchgase dienen. Die nähere Bedeutung derselben ist aus folgenden Abschnitten erklärlich. Die Muldenrostfeuerung eignet sich nur für minderheizwertige Brennstoffe, wie Braunkohle, Lohe, Holzabfälle usw., woraus sich auch ihre vielfache Anwendung in dem mitteldeutschen

Braunkohlengebiet erklärt. Sie ist während der Zeit der Kohlenknappheit auch vielfach an Kesseln, die sonst mit Planrostfeuerung betrieben wurden, eingebaut, nach dem Eintritt von besseren Kohlenverhältnissen jedoch wieder beseitigt worden, da sie bei Verwendung von Rohbraunkohle trotz der großen Kostfläche nicht die genügende Dampfmenge schaffen konnte.

7. Die rauchverhütenden Dampfkesselfeuerungen.

Der Rauch muß aus zweierlei Gründen vermieden werden: erstens aus Ersparnisrücksichten und zweitens aus Rücksichtnahme auf die Umgebung der Feuerungsanlage, sobald er auf diese lästig und schädlich einwirkt.

Die **Brennstoffersparnis bei der Rauchverbrennung** ergibt sich, wie wir bereits gesehen haben, daraus, daß der Rauch die Folge der unvollständigen Verbrennung der vergasteten teerartigen Bestandteile der Kohle (der Kohlenwasserstoffe) ist und somit aus brennbaren Bestandteilen der Kohle besteht. Am stärksten tritt er bei gasreicher Steinkohle auf; gasarme Steinkohlen, ferner Braunkohle und Holz lassen sich leichter rauchschwach verfeuern, weil der Rauch dabei in geringerer Menge auftritt und eine niedrigere Entzündungstemperatur hat. Nimmt man beispielsweise an, die verfeuerte Steinkohle bestünde aus 66 Prozent festem Kohlenstoff, 9 Prozent Wasser, $1\frac{1}{2}$ Prozent Schwefel, $3\frac{1}{2}$ Prozent Schlacken und 20 Prozent Kohlenwasserstoff, so würde im ungünstigsten Falle, wenn die teerartigen Bestandteile sämtlich unverbrannt abziehen, der 20. Gewichtsteil der Kohle oder von den brennbaren Bestandteilen $86:20 =$ der $4\frac{3}{10}$ te Teil, d. i. rund 25 Prozent im Rauche preisgegeben werden. Ein Teil der Rauchgase wird aber in jeder Feuerung verbrannt werden, wie auch in keinem Falle eine vollständige Rauchverbrennung zu erzielen sein wird, so daß man die Ersparnisse bei

der oben bezeichneten Kohlenforte in einer gut bedienten Feuerung auf etwa 6 bis 10 Prozent des Kohlenverbrauches abschätzen kann.

Die Schädlichkeit der Rauchgase für die Umgebung der Kesselanlage nimmt ab, je rauchschwächer das Feuer brennt. Sie wird in erster Linie durch die festen Bestandteile der Rauchgase, den Ruß und die Flugasche, aber auch durch die unsichtbaren Gase im Rauche, die schweflige Säure, die Salzsäure, die Fluorsäure usw. hervorgerufen. Erstere lassen sich durch eine gute rauchfreie Verbrennung und richtige Anlage der Kesselfeuerung und der Kesselzüge vermindern; die unsichtbaren schädlichen Bestandteile des Rauches treten aber auch bei einer vollkommenen Verbrennung auf, da sie von der chemischen Zusammensetzung der Kohle abhängig sind. Sie sind es hauptsächlich, die die Schädigungen der Pflanzenwelt in der Nähe der großen Städte und Industriezentren verursachen, wobei namentlich die empfindlichen Nadelhölzer in der Hauptwindrichtung betroffen werden. Man hat versucht, sie durch den sog. Dissipator-Schornstein zu bekämpfen, dessen oberer Teil gitterartig durchlöchert ist, wodurch der Rauch beim Austritt aus dem Schornstein mit der Luft verwirbelt und aufgelöst wird.

Soll dem Rauchen einer Dampfkesselfeuerung abgeholfen werden, so ist vor allem die eigentliche Fehlerquelle ausfindig zu machen; entweder ist ein größerer Dampfkessel aufzustellen, die Feuerung abzuändern, der Roß zu vergrößern, der Essenzug zu verstärken, Roß statt Kohle zu verwenden 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 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 Roßspalten noch einen zweiten (sekundären) Luftstrom, die sog. Zusatzluft, über dem Roß zuführt. Der (primäre) Luftstrom durch die Roßspalten soll die Verbrennung der festen, kohligen Bestandteile auf dem Roße, der andere Luftstrom die Verbrennung der flüchtigen, rauchigen Bestandteile über dem Roße und hinter dem Feuer- raume 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 Roßspalten von einer Beschickung zur anderen nahezu gleichstark bleiben kann, muß die Zusatzluft 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.

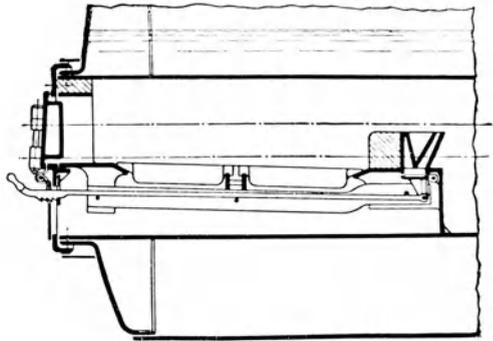


Abb. 33. Rauchverzehrende Feuerung mit Zusatzluft durch die hohle Feuerbrücke.

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.

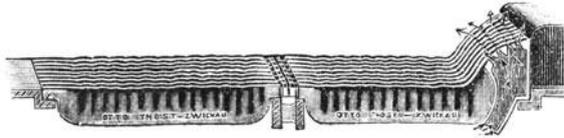


Abb. 34. Rauchverzehrende Heißluftfeuerbrücke von Thost, Zwidau i. S.

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 hindurch, oder es werden auch hinter der Feuerbrücke Mauerbögen oder gitterartige Einsätze aus feuerfesten Steinen angebracht, die im Betriebe sehr heiß werden und hierdurch die Entzündung der mit Luft durchsetzten 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 Kühllhaltung 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 Mischfall nach dem Feuerraum hindurchströmen kann. Die untere, nach dem Mischfall zu gelegene Öffnung der Schlitze ist mit einer Klappe verschließbar, welche durch eine Zugtange vom Heizerstande aus mehr oder weniger geöffnet und geschlossen werden kann (Abb. 33)¹⁾.

Die Firma Thost in Zwidau fertigt eine sog. **Heißluftfeuerbrücke** (Abb. 34) an, bei welcher die Feuerbrücke gleichfalls hohl ist und von Verlängerungen der einzelnen Kofstübe gebildet wird. Die Zusatzluft wird durch zahlreiche feine Öff-

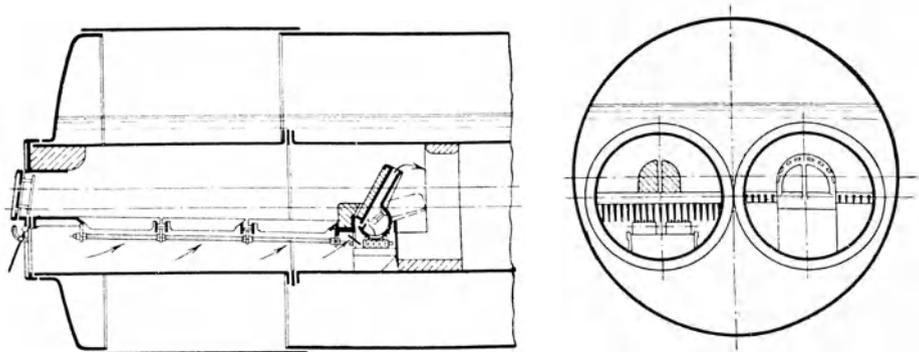


Abb. 35 und 36. Storbek'sche Feuerbrücke mit Rauchverzehrung.

¹⁾ Abb. 33, 35 und 36 sind mit Genehmigung des Verlages aus „Gaier, Dampfkesselfeuerungen“, 2. Aufl. entnommen.

nungen im Kopfe der Feuerbrücke in viele dünne Strahlen zerlegt und an der eisernen Feuerbrücke sehr gut vorgewärmt. Unterhalb des Kofes ist an der Feuerbrücke gleichfalls eine von Hand verstellbare Regulierklappe angebracht.

Bei der Storbektschen Feuerung wird eine leichte Aluminiumklappe verwendet, die im Hohlraum der Feuerbrücke pendelnd aufgehängt ist und vom Schornsteinzug selbsttätig reguliert wird. Ist der Kof reich beschickt, so stößt die Luft in dem Kohlenfeuer auf größeren Widerstand, und es wird infolge der Saugwirkung des Schornsteines die Aluminiumklappe geöffnet, so daß für die Zuluft 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 Kofstück ausgerüstet, welches vom Heizerstande mittels eines Steckschlüssels mehr oder weniger umgelegt werden kann. Hinter der Feuerbrücke befindet sich ein Schamotte-ring, der durch seine, während des Betriebes aufgenommene Wärme die Verbrennung der Rauchgase fördert. Diese Feuerung ist zwar in der Praxis nicht sehr eingeführt, verdient jedoch in theoretischer Hinsicht Beachtung, weil sie die Zugverhältnisse in der Feuerung gut ausnützt. Ein Nachteil ist, daß die Aluminiumklappen bei einer Flugaschenansammlung versagen.

Feuerungen mit selbsttätiger und ununterbrochener Kohlenbeschickung. Bei diesen Feuerungen wird die Kohle durch mechanische Kraft ununterbrochen, und zwar in einer dünnen Schicht, auf den Kof aufgegeben. Infolge der gleichmäßigen Kohlenzufuhr ist (abgesehen von der Zeit beim Abschladen) 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 der Feuerungsapparat nicht gleichmäßig arbeitet. In diesen Fällen muß der Heizer häufig im Feuer nachhelfen, und es geht dann beim Ausgleichen der Kohlen-schicht auch nicht ohne starke Rauchentwicklung ab.

Von diesen Feuerungsapparaten hat der **Leachapparat** (Abb. 37) weite Verbreitung gefunden. Jedes Kofrohr hat zwei Schleuderräder e, die 300 bis

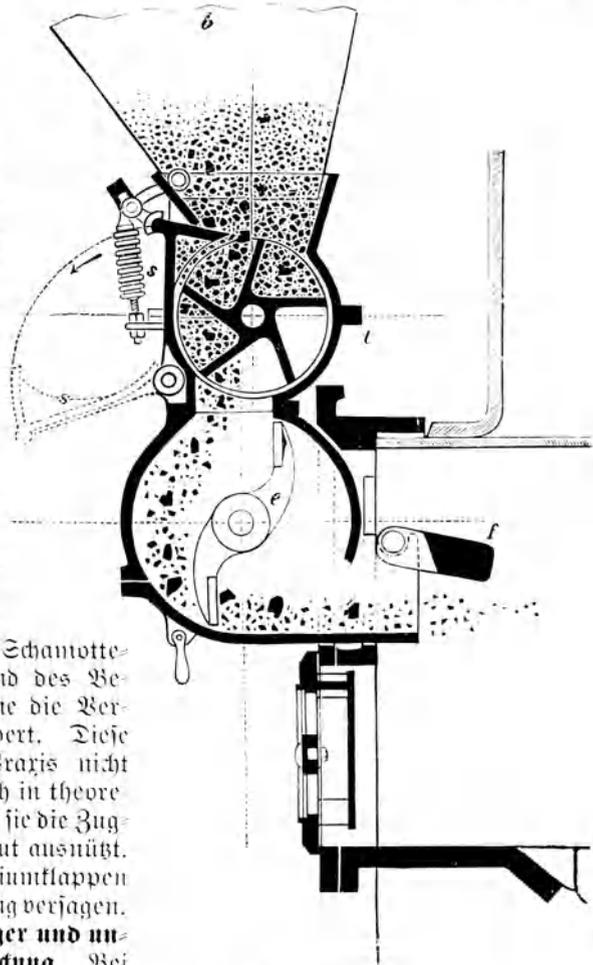


Abb. 37. Der Leachapparat.

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 Brellklappe *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 Kohlentrichter durch die sehr langsam laufende Speisewalze *c* mit fünf Zellen zugeführt. Letztere füllen sich beim Durchgang durch den Kohlentrichter mit Kohle und entleeren sich wieder über den Wurfrädern. Die Speisewalze wird durch einen auf- und niedergehenden Hebel *z* (Abb. 38) der mit einer Klinke in ein Klinkenrad auf der Speisewalze eingreift, in Umdrehung

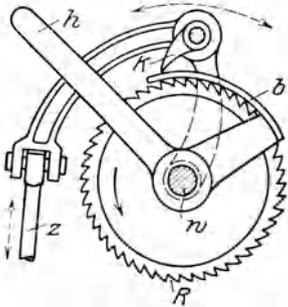


Abb. 38. Reguliervorrichtung am Leachapparat. Das Klinkenrad *R* sitzt fest auf der Welle *w* der Speisewalze und wird durch die Klinke *K* rückweise in Umdrehung versetzt. Durch Verstellen des Handhebels *h* bewirkt der Heizer, daß die Klinke mehr oder weniger auf dem Blech *b* gleitet, die Speisewalze langsamer oder schneller eine Umdrehung vollendet und sich infolgedessen die Kohlenzufuhr zum Feuer ändert (das Klinkenrad ist insofern nicht richtig gezeichnet, als seine Zähne die entgegengesetzte Richtung haben müssen).

versetzt. Zwischen der Klinke und dem Klinkenrad ist ein Blech *b* 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 Gehäusewand 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 Wurfradgehäuses ist zum Herausziehen eingerichtet, damit man etwaige Störungen im Wurfradgehäuse schnell beseitigen kann. Eine drehbare Plattfeder sichert die Wand gegen selbsttätige Lockerung. Leichte Klemmungen sind durch einfaches Rütteln zu beseitigen. Unten ist der Feuerungsapparat mit Feuer Türen 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 sortierte Steinkohle (Kußkohle) von 6 bis 25 Millimeter Korngröße, ferner die harte böhmische Braunkohle von gleicher Stückgröße und die neuerdings in den Handel gekommenen kleinen Zindustriebricketts. Je grushaltiger die Kohle ist, um so ungleichmäßiger wird die Kohlenschicht im Feuer, und um so 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 Kohlenstücke mit größerer Umdrehungszahl arbeiten, da grobe Kohlenstücke mehr Kraft, also eine größere Geschwindigkeit der Wurfschaukeln erfordern, um sie bis an das Kofstende zu schleudern. Die auf-

geworfene Kohlenmenge kann der Heizer, falls sie infolge des schnellen Ganges des Apparates zu groß wird, durch langsames Lauflassen der Speisewalze verringern. Das Feuer muß daher gut beobachtet werden. Das Anpassen des Feuerungsbetriebes an den Dampfverbrauch erfolgt dadurch, daß der Heizer die Zellenwalze schneller oder langsamer laufen läßt und die Stellung des Essenschiebers hierbei entsprechend ändert, oder indem er den ganzen Apparat schneller laufen läßt.

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 (Abb. 39 und 41, 42) unterscheiden sich von dem

besprochenen Leachapparat im wesentlichen dadurch, daß man zum Beschicken des Feuers statt der schnell rotierenden Wurfträder eine hin- und herschwingende Schaufel verwendet, die durch eine langsam rotierende Scheibe mit drei, bei langen Kofen mit vier und mehr Knaggen (Abb. 40) allmählich zurückgedreht wird und hierbei zwei mit ihr fest verbundene Federn anspannt. Sobald eine Knagge frei wird, schnellt die Schaufel infolge der Federkraft nach dem Feuer zu und wirft die vor ihr liegenden Kohlen auf den Kof. Dadurch, daß die Knaggen in drei verschiedenen Höhen ausgeführt sind, erhalten die Federn an den Wurfschaufeln während einer Umdrehung der Knaggenscheibe drei verschiedenen 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, versieht man die Schaufeln auf der Wurfseite mit einem in der Mitte spitz zulaufenden Ansatz, dessen 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

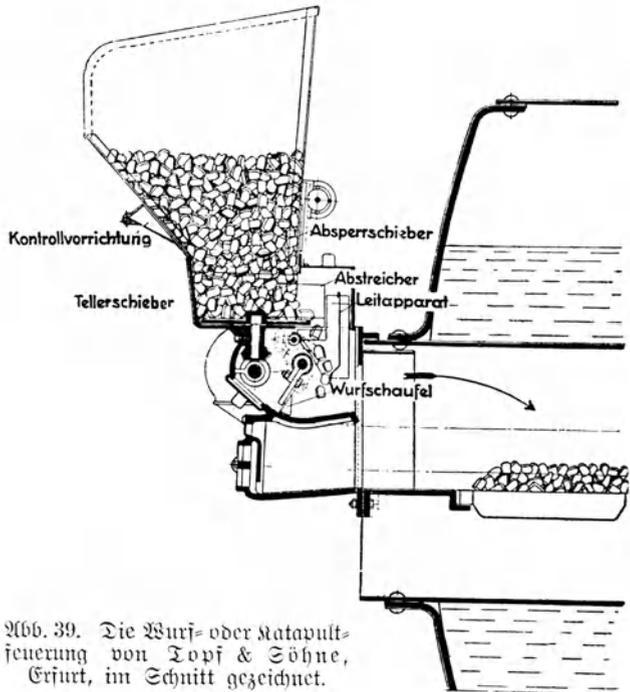


Abb. 39. Die Wurf- oder Katapultfeuerung von Topf & Söhne, Erfurt, im Schnitt gezeichnet.



Abb. 40. Knaggen-scheibe zur Katapultfeuerung mit 3 Wurfweiten. Bei neueren Apparaten sind je nach der Koflänge und dem Feuerungsmaterial bis zu 8 Wurfweiten vorhanden.

besorgt. Der Schieber ist so angeordnet, daß er die Kohle gerade der Wurffchaufel zuführt, wenn sie sich schlagbereit in zurückgezogener Stellung befindet.

Soll das Feuer verstärkt werden, so zieht man den Essenschieber auf und läßt mittels des vorhandenen Stufenscheibenantriebes den ganzen Apparat schneller arbeiten, oder man vergrößert den Hub des Verteilungsschiebers, wodurch derselbe mehr Kohle vor die Wurffchaufel fallen läßt. Außerdem befinden sich an

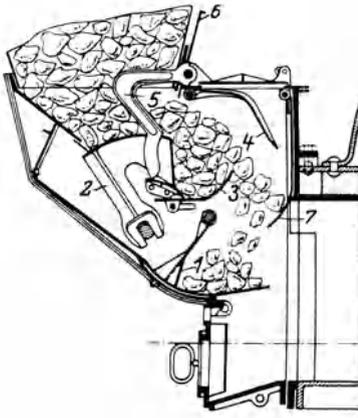


Abb. 41.

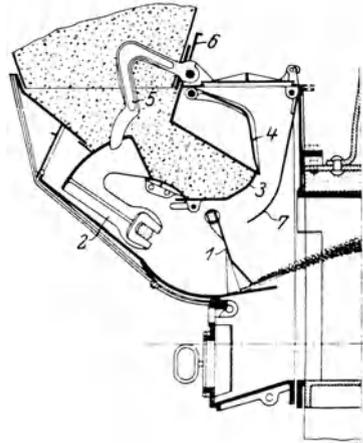


Abb. 42.

Abb. 41 u. 42. Wurfapparat der Sächs. Maschinenfabrik vorm. Richard Hartmann in Chemnitz für feinkörnige und für grobkörnige Brennstoffe.

Abb. 41. Es wird feinkörniger Brennstoff verfeuert. Der Heizer hat hierbei das Leitblech 7 in eine möglichst gehobene Lage zu bringen, den Schieber 6 nur wenig zu öffnen und den Vorschubtisch 3 weit vorzuschieben. Die Wurfflappe ist in Tätigkeit und beginnt sich langsam zurückzubewegen; die Vorschubwange 2 und der Loderungshebel 5 stehen am Beginn ihrer Bewegung nach rechts bzw. nach unten; die Absperklappe 4 beginnt sich zu heben und den Weg für die vom Vorschubtisch 3 herabfallende Kohle freizugeben.

Abb. 42. Es wird Brennstoff von Faustgröße (Briketts) verfeuert. Der Heizer hat hierbei das Leitblech 7 in möglichst senkrechte Lage zu bringen, den Schieber 6 weit zu öffnen und den Vorschubtisch ganz zurückzuziehen. Die Wurfflappe 1 ist schlagbereit; die Absperklappe 4 ist geöffnet und gibt den Weg für die herabfallenden Kohlenstücke frei; Vorschubwange 2 und Loderungshebel 5 bewegen sich nach rechts bzw. nach unten und stoßen die Kohle durch die Öffnung zwischen 3 und 4 hindurch.

jedem Fülltrichter noch ein oder zwei Regulierschieber, die mit einem Handrade verstellbar sind, und womit man die Öffnungen 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 Beckwalze zum Zerkleinern der Kohlenstücke aus. Die Bedienung des Feuers ist ähnlich wie beim Leachapparat. Bei Wurffchaufelfeuerungen ist besonders darauf zu achten, daß die Federn an den Schaufeln gut imstande sind; werden sie im Laufe der Zeit schlaff, so wirkt der Apparat die Kohle nur auf den vorderen Teil des Kofes, während die hintere Kofstfläche unbedeckt bleibt. Der Heizer muß dann das Feuer so oft ausgleichen, daß die eigentlichen Vorteile der mechanischen Feuerungen zum größten Teile zunichte werden! In solchen Fällen sind daher die Federn sofort zu erneuern.

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

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

Das Feuer ist bei diesen Rostanlagen keinerlei Störungen durch Ab-

schladen usw. ausgesetzt, so daß andauernd eine sehr hohe Temperatur im Feuer- raume 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 Rostfläche braucht, die weder mit der Hand noch mit den besprochenen Wurffeuerungen in zufriedenstellender Weise beschickt werden kann. Er besteht aus sehr kurzen, etwa je 25 Zentimeter langen Rost-

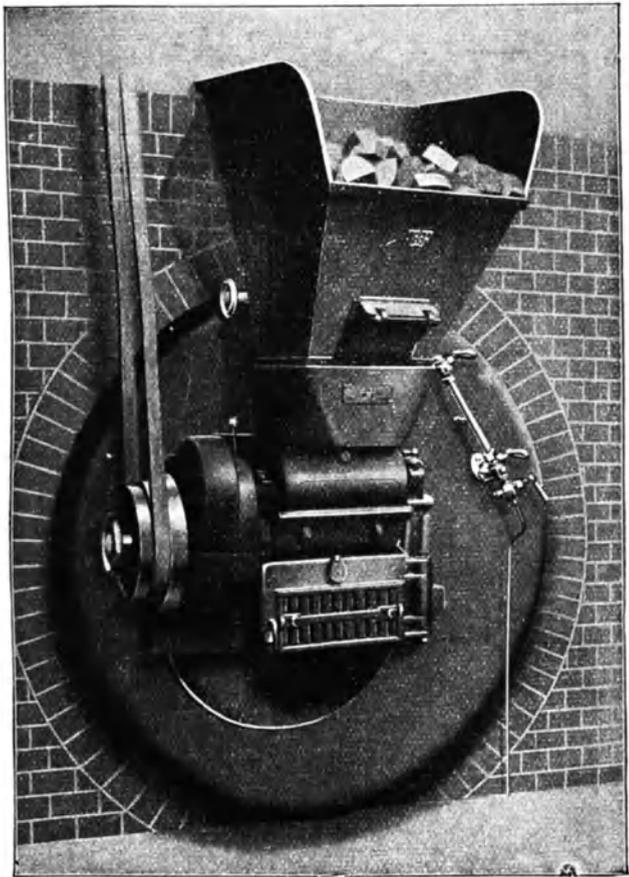


Abb. 43. Ansicht einer Wurffeuerung von Topf & Söhne, Erfurt, für Braunkohlenbrickettfeuerung.

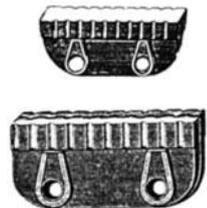


Abb. 44 u. 45. Roststäbe für den Wander- oder Kettenrost.

stäben (Abb. 44 und 45), die, wie beim gewöhnlichen Planrost, reihenweise nebeneinander liegen und an den Enden durch Bolzen zu einer endlosen Kette verbunden sind. Abb. 46 und 48 stellen den Kettenrost im Schnitte und in der Ansicht dar.

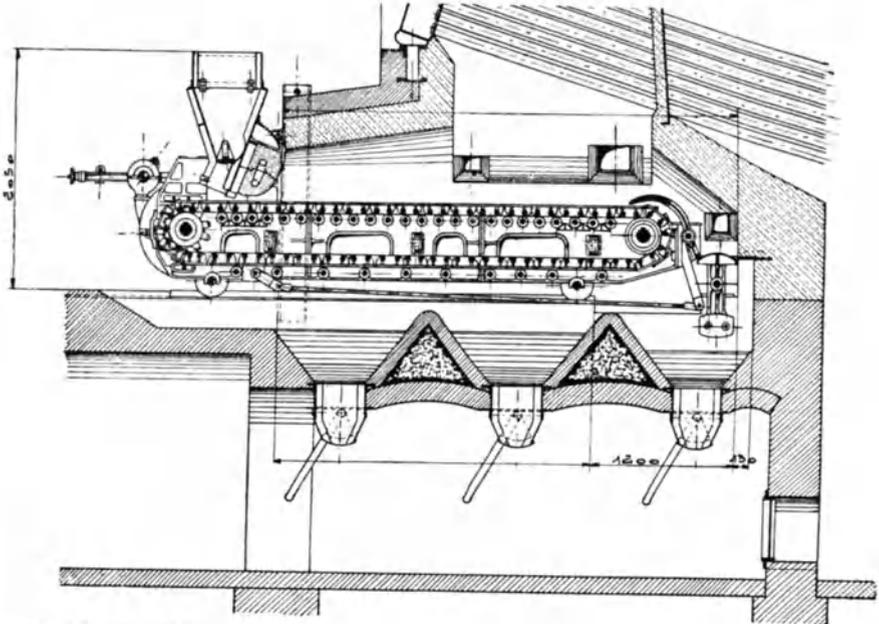


Abb. 46. Wanderrostfeuerung der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft in Dessau, Zweigniederlassung der Babag-Meguin A.-G.

Die verschiedenen Kettenröste haben fast gleiche Bauart und sind als loses Band über zwei Kettenräder gelegt, von denen das vordere, außerhalb der Feuerung gelegene, mittels eines Riemenantriebes langsam gedreht wird, so daß der obere Teil

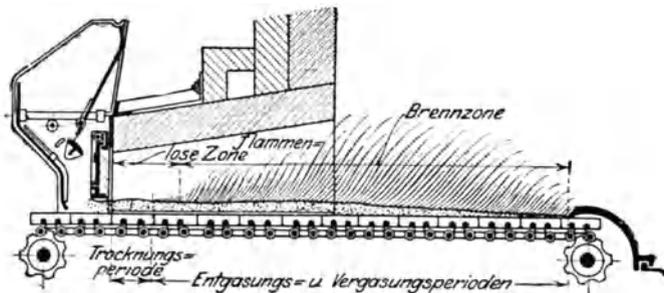


Abb. 47¹⁾. Verbrennungsverlauf von feuchter oberbairischer Gruskohle mit hohem Gas- und geringem Kohlenstoffgehalt auf einem Wanderrost.

des Kettenrostes fortwährend in die Feuerung hinein- und der untere Teil desselben herauswandert. Über dem vorderen Teil des Rostes ist ein Fülltrichter angebracht, aus welchem die Kohle auf die ganze Rostbreite herunterrutscht, um

¹⁾ Abb. 47 ist mit Genehmigung des Verlags aus der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1911 entnommen.

während der Kostwanderung im Feuerraume allmählich entgast, entzündet und verbrannt zu werden. Hinter der Auslaufstelle 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 Schamotte mauerwerk überwölbt, das im Betriebe glühend sein muß, weil es den eigentlichen Träger der Verbrennung bildet. Dieses Gewölbe darf bei den Wasserrohrkesseln nicht zu nahe an die Siederohre heranreichen, da die Rohre andernfalls durch die intensive strahlende Wärme des Gemäuers Haarrisse bekommen und öfter erneuert werden müssen. Da das Gewölbe an seinen Auflageseiten niedriger als in der Mitte ist, würde die Kohlenschicht auch an den Seiten schneller herunterbrennen. Um dies zu verhindern, macht man die Feuertüre unten nach beiden Seiten schräg ansteigend, so daß die Kohlenschicht auf dem Roste nach den Seiten zu höher als in der Mitte wird. Am Ende der Kostbahn befindet sich ein gußeiserner Schlackenabstreicher, der mit seiner Unterfante auf einer Schiene lose gelagert ist und mit seiner oberen, messerartigen Kante vermöge seines Gewichtes auf dem Roste aufliegt (siehe Abb. 46 u. 47). 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 angeordnet, mittels welcher man die Schlacke in den Aschenfall herunterfallen lassen kann. Dieselbe ist während des Betriebes dicht zu verschließen, damit nicht etwa kalte Luft an undichten Stellen einströmt und die Heizgase abgekühlt werden. 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 die Schlackenstauer, trotz einer mitunter angebrachten Dampfkühlung, sowie die hinteren Teile des Feuerraumes zerstört werden. Die Kohle entgast und verbrennt auf der vorderen Hälfte oder dem vorderen zweidritteln 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 freiliegenden Wand des Feuerraumes Schaulöcher zur Beobachtung des Feuers vorhanden sind, damit man die Geschwindigkeit des Rostes und die Schichthöhe des Feuers richtig einstellen und auch bei ungünstiger Schlackenbildung auf dem Roste mit einem Schürhaken nachhelfen kann. 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 zunächst nicht durch Verändern der Schichthöhe, sondern durch schnelleren oder langsameren Gang des Rostes erfolgen. Die Umlaufzeit der Wanderroste beträgt etwa 45 bis 70 Minuten, je nach der Rostlänge und der Beanspruchung der Feuerung. Der Wanderrost kann Belastungen nicht sofort folgen. Wird plötzlich viel Dampf gebraucht, so muß das Schaltwerk für den Rost 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 Rost keines-

wegs längere Zeit stillgesetzt werden, da sonst die Kohle auf dem ganzen Roost ab-
brennt, das Feuer leicht in den Fülltrichter übergreifen und letzteren durch Abbrand
beschädigen kann. Steine und Eisenstücke (Grubennägel) sind aus der Kohle, soweit
sie sichtbar sind, zu entfernen, da die Roostglieder plagen können, wenn sie sich

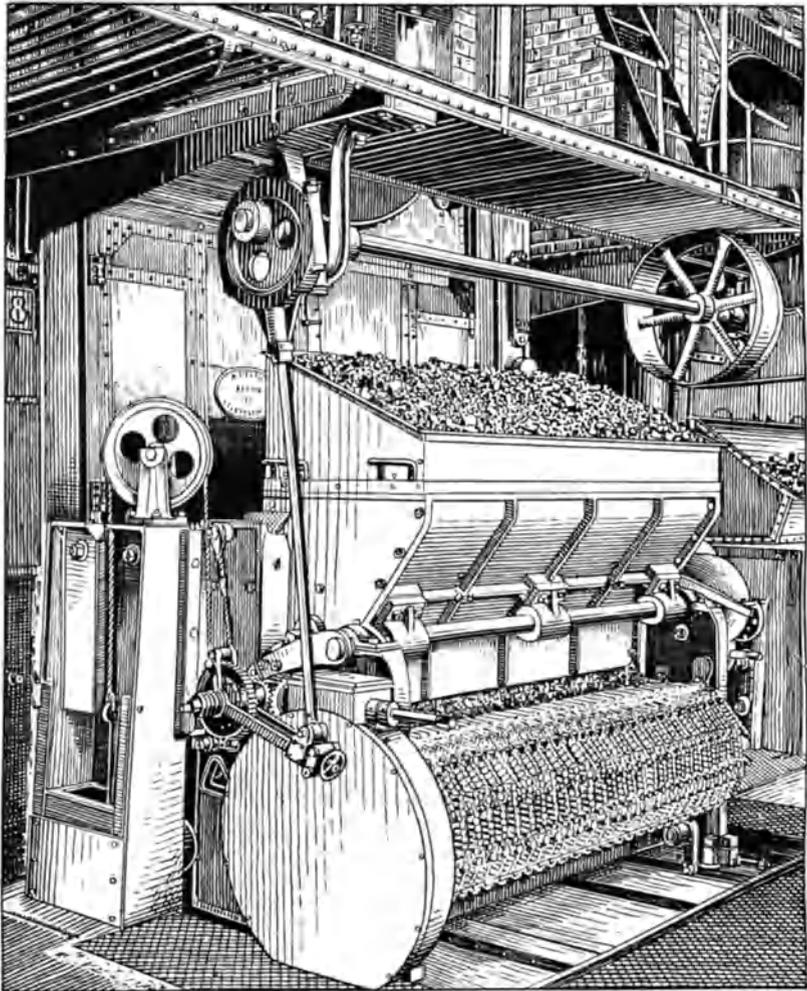


Abb. 48. Wanderrost der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft
in Dessau, Zweigniederlassung der Bamag-Mequin A.-G.

in den Roostspalten festsetzen. Macht sich hierbei ein knarrendes Geräusch bemerk-
bar, so ist der Roost sofort stillzusetzen und mittels der Handkurbel vor- und rück-
wärts zu bewegen, bis er sich anstandslos weiter drehen läßt. Jede Anwendung
von Gewalt ist hierbei zu vermeiden, sollen die Roostglieder nicht durch Bruch be-
schädigt werden. Beim Ausfahren des Roostes löst man zunächst etwaige Ver-
schraubungen desselben mit dem Mauerwerk und sehe im übrigen darauf, daß der
Roost gleichmäßig und nicht einseitig gezogen wird, was auch für das Einfahren gilt.

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

Für die Wanderroste eignen sich im allgemeinen alle Kohlenarten bis zu 50 Millimeter Korngröße, doch soll die Steinkohle nicht zu ungleichmäßig sein. Wird Förderkohle verfeuert, so müssen alle Stücke über 50 Millimeter Korngröße sorgfältig kleingeschlagen werden. Klar- kohle ist vor dem Aufgeben anzufeuchten, damit nicht zu viel davon durch den Kofst 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 Kofstes, sie wird also gut vorgewärmt und hält dabei die Kofststäbe kühl. Beim Anheizen ist das Mauerwerk des Feuerraumes auf genügend hohe Temperatur zu bringen, andernfalls ist beim Einrücken des mechanischen Kofst- antriebes ein allmähliches Berlöschen 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 Abschladen erleidet und sich hieraus ergebende Wärmeverluste nicht entstehen, kann auf den

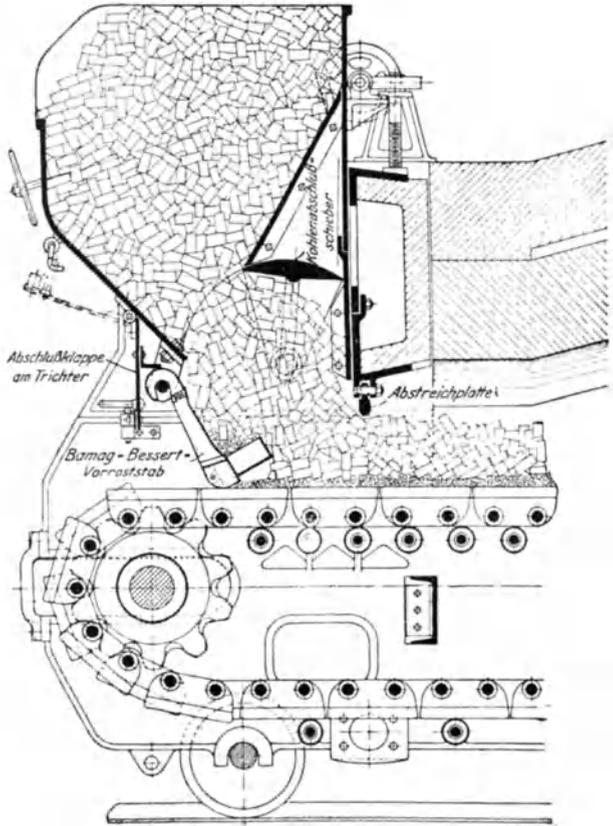


Abb. 49. Wanderrost mit Vorrost (Bessertroststab) der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft in Dessau, Zweigniederlassung der Bamag-Mequin u.-G.

Kettenrosten eine größere Menge Kohlen verbrannt und mehr Dampf im Kessel erzeugt werden als mit sonstigen Feuerungseinrichtungen.

Der Vorrost (Abb. 49) soll ermöglichen, auf Wanderrosten nicht nur Rohbraunkohle, Gemische von Brennstoffen und Braunkohlenbriketts wirtschaftlich zu verbrennen, sondern den Betrieb durch Auswechseln des Vorrostes schnell auf Steinkohle einzustellen. Er besteht aus einzelnen winkelförmigen Rosträben, zwischen deren oberen Schenkeln weite und zwischen den unteren Schenkeln enge Rosträben vorhanden sind. Der Brennstoff wird in der Mulde festgehalten, getrocknet und entzündet. Beim Zerfallen rutschen die brennenden Kohlenteile durch die weiten Spalten des Vorrostes auf den Kettenrost, schieben sich dabei unter den Brennstoff, der unmittelbar aus dem Trichter auf den Kettenrost gelangt und entzündet denselben von unten her. Muß der Vorrost entfernt werden (Steinkohlenfeuerung), so wird die entstehende Öffnung durch die übliche Klappe oder Tür abgeschlossen.

Die Unterwindfeuerung. Der Mangel an besseren Kohlenforten, wie Knörpeltkohle, zwingt unsere Industrie in umfangreichem Maße Kohlenschlamm, Koks- und Kohlengruß und Rohbraunkohle zu verfeuern. Diese Brennstoffe, von denen auf den gewöhnlichen Planrosten der Kohlenschlamm und die Rohbraunkohle überhaupt nicht allein, sondern nur als Streckungsmittel verwendet werden können, indem sie etwa bis zur Hälfte den besseren Kohlenforten, wie Knörpeltkohle und Briketts, beigemischt werden, liegen sehr dicht auf dem Rost, so daß der Effenzug für

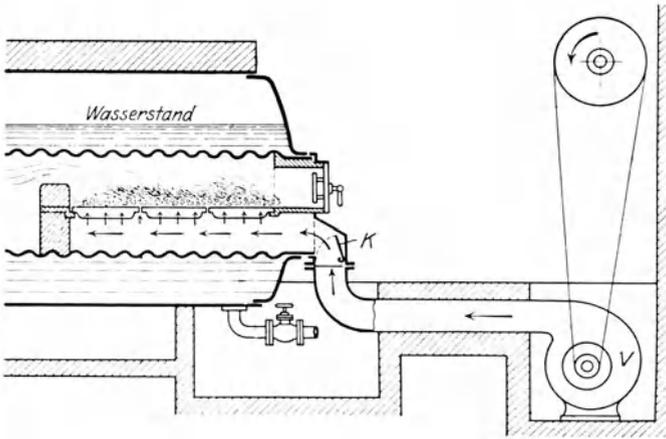


Abb. 50. Unterwindfeuerung der gebräuchlichsten Bauart mit Ventilatorbetrieb. K = Klappe, die beim Öffnen der Feuertüre selbsttätig schließt, hierdurch den Unterwind abstellt und das Heraus schlagen der Flammen aus der geöffneten Feuerung verhindert.

ein lebhaftes Feuer nicht ausreicht und die Leistung des Dampfkessels sinkt. In solchen Fällen verwendet man mit Vorteil die Unterwindfeuerung. Bei derselben ist der Aschenfall ein geschlossener Behälter, der vorn durch die Stirnwand, hinten durch die Feuerbrücke und oben durch den Rost abgeschlossen ist. An der Außenseite der vorderen Stirnwand ist ein Rohr zu führen mit einem

Dampfstrahlgebläse angebracht, mittels dessen die Luft injektorartig in den geschlossenen Aschenfall hineingeblasen und verdichtet wird, daß unterhalb vom Rost ein Luftdruck von etwa 50 bis 60 Millimeter Wassersäule entsteht. Die Preßluft durchdringt die Brennstoffschicht trotz deren Dichte sehr gut, und man erhält ein lebhaftes Feuer, in welchem auch die schwer entzündlichen Brennstoffe, wie Kohlengruß, verbrennen. Der Rost besteht bei den Unterwindfeuerungen häufig aus Platten von 30 Millimeter Dicke, in denen an Stelle der Rosträben kleine, düsenartige Löcher vorhanden sind, die oben etwa 3 bis 7, unten 20 bis 30 Millimeter weit sind. Doch werden auch Rosträben mit einer Spaltweite von ungefähr

3 Millimeter verwendet. Der Kofst kann sehr kurz sein, seine Länge beträgt etwa 700 bis 1000 Millimeter.

In den meisten Fällen wird der Unterwind durch einen Ventilator erzeugt, weil der Dampfverbrauch der Dampfstrahlgebläse sehr hoch ist und fast die ganze hierbei erzielte Mehrleistung des Dampfkessels für sich verbraucht. Vorbedingung für beide Methoden ist, daß der Unterwind allen Stellen im Kofste und im Feuer zugute kommt und hiernach die Abmessungen und die Bauart des Kofstes bestimmt werden. Wesentlich ist die gute Abdichtung des Raumes für die Druckluft; ist sie mangelhaft, kann also etwa seitlich am Kofst oder am Flammrohr, an undichten Stellen des unteren Teiles der Feuerbrücke oder an der vorderen Stirnwand der Unterwind entweichen, so geht dessen Druck zum großen Teil verloren. Dem Unterwind müssen als einziger Ausweg die Kofstspalten dienen. Um den Heizer vor dem Verbrennen durch die herausschlagende Stichtlamme zu bewahren, muß jede Unterwindfeuerung eine Vorrichtung zum selbsttätigen Abstellen des Unterwindes beim Öffnen der Feuertüre haben.

Für die Frage, ob der Unterwind mittels Dampfstrahlgebläse oder Ventilatorbetrieb zu erzeugen ist, kommt außer der Schlackenbildung noch der Wassergehalt des verfügbaren Brennstoffes in Betracht. Kofst und Steinkohle werden daher eher das Dampfgebläse, Rohbraunkohle dagegen den Ventilatorwind erfordern. Doch wird auch für erstere der Ventilatorbetrieb verwendet.

Zur Vermeidung von Flugascheansammlungen in den Feuerzügen ist bei den Unterwindfeuerungen möglichst mit ausgeglichenem Feuerzuge zu arbeiten, d. h. die Zugstärke über dem Kofst soll nicht größer, als zur Abfugung der Feuer-gase erforderlich, sein.

Gasfeuerungen. Bei den Gasfeuerungen ist zur Verhütung von Gasexplosionen darauf zu achten, daß sich während der Betriebsstillstände keine Gemische aus unverbrannten Gasen und Luft in den Gaskanälen und Feuerzügen bilden können. Die Absperrschieber für die Gasleitungen sind daher sorgfältig dicht zu halten. Das Feuer wird nach dem Aussehen der Flammen einreguliert, es müssen daher im Kesselmauerwerk gegenüber den Mischkanälen Schaulöcher angebracht werden. Stark rußende 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 Apparat vor dem Verbrennungsraume des Kessels (Abb. 51) ausströmen, zwischen denen wieder in abwechselnder Reihenfolge Öffnungen für den Luftzutritt vorhanden sind. Die Gasströme vermischen sich infolgedessen innig mit der Luft und verbrennen bei geringem Luftüberschuß mit hoher Temperatur und langer, in die Feuerzüge hineinschlagender Flamme ohne jede Rauchentwicklung. Zum Schutze gegen eine Überhitzung und um eine genügend hohe Temperatur im Verbrennungsraume zu unterhalten, werden die von den Heizgasen zuerst betroffenen Kesselheizflächen mit Schamottemauerwerk verkleidet. Die Gasfeuerungen werden nur angewendet, wo das Gas in erster Linie für die sonstigen Fabrikeinrichtungen (Schmelzöfen) erzeugt werden muß oder billige Gase (Hoch- oder Koksogas, Erdgas) zur Verfügung stehen.

Umstehende Abb. 51 u. 52 zeigen den Gasfeuerungsapparat der Maschinenbau- u. G. Walcke, Abt. Moll, Neubeckum, der zur Sicherheit gegen Gasexplosionen

so eingerichtet ist, daß das Anzünden nur erfolgen kann, wenn der Apparat von der Feuerung abgeschwenkt ist.

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 Stein-

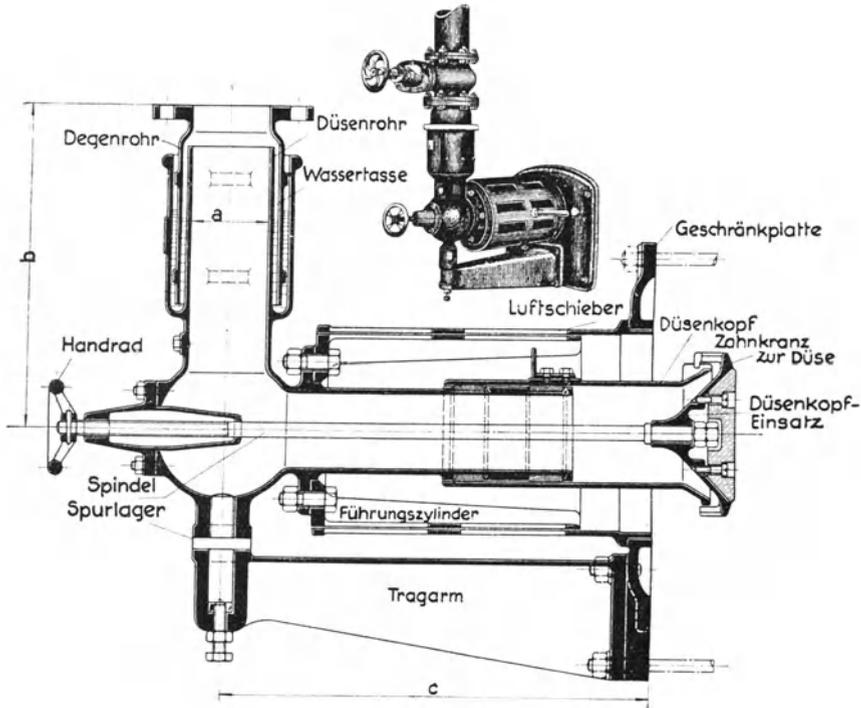


Abb. 51 und 52. Gasfeuerung der Maschinenbau = A. = G. Balcke, Abt. Moll, Neubredum. Die gebräuchlichsten Gasarten, die für die Befeuernng von Dampfkesseln, Öfen und Apparaten in Betracht kommen, sind:

Hochofengas mit einem unteren Heizwert von etwa 850—1000 W. E.

Generatorgas mit einem unteren Heizwert von etwa 1200 W. E.

Koksöfengas mit einem unteren Heizwert von etwa 3500—4500 W. E.

Erdgas mit einem unteren Heizwert von etwa 8000—9000 W. E.

Zum Betrieb der Dampfkesselfeuerungen genügt der Schornsteinzug; je stärker er ist, um so größer kann auch die Menge des zugeführten Gases sein und um so mehr wird Dampf erzeugt. Auf 1000 W. E. des Heizgases muß annähernd 1 cbm Verbrennungsluft kommen; hat demnach 1 cbm Heizgas einen Heizwert von 4000 W. E., so sind pro cbm Gas 4 cbm Luft zuzuführen (nach Angaben der Firma Moll).

Kohlenfeuerungen, bei denen, wie wir sahen, der bestenfalls 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 (siehe „Gasige Brennstoffe“, S. 23). Dies gilt natürlich nur für Generatorgas.

Teerfeuerungen. Der Teer wird in einem eisernen Behälter, der einige Meter über dem Fußboden des Kesselhauses steht, mittels einer Dampfheizschlange leichtflüssig 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 vermischen 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 Feuer-

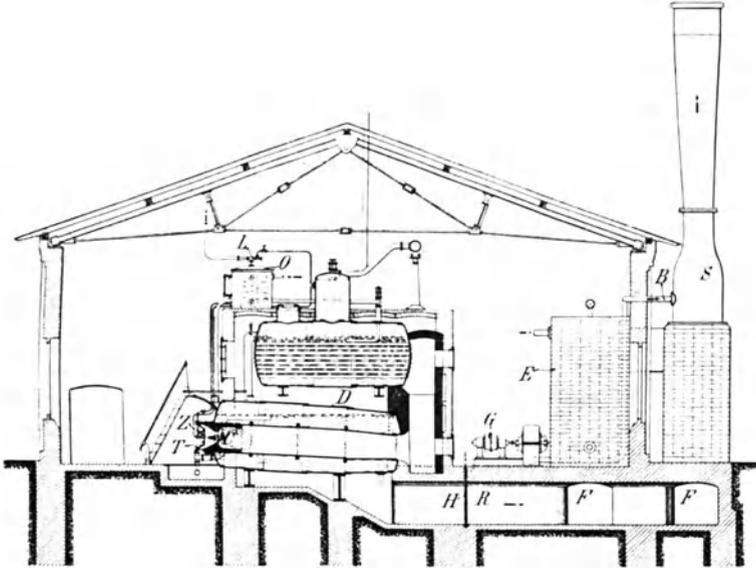


Abb. 53. Kombiniertes Dampfkessel mit Teerfeuerung und künstlicher Saugzuganlage. Z=Teerzerstäuber, T=Trommelschieber im Feuergerüst, der ein genaues Regulieren der Verbrennungsluft ermöglicht; C=ringförmige Feuerbrücke aus Schamottesteinen, O=Teerbehälter mit Dampfheizschlange zur Flüssighaltung des Teers; L=Rohrleitung zum Füllen des Behälters O mit Teer. S=Blechschornstein, G=Gebälse mit Elektromotor gekuppelt, B=Gebälseleitung vom Gebälse nach dem Schornstein, E=Ökonomiser, F=Rauchkanal nach dem Ökonomiser, F=Rauchkanal direkt nach dem Schornstein, H=Essenschieber.

raum 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 Teerfeuerung ausreicht. Wird der Teer mittels Preßluft zerstäubt, so vermag die Teerfeuerung natürlich auch erst nach Inbetriebsetzung des erforderlichen Luftkompressors zu arbeiten, was aber die vorherige Inbetriebnahme einer Dampfmaschine oder eine aushilfsweise Antriebskraft für den Kompressor, etwa einen Elektromotor, voraussetzt.

Abb. 53 zeigt eine vollständige Teerfeuerungsanlage für einen kombinierten Dampfkessel. Nähere Erläuterungen sind aus den Anmerkungen unter der Abbildung ersichtlich. Die Firma Gebr. Körting, A.-G., Hannover, von welcher diese Ausführung stammt, hat namentlich für Schiffsdampfkessel Feuerungsanlagen für flüssige Brennstoffe ausgeführt.

8. 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 Befichtigung der Kesselwände zugänglich sein.

5. Das **Mauerwerk** muß haltbar sein und die Heizgase nach außen genügend abschließen.

1. 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 gespülten 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 sog. indirekten Heizfläche; die Heizgase geben ihre Wärme um so schneller ab, je höher ihre Temperatur über derjenigen des Wassers im Kessel liegt. Sind sie bis in die Nähe der Wassertemperatur, auf etwa 250° Celsius abgeköhlt, so wird ihre weitere Wärmeabgabe sehr gering. Ziehen die Heizgase mit einer sehr hohen Temperatur nach dem Schornstein 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 Essensfuchs 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 Anhalt für die Beurteilung der Kesselanlage. Hohe Temperaturen im Essensfuchs sind ein Zeichen für einen kostspieligen Kesselbetrieb und dafür, daß der Kessel für den notwendigen Dampfverbrauch zu klein ist (s. S. 69 Schornsteinverlust).

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 durcheinandermirbelt. Letzteren Zwecken dienen in den Flammrohren die Gallowaystutzen (Abb. 70) und die ab-

wechselnd weiten und engen Flammrohrschüffe (Stufenrohre Abb. 69). Einbauten in die Feuerzüge, z. B. halbkreisförmige Flammrohrinsätze 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.

2. Ein selbsttätiger, kräftiger **Wasserumlauf** entsteht in jedem Kessel schon dadurch, daß auf der Heizfläche über dem Koff 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 Heizgasanäle nach Möglichkeit darauf zu achten, daß sie unterstützt 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 Utschemäumung und die Zugverluste zu berücksichtigen, so daß die Anforderungen zur folgerichtigen Herbeiführung des Wasserlaufs nicht immer streng durchgeführt sind.

Der Wasserumlauf ist ferner bei den engrohrigen Siederohrkesseln, und zwar sowohl bei den Wasserkammer- wie bei den Steilrohrkesseln (Abb. 86, 87), dringend nötig und sehr wichtig, um Dampfstauungen in den verhältnismäßig engen Siederohren über dem Feuer zu verhüten. Strömt der in der untersten Rohreihe 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 wird ferner durch einen kräftigen Wasserlauf die Verdampfung erhöht, da er die kleinen, nur allmählich sich selbst lösenden Dampfblasen, die bei ruheendem 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 Ranterrissen 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 durch besondere 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.

3. Unter **Zugverlusten** versteht man die Verminderung der Zugkraft. Sie treten hauptsächlich auf, wenn die Züge stellenweise sehr verengt und die

Heizgase scharfen und häufigen Richtungsveränderungen 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 Zugverluste ist ferner bei der Einmauerung des Kessels darauf zu sehen, daß die Umkehranten 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 bis 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 bis 10 Prozent der Heizgaswärme, bei ungünstigen Verhältnissen und schlechten Einmauerungen können sie bis 20 Prozent ansteigen.

4. 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 Beseitigung der Flugasche aus den Zügen gelegt, was namentlich bei großen Kesseln mit langen Heizgaskanälen nötig ist. Die Züge sind zu diesem Zwecke teilweise unterkellert und mit verschließbaren Auslauffutzen versehen, mittels welcher die Flugasche in Transportwagen entleert werden kann. Bei der Besichtigung der Feuerzüge ist darauf zu achten, ob die Heizgasführung nicht durch eingefallenes Mauerwerk in Unordnung geraten ist und nicht etwa ein Übertritt von Gasen in falsche Züge stattfindet.

5. 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 Abseilchnur 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 zur Keiligkeit 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 Bausteine sollen bis an die Stellen verwendet werden, wo die Gase noch 600 bis 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 mit größter Gewissenhaftigkeit darauf zu achten, daß aus dem Kesselmauerwerk während der Betriebspausen bei geschlossenem Essenschieber kein Dampf aufsteigt, der nur von Undichtheiten herühren kann.

Der **Essenschieber** befindet sich in dem Essenfuchs, d. i. der Verbindungskanal zwischen den Kesselzügen und dem Schornstein (Abb. 53). 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 Kofst nach Belieben beeinflusst. Der Schieber wird an einer Kette oder einem Drahtseil aufgehängt, die über Rollen laufen und nach dem Heizstande 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. Häufig ist der schwere Gang des Schiebers die Ursache dafür, daß sich der Heizer um seine richtige Einstellung nicht bemüht und **vielfach bei schlechtbedecktem Kofst mit einem zu großen Luftüberschuß im Feuer arbeitet**. 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. Schlecht verwahrte Schieber lassen viel kalte Luft einströmen, wodurch namentlich die Temperatur des Wassers in den Rauchgasvorkärmern (Ekonomisern) nicht auf die genügende Höhe gebracht werden kann und auch die Zugstärke im Feuer vermindert wird. In dem **Essenfuchs** rechnet man für gewöhnlich mit einer Abkühlung der Rauchgase um etwa 3 bis 5° Celsius auf den Meter Länge, wodurch bei langen Kanälen der Essenzug recht erheblich gemindert wird. Der Schornsteinkanal ist daher dicht und frei von Grundwasser zu halten.

Der **Schornstein** muß die Heizgase selbsttätig ableiten. Seine Wirkung beruht darauf, daß die in ihm befindliche Rauchgasfäule 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 Luftfäulen 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 sog. Vofffeuer 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. Wird ein Dampfkessel beispielsweise mit 12 Atmosphären Überdruck betrieben, so beträgt die Dampf- und Wassertemperatur im Kessel 191° Celsius (siehe Tabelle Seite 78). Die Temperatur der Heizgase muß notwendigerweise am Kesselende höher und zwar mindestens etwa 230° Celsius sein; obgleich bei einem Temperaturunterschied von $230 - 191 = 39^\circ$ Celsius die Wärmeabgabe der Heizgase an den Kesselinhalt ziemlich gering ist. Je nach den Betriebsverhältnissen und der Größe der Dampfkesselanlage ist es vorteilhafter, wenn die abziehenden Heizgase zum Vorwärmen des Speisewassers in einem Economiser, der in den Essensuchs eingebaut ist, weiter ausgenützt werden, wobei ihre Temperatur noch wesentlich niedriger (etwa 170—200° Celsius) wird. Allerdings bedarf es in solchen Fällen eines hohen Schornsteins oder einer künstlichen Zugsanlage, um eine genügende Zugstärke in der Feuerung zu erhalten. Das Speisewasser kann hierbei in dem Economiser sehr hoch und zwar nahezu bis auf seine Siedetemperatur im Kessel erhitzt werden.

Bei ganz gut gebauten Kesselanlagen beträgt die Wärme der Essengase etwa 16 bis 18 Prozent, bei gewöhnlichen Kesselanlagen etwa 25 Prozent des Heizwertes der Kohle. Man nennt diesen Wärmeverlust kurz den **Schornsteinverlust**.

Hieraus ist ersichtlich, daß der Wirkungsgrad der Dampfkesselheizung nicht nur von dem Kohlen säuregehalt oder der Zusammensetzung der Heizgase im Feuerraum, sondern auch von deren Temperatur, gemessen am Kesselende, abhängig ist. Im Feuerraum soll die Temperatur möglichst hoch, am Kesselende hingegen, und zwar als Folge der Wärmeabgabe der Heizgase an den Dampfkessel, möglichst niedrig sein. Der Heizer hat, solange er keinen Fehler begeht, indem er etwaige Undichtheiten am Kesselgemäuer nicht beseitigt, keinen Einfluß auf die Temperatur der Abgase im Essensuchs; denn letztere richtet sich nach der jeweiligen Kesselbeanspruchung; sie ist hoch bei einem überlasteten Kessel, wobei eine hohe Temperatur im Feuerraum entsteht und in den Kesselzügen erforderlich ist, um den nötigen Dampf zu erzeugen. Beträgt bei einer solchen Kesselanlage die Abgastemperatur etwa 400° Celsius (was sehr hoch ist und einen sehr großen Schornsteinverlust bedeutet), so ist es Aufgabe der Betriebsleitung, etwa durch Aufstellung eines Rauchgasvorwärmers, die in den Abgasen enthaltene Wärme noch auszunützen und hierdurch den Schornsteinverlust herabzumindern.

In gut geleiteten Betrieben wird daher auch die Temperatur der Abgase im Essensuchs gemessen und registriert, wozu man sich geeigneter Thermometer bedient. Aus diesen Temperaturmessungen kann dann nach der Siegertschen Formel¹⁾ der jeweilige Schornsteinverlust genügend genau berechnet werden, was aber Aufgabe der Ingenieure ist. Die Thermometer sind entweder Quecksilber-

1) $V_s = \frac{T - t \cdot 0,65}{K}$ für Steinkohle und Braunkohle unter 10 Prozent Wassergehalt; wo-

bei: T = mittlere Temperatur der Abgase; t = Lufttemperatur im Kesselhause; K = der festgestellte mittlere Kohlen säuregehalt; V = Schornsteinverlust in Prozenten. In manchen Kesselhäusern sind auch Rauchgasrechenschieber in Gebrauch, mit denen sich der Schornsteinverlust aus den Temperatur- und Kohlen säuremessungen schnell errechnen läßt und letzterer laufend notiert wird.

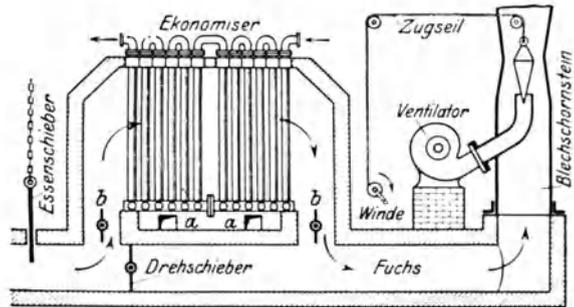
thermometer (siehe Seite 77) oder elektrische Pyrometer. Erstere sind nur für vorübergehende Messungen zu gebrauchen, während letztere auch zu dauernden Temperaturmessungen verwendet und mit einer Registriervorrichtung ausgerüstet werden.

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 (Abb. 53 Seite 61) ist die verbreitetste Art des künstlichen Zuges. Die Gase werden bei demselben 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-



und Druckleitung des Ventilators für diese Zwecke verstellbare Drosselklappen vorhanden. Der Essenschieber dient in diesen Fällen vor allem zum völligen Ab sperren der Kessel und zur Regelung, wenn mehrere Dampfkessel an eine gemeinsame Zuganlage angeschlossen sind. Bei hohen Abgastemperaturen — etwa von 200° 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 belästigt wird; besondere Einbauten, wie beim indirekten Saugzug, sind jedoch nicht erforderlich.

Bei dem **indirekten Saugzug** (auch Schwabachzug genannt) (Abb. 54) 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 vom Ventilator erzeugte Luftstrom die Heizgase — genau wie im Injektor das Wasser — aus den Kesselzügen ansaugt und mit dem Frischluftstrom ins Freie befördert. Der Schornstein ist nicht gemauert, sondern besteht aus einem schmiedeeisernen Rohr von 15 bis 20 Meter Höhe und ist in der Nähe der Mündung des Rohres vom Ventilator konisch zusammengezogen. Die Zugstärke wird geregelt, indem man einen regel-

Abb. 54. Künstliche Saugzuganlage (Schwabachzug) mit eisernem Schornstein, Ventilator und Zugregler. a = Reini gungsöffnungen für die Ökonamiserkammer; b = Dreh schieber. Werden die drei Drehschieber waagrecht eingestellt, so ziehen die Heizgase nicht durch die Ökonamiserkammer, sondern unmittelbar nach dem Schornstein ab.

förmigen Verdrängkörper mehr oder weniger tief in die Mündung des Ventilatorrohres im Schornstein hineinsetzt. Je tiefer der kegelförmige Körper, der an einem Drahtseil hängt, mittels einer kleinen Winde in das Rohr hineingelassen wird, um so geringer wird dessen freier Querschnitt an der Mündung und um so weniger kommt die Ventilatorwirkung zur Geltung, d. h. der Essenzug 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 Essenzug 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 schnelllaufende 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 Essenzug 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 beträchtlich erhöhen kann, so daß die auf dem Kofst verbrannte Kohlenmenge und die im Kessel erzeugte Dampfmenge sehr groß werden. Der künstliche Zug eignet sich daher auch 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 Essenzug, deren Temperatur auf 130 bis 150° Celsius ermäßigt werden kann, während sie beim gewöhnlichen Schornsteinzug, wie wir sahen, 200 bis 250° 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 Essenzug die Verfeuerung von geringwertigen Brennstoffen. Durch die lebhaftere Verbrennung wird ferner die Temperatur im Feuerraum gesteigert und infolgedessen bei geeigneter Kofstbeschickung die Rauchverbrennung erleichtert. 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 Eonomisers, 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). Abb. 53 Seite 61 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 durch zu hohe Beanspruchung beschädigt werden.

Das Pufferrohr. Bei den Lokomobilen und Lokomotiven kann der niedrige eiserne Schornstein den nötigen Zug in der Feuerung überhaupt nicht allein erzeugen. Man bringt deshalb in der hinteren Rauchkammer 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 reißt die in der Rauchkammer befindlichen Heizgase kräftig mit sich fort und zum Schornstein hinaus, wodurch auch in der Feuerung ein sehr lebhafter Zug entsteht. Damit das Feuer beim Stillstand der Lokomotiven angefaßt werden kann, erhält das Blaserohr, auch Puster genannt, eine Zuleitung von direktem Dampf aus dem Kessel.

9. 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 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 (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 Nachbarraum übertreten und letzterer würde sich nicht wesentlich 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 das 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

Riesel Erde, Kork, Seidenzöpfe usw. Die Art des jeweilig zu verwendenden Isoliermittels richtet sich nach der Temperatur des Dampfes. Bei Rohrleitungen mit hocherhitztem Dampfe von etwa 300° 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 Kesselwassers setzt sich in den Feuerzügen eine Rußschicht auf den Kesselblechen fest. Da der Ruß schwer brennbar ist, bleibt er während des Kesselbetriebes haften, und nur im Feuerraume direkt über dem Roß kann er sich infolge der hohen Temperatur nicht halten und verbrennt. Von den übrigen Kesselwandungen kann man Ruß natürlich nur gelegentlich der Kesselreinigung entfernen. Bei den aus vielen engen Rohren zusammengesetzten Speisewasservorwärmern in dem Essenzuge — den sog. Economisern — beseitigt man, um eine höhere Erhitzung des Speisewassers im Vorwärmer zu erreichen, den Ruß durch mechanisch angetriebene auf- und abwärtsgehende Rußträger. 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 kohlenfauren Kalk und die kohlenfaure Magnesia, in sich aufzulösen. Es enthält da in doppeltkohlenfauren Kalk und doppeltkohlenfaure Magnesia. Erhitzt man ein solches Wasser, so scheidet die anfängliche Kohlenäure wieder in Gasform aus; die Fähigkeit des Wassers, den kohlenfauren Kalk und die kohlenfaure Magnesia in Lösung zu behalten, geht verloren, und diese Bestandteile setzen sich an den Kesselwänden als Kesselstein ab. Der kohlenfaure Kalk heißt mit dem gewöhnlichen Ausdruck Kalkstein, die kohlenfaure Magnesia Magnesit. Beide kommen miteinander verbunden vor und bilden ganze Gebirgszüge. Bei ihrer starken Verbreitung gibt es kaum ein Wasser, in welchem sie nicht enthalten sind. (Aus dem Kalkstein wird durch Brennen der Maurerkalk hergestellt, der auch zur Wasserreinigung benützt wird. Siehe weiter unten.) 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 wenigen 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 Ausschneiden 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 kohlensaure 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 den 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.

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 kohlensaurem Ammoniak) vermischt und dann in bestimmten Mengen dem Kesselwasser hinzugegeben. Eine Wirkung ist diesen Mitteln insofern nicht abzusprechen, 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 Kalksteinverhütung beruht auf der Anwendung einer petroleumhaltigen Flüssigkeit, in der das Petroleum in sehr feinen Tropfen verteilt ist (eine sog. Emulsion). Dieses Mittel ist für den Kessel und die Armatur vollkommen unschädlich. Seine Wirkung besteht darin, daß es eine Vereinigung und Kristallisation der Kesselsteinbildner im Augenblicke ihres Ausschneidens aus dem Wasser verhindert und deren Abscheidung 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 gelöchtem **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 im 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, Rotfilter, 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 2 bis 3 Stunden er-

forderlich. Filtriert man das Wasser schneller, so ist eine nachträgliche Schlammausfällung aus dem Speisewasser im Kessel unausbleiblich. Will man auch diese, an sich meist unbedenkliche Schlammabildung 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 hinzu und begnügt sich damit,

die Härte des Kesselwassers auf etwa 3 bis 4 Grad zu vermindern.

Abb. 55 stellt einen Wasserreinigungsapparat der Firma Reisert, Köln-Braunsfeld, dar. Das Kessel Speisewasser 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 Riesfilter F, der den vom Wasser mitgeführten Schlamm zurück-

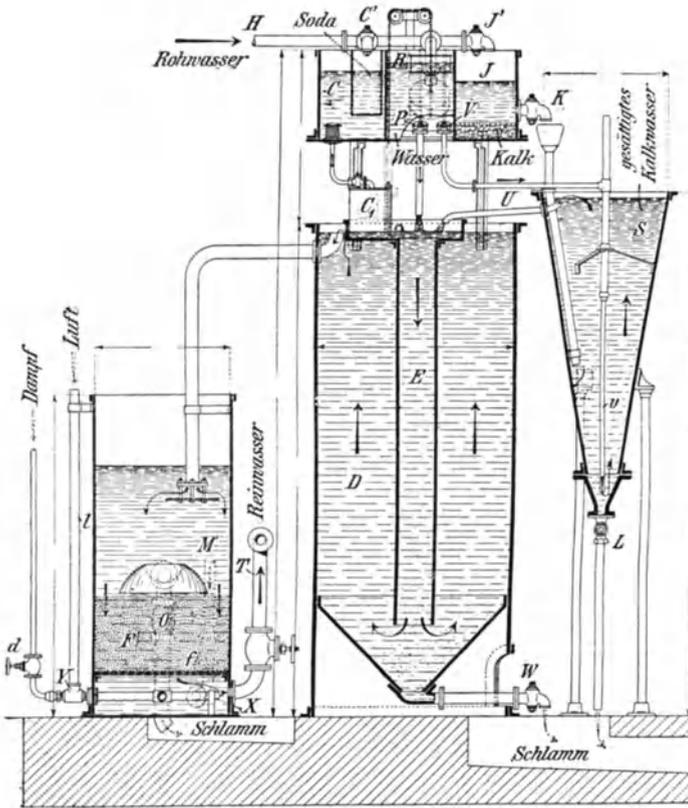


Abb. 55. Speisewasserreiniger nach dem Kalk-Sodaverfahren mit Kalkfälliger (rechts) und Filtrierapparat (links).

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 Hahnes C' mit Wasser zu füllen ist, aufgelöst und zu diesem Zwecke in einen Blechkorb in 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 Siphon- oder Heberrohr) in das Mischrohr E. Dieses Siphonröhrchen, 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 fällt dieser Schwimmer und zieht das Siphonröhrchen höher, so daß auch weniger Sodawasser aus dem Behälter C₁ abläuft. Tritt kein Rohwasser in den Apparat, fällt der Schwimmer noch weiter, das Siphonröhrchen wird sehr hoch gezogen und der Zufluß des Sodawassers hört ganz auf.

Der Kalk wird im Behälter J zu einer Kalkmilch angerührt. Da sich aber diese nicht, wie die Sodalösung, in einem gleichmäßigen Zufluß antworten läßt, weil sich der Kalk in dem ruhigen Wasser zu Boden setzen würde, wird sie mittels des Hahnes H in den konischen Behälter S — den sog. Dervaux'schen Kalkfättiger 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 niederfallenden 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 zur Folge, daß die Härte eines jeden Wassers schwankt.

Bei der Speisewasserreinigung mittels Soda und Kalk verbleiben im Wasser einige mit der Soda verbundene Stoffe in gelöster Form (Glaubersalz), die sich im Laufe der Zeit stark anhäufen und sich durch Auschwitzgen 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 Auschwitzgen dieser Krusten an den Nietstellen auf, so ist nicht etwa das Blech durch Soda oder Kalk be-

schädigt, 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.

Bei kleinen und mittleren Kesselanlagen wird das Speisewasser bloß mit Soda gereinigt; bei großen Anlagen wird der Kalkzusatz verwendet, weil hierdurch der Sodazusatz verringert wird und die Kosten für die Speisewasserreinigung niedriger werden. Bei Verwendung von Soda und Kalk ist eine öftere Reinigung des Filters infolge der Kalkschlammablagerung erforderlich.

Jedem Speisewasserreinigungsapparat werden eine genaue Betriebsanleitung sowie Probiergläser 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. Im übrigen ist zu empfehlen, die Wasserreinigungsanlage jährlich ein- oder zweimal durch einen Spezialchemiker überprüfen zu lassen; die hierfür aufgewendeten Kosten sind im Verhältnis zu den Ersparnissen an Chemikalien und den sonstigen Vorzügen einer geordneten Wasserreinigung gering.

Die Speisewasserreinigung mit Soda macht sich im Betriebe gut bezahlt; der Kesselsteinanfaß im Kessel wird durch dieselbe ganz wesentlich verringert, wenn nicht ganz vermieden, so daß der Kessel seltener gereinigt oder bloß ausgeschlammt zu werden braucht; auch ergeben sich durch die Verringerung oder durch den gänzlichen Wegfall des Kesselsteins im Kessel Kohlenersparnisse. Die Betriebskosten für die Wasserreinigung mit Soda sind ziemlich gering. Bei einem Dampfkessel von 100 Quadratmeter werden täglich etwa (je nach der Härte in der Menge des Speisewassers kommen selbstverständlich Abweichungen vor) 2 Kilogramm Soda verbraucht und machen die jährlichen Ausgaben etwa 200 Mark aus, während die einmalige Reinigung eines solchen, ohne Wasserreinigung betriebenen Dampfkessels einige hundert Mark kostet.

Die **Kesselsteinausscheideapparate** sind im Dampfraume 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 die Nähe des Abschlammventiles führt, wo sich der zeitweilig auszublase Schlamm absetzt. Die Apparate müssen öfter gereinigt werden. Ferner ist möglichst andauernd zu speisen, da sich bei zeitweilig aussehender Speisung die Speiseleitung infolge ihrer im Dampfraum 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. Sehr häufig sind sie übrigens nicht.

Zur **Bestimmung der Härtegrade eines Wassers** und zur Kontrolle der Wasserreinigung sind (in Apotheken) eine ganz bestimmte alkoholische Lösung von Marceller Seife und in Grade eingeteilte Meßgläser käuflich und werden jeder Speisewasserreinigungsanlage beigelegt. Aus dem Meßglase, das in Kubikzentimeter eingeteilt ist, setzt man dem zu untersuchenden Kesselwasser so lange Seifenlösung zu, bis sich beim Umschütteln ein feinbläufiger Schaum bildet, der stehen bleiben muß. Muß man beispielsweise in 100 Kubikzentimeter Wasser 5 Grad

(= 5 Kubikzentimeter) Seifenlösung aus dem Meßglase bis zur Schaumbildung zugießen, so hat das Wasser 5 Härtegrade. Man betrachtet in diesem Falle die Wasserreinigung als genügend. Bildet sich der Schaum erst bei einem Zusatz von etwa 10 Kubikzentimeter Seifenlösung, so ist das Wasser für den Kesselbetrieb noch zu hart und es muß der Heizer den Sodazusatz im Wasserreinigungsapparat erhöhen. Es sei noch bemerkt, daß die Soda und der Kalk dem Kesselblech nicht schaden und, wenn sie nicht im Übermaß verwendet werden, auch die Armaturen nicht angreifen.

Die Gefährlichkeit des ölhaltigen Speisewassers. Häufig wird wegen seiner hohen Temperatur auch das Kondensationswasser aus der Dampfmaschine zum Kesselspeisen verwendet. Hiermit wird zweifellos eine Kohlenersparnis erzielt; doch muß das Wasser vorher sorgfältig vom Ölgehalt befreit werden. Öle, Fette, Talg sind dem Kessel schädlich und höchst gefährlich. Sie zerlegen sich im Kessel teilweise zu Ölsäure, die 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 Ölfarbanstriche auf der Wasserseite der Kesselbleche sind gefährlich. Am Flammrohre sind wiederholt Anfreßungen an den Stellen beobachtet worden, wo sie mit einem aus Öl-

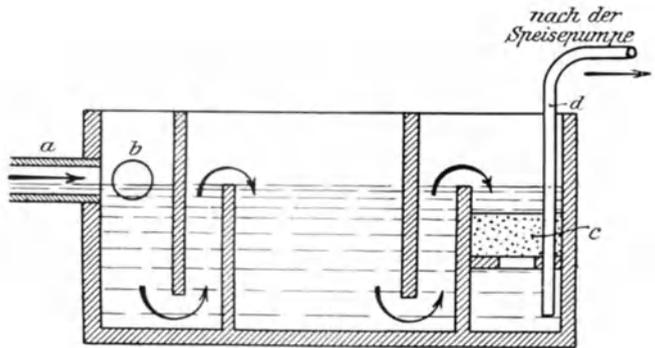


Abb. 561). Behälter mit Filter zum Entölen des Speisewassers.
b = Überlaufrohr, c = Filter.

farbe 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, dürfen überhaupt nicht als Kesselspeisewasser benutzt werden. Zum Entölen des Kondensationswassers aus der Dampfmaschine kann der nebenstehend skizzierte Behälter (Abb. 56) mit Querwänden benutzt werden, der im letzten Teil einen herausnehmbaren Filtereinsatz von 250 bis 300 Millimeter Höhe enthält. Als Filtermaterial eignen sich vorzüglich Sägespäne, doch können auch gebrochener Kots oder Holzbohle 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.

Nach neueren Forschungen neigt man zu der Ansicht, daß nicht das Öl, sondern der Schlamm und sonstige Verunreinigungen der gefährliche Teil der Kruste seien. Reines Öl in reinem Wasser sei unschädlich (Zeitschrift des Vereins deutscher Ing. 1919, S. 1076). **Destilliertes Wasser**, das bei Dampfturbinen und Schiffs-

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

anlagen verwendet wird, enthält zwar keine gelösten festen Bestandteile, saugt aber gierig Luft auf und kann dann Blechanzehrungen zur Folge haben; Luftabluß ist daher bei seiner Verwendung Bedingung.

Das Ausklopfen des Kessels. Damit sich der Kesselstein beim Ausklopfen leicht ablöst, streicht man den Kessel vor der Inbetriebnahme innen mit einem Anstrich aus, der aus 1 Kilogramm Graphit, 2 Kilogramm Milch und 20 Gramm Karbolsäure besteht. Der Graphitanstrich verhindert das Festbrennen des Kesselsteins, so daß letzterer beim Klopfen mit dem Hammer leicht abblättert. Nach dem Anstreichen ist mit dem Füllen des Kessels mit Wasser zu warten, bis der Anstrich eingetrodnet 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 Ablättern des Kesselsteins, es schreckt aber auch die Kesselbleche so schnell ab, daß die Nietnähte häufig undicht werden.

Die Schneide der Klopshämmer darf nicht zu schlank, sondern muß eher kolbig sein, damit die Bleche nicht durch scharfe Hammerschläge beschädigt werden. Wenn

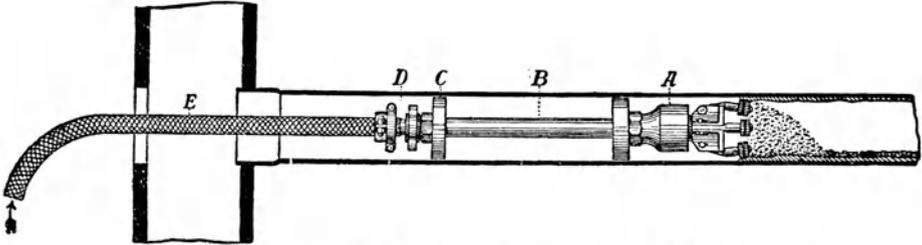


Abb. 57. Siederohrreiner von Guß. Schick, Dresden-M., im Gebrauch.

die Kesselsteinkruste dünn ist, darf mit den Klopshämmern nicht heftig zugeschlagen werden. Siebfurchen dürfen beim Kesselsklopfen 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 Turbinenreiniger, die aus mehreren Rollenfräsern bestehen, welche durch einen Wasserstrahl von 8 bis 12 Atmosphären Druck in Umlauf gesetzt werden, wobei der an der Rohrwand haftende Kesselstein entfernt und fortgespült wird (Abb. 57). 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, andernfalls der Kesselstein von den Arbeitern erfahrungsgemäß ungenügend entfernt wird. Man kann hierzu einen kleinen elektrisch betriebenen Exhaustor benutzen, der bei Flammrohrkesseln vor das untere Mannloch gestellt wird und die schlechte Luft aus dem Kessel heraussaugt. Vielfach wird aber auch ein Rohr von 150 Millimeter lichter Weite verwendet, das durch das obere Mannloch in den Kessel hineintragt und mit dem anderen Ende in den Essenfuchs mündet, so daß die Entlüftung durch den Schornstein 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.

10. 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 oder 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 erstarzt, 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 nur 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 Wärme-einheiten (Kalorien siehe Seite 18).

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 Atmosphären Druck arbeitet, so geht das Wasser in diesem Kessel nicht etwa bei 100° Celsius, sondern erst bei 164,2° in Dampfform über (siehe Spalte 3 der Tabelle auf Seite 78). 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 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. Z. B. erreicht man in den Milchcondensieranstalten dadurch, daß man den Wasserdampf über der einzukochenden 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 ausscheidet.

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 78).

Die Thermometer und Pyrometer. Dieser Satz gilt natürlich auch für andere Flüssigkeiten als Wasser. Für den Dampfkesselbetrieb bemerkenswert ist seine An-

wendung 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, die man auch Pyrometer nennt, nicht zu lange diesen hohen Temperaturen aussetzen, da bei letzteren selbst schwer schmelzbares Quarzglas doch etwas aufweicht und infolge des Stickstoff- oder Kohlensäuredruckes ausgedehnt wird, so daß die Instrumente bei einer nicht sorgsamten Behandlung mit der Zeit immer unrichtigere Angaben liefern.

Für gewöhnliche Temperaturmessungen benutzt man das Celsius- und das Reaumurthermometer, bei ersterem ist die Skala zwischen dem Gefrier-Nullpunkt und dem Siedepunkt des Wassers in 100, bei letzterem in 80 Grade eingeteilt. Das Reaumurthermometer ist wenig in Gebrauch (sprich Reomür).

Tabelle über die Eigenschaften des gesättigten Wasserdampfes.

Überdruck in Atmosphären (steht am Manometer)	Absoluter Druck in Atmosphären	Temperatur in Grad Celsius	Flüssigkeitswärme in Wärme-einheiten für 1 kg Wasser	Verdampfungswärme in Wärme-einheiten für 1 kg Dampf	Gesamtwärme in Wärme-einheiten für 1 kg Dampf	Wieviel 1 cbm Dampf wiegt in kg	Wieviel 1 kg Dampf Raum einnimmt in cbm	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Kann nur mit dem Barometer gemessen werden	0,10	45,3	45,3	571,4	616,7	0,0663	15,08	
	0,20	59,7	59,6	563,1	622,7	0,1282	7,80	
	0,50	80,9	80,8	550,4	631,2	0,2517	3,29	
	1,00	99,1	99,1	539,1	638,2	0,5811	1,721	
	0,2	1,20	104,25	104,3	536,5	640,8	0,6892	1,451
	1	2	119,6	119,9	525,7	645,6	1,1086	0,902
	2	3	132,9	133,4	516,1	649,5	1,6155	0,619
	3	4	142,9	143,8	508,7	652,5	2,1231	0,4710
	4	5	151,1	152,0	503,2	655,2	2,6158	0,3823
	5	6	158,1	159,3	498,0	657,3	3,1075	0,3218
	6	7	164,2	165,5	493,8	659,3	3,5997	0,2778
	7	8	169,6	171,2	489,7	660,9	4,0816	0,2450
	8	9	174,6	176,4	486,1	662,5	4,5574	0,2194
	9	10	179,1	181,2	482,6	663,8	5,0505	0,1980
	10	11	183,2	185,4	479,8	665,2	5,5096	0,1815
	11	12	187,1	189,5	476,9	666,4	5,9952	0,1668
	12	13	190,8	193,4	474,1	667,5	6,4767	0,1544
	13	14	194,2	197,0	471,4	668,4	6,9348	0,1442
	14	15	197,4	200,4	468,9	669,3	7,4075	0,1350
15	16	200,5	203,7	466,6	670,3	7,8616	0,1272	
19	20	211,45	215,4	457,4	672,8	9,6619	0,1035	
20	21	213,9	218,0	455,3	673,3	10,152	0,0985	
24	25	223,0	227,9	447,7	675,6	12,063	0,0829	
29	30	232,9	238,6	439	678	14,368	0,0696	
39	40	249,3	257,0	422,5	680	19,084	0,0524	

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 Wärmemenge 537 Wärmeinheiten zuführen (Spalte 4

der Tabelle). Will man Dampf von 6 Atmosphären Dampf erzeugen, so siedet das Wasser erst bei $164,2^{\circ}$ Celsius (obige Tabelle Spalte 3), und es sind zur Verdampfung des 164° warmen Wassers 493,8 Wärmeeinheiten nötig, d. h. die Verdampfungswärme des Wassers beträgt bei 6 Atmosphären Druck 493,8 Wärmeeinheiten.

Die Gesamtwärme des Dampfes setzt sich demnach aus der Flüssigkeitswärme und der Verdampfungswärme zusammen. Sie beträgt nach vorstehender Tabelle für 1 Kilogramm Dampf

von 0 Atm. Überdruck, d. h. wenn sein Druck gleich dem Luftdruck ist	99,1 + 539,1 = 638,2 W. E.
von 0,2 Atm. Überdruck, d. i. ungefähr der Druck des Auspuffdampfes bei Dampfmaschinen . . .	104,3 + 536,5 = 640,8 W. E.
von 5 Atm. Überdruck	159,3 + 498 = 657,3 W. E.
von 12 Atm. Überdruck	193,4 + 474,1 = 667,5 W. E.

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

Beispiel: Ein Dampfkessel hat bei einem Betriebsdruck von 12 Atmosphären Überdruck in einer Stunde 2500 Kilogramm Wasser von 15° Celsius verdampft, wobei 400 Kilogramm Steinkohle von je 6600 Wärmeeinheiten verbraucht worden sind.

Zur Umwandlung von 1 Kilogramm Wasser von 15° Celsius in Dampf von 12 Atmosphären sind erforderlich:

$$193,4 - 15 + 474,1 = 652,5 \text{ W. E.}$$

Zur Umwandlung von 2500 Kilogramm Wasser von 15° Celsius in Dampf von 12 Atmosphären sind erforderlich:

$$652,5 \cdot 2500 = 1\,631\,250 \text{ W. E.}$$

Wenn 1 Kilogramm Kohle 6600 W. E. enthält, so enthalten 400 Kilogramm Kohle

$$6600 \cdot 400 = 2\,640\,000 \text{ W. E.}$$

Es wurden demnach aus der Kohle nutzbar gemacht:

$$1\,631\,250 : 2\,640\,000 = 0,62 = 62 \text{ Prozent (abgerundet).}$$

Je höher der Dampfdruck ist, um so besser wird die wärmewirtschaftliche Ausnutzung der Kesselanlage; der Heizer soll daher den Dampfdruck immer auf der zulässigen Höchstgrenze, für welche der Dampfkessel gebaut ist, halten. Nehmen wir an, es arbeite eine Dampfmaschine mit Auspuffbetrieb, so muß der Auspuffdampf eine Spannung gleich dem äußeren Luftdruck vermehrt um den Widerstand haben, den er in den Zylinderkanälen und im Auspuffrohr hat; d. h. gewöhnlich beträgt die Spannung des Auspuffdampfes 0,2 Atmosphären Überdruck.

In 1 Kilogramm Dampf von 0,2 Atmosphären Überdruck sind enthalten: 640,8 Wärmeeinheiten, die also unvermeidbarerweise bei jeder Auspuffmaschine verloren gehen, wenn keine weitere Ausnutzung des Dampfes (etwa in einem Speisewasservorwärmer oder in einer Heizung usw.) erfolgt. Arbeitet die Dampfmaschine mit Dampf von 5 Atmosphären Überdruck, dessen Wärmegehalt 657,3 Wärmeeinheiten pro Kilogramm beträgt, so wird in der Maschine nur das Wärmegefälle von 5 auf 0,2 Atmosphären Überdruck nutzbar gemacht, d. i.

$$657,3 - 640,8 = 16,5 \text{ W. E.} = 2,5 \text{ Prozent.}$$

Arbeitet die Dampfmaschine mit 12 Atmosphären Überdruck, so beträgt das in der Maschine nutzbar gemachte Wärmegefälle $667,5 - 640,8 = 26,7$ W. E. = 4,0 Prozent, also über die Hälfte mehr als bei 5 Atmosphären Betriebsdruck; während der Kohlenverbrauch für die Steigerung des Kesseldruckes von 5 auf 12 Atmosphären nur ganz unwesentlich höher ist. Es gilt daher allgemein, daß mit zunehmendem Dampfdruck der Dampfverbrauch einer Dampfmaschine und der Kohlenverbrauch der Kesselanlage abnehmen.

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 Erlöschen des Feuers, wenn die Dampfentwicklung verlangsamt oder aufhört, auch der Wasserpiegel 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 Edel Dampf genannt, entsteht aber erst, wenn man gesättigten Dampf dem Kessel entnimmt und für sich noch weiter überhitzt, was in den sog. Dampfüberhitzern geschieht. Der erhitzte 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 und dünner als gesättigter Dampf. Er hat 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.

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 Heizgasen bestrichen wurden. Die damit erreichbare Dampfüberhitzung erwies sich jedoch namentlich für hochgespannten Kesseldampf nicht genügend wirksam, und es mußten auch die Überhitzer eine verhältnismäßig große Oberfläche erhalten. Man machte daher die Überhitzer bald kleiner und verlegte sie gegenwärtig etwa in die Mitte der Essenzüge, wo sie sehr heißen Heizgasen mit einer Temperatur von etwa 500 bis 700° Celsius ausgesetzt sind, also bei Flammrohrkesseln dicht hinter die Flammrohre und nicht etwa dorthin, wo die

Seizgase in den Essenfuchs eintreten. Auf diese Weise erreicht man eine sichere Überhitzung des Dampfes.

Die Dampfüberhitzer wurden früher aus einem besonderen Gußeisen hergestellt. Die Rohre erhielten bei einer Weite von etwa 150 Millimetern außen nach der Art der Rippenheizrohre Querrippen und innen Längsrippen, die die Wärme auch in den innern Kern des Dampfstromes übertragen sollten.

In neuerer Zeit werden die Überhitzer aus einer Anzahl nebeneinander liegender, schmiedeeiserner, nahtlos gewalzter Rohre von 30 bis 45 Millimeter äußerem Durchmesser und 3 bis 4 Millimeter Wandstärke verwendet (Abb. 58). Die Rohre sind schlangen- oder spiralförmig gebogen und an den freien Enden mit querliegenden Dampfammern oder Sammellohren durch Verschraubung oder Schweißung verbunden. Die beiden Dampfammern oder Sammellohre liegen außerhalb der Kesselzüge und bilden die Rohranschlüsse für die Rohrleitungen nach dem Kessel und nach der Dampfmaschine. Durch die vielen engen Rohrschlangen 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 nur mit einer Dampfammern ausgeführt, die aber durch eine innere Zwischenwand in zwei Teile geteilt ist. Wagerecht liegende Überhitzer (siehe Abb. 69) lassen sich leichter als senkrecht stehende (siehe Abb. 79) entwässern, doch werden auch letztere, je nachdem die Kesselbauart dies erfordert, angewendet. **Dampfüberhitzer mit direkter Feuerung** werden nur aufgestellt, wenn sich wegen Platzmangel keine Überhitzer in die Kesselzüge einbauen lassen. Man bringt sie bei langen Dampfrohrleitungen in einem kleinen Anbau nahe dem Dampfmaschinenhause an. Ihre Bedienung ist umständlich und erfordert viel Aufmerksamkeit, wenn die Temperatur des überhitzten Dampfes nicht allzu sehr 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 erhitzten 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

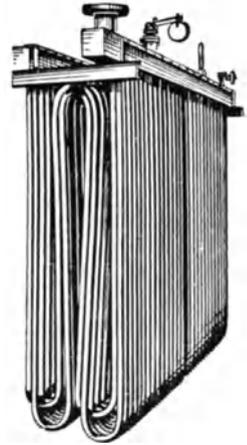


Abb. 58. Schmiedeeiserner Überhitzer von Hering, Nürnberg, mit senkrechten Rohrschlangen.

zu Zeit nötig ist, so schaltet man für kurze Zeit den Überhitzer aus und setzt das Thermometer einem Sattdampfströme aus. Es muß dann die dem jeweiligen Dampfdruck entsprechende aus Tabelle Seite 78 ersichtliche Temperatur anzeigen.

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

1. Die Überhitzerschlangen dürfen beim Anheizen und während des Betriebes nicht glühend werden, da sie sonst verbrennen oder ausbeulen und aufplatzen.

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 der erhitzten 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.

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 Gasströme, 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 lichte Durchmesser mit dem Wassertraume 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 (Abb. 82) 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 Dampftraume des Kessels muß während des Anheizens offen bleiben, damit der im Überhitzer entstehende Dampf nach dem Kessel übertreten kann. Soll der Betrieb beginnen, so schließt der Heizer zunächst die Verbindung des Überhitzers mit dem Wassertraum 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 Nach-

teil, 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 Kesselwasser rein ist oder 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 den Überhitzer nicht auf.

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 unbedingt und stets 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 dem 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 Dampfanlagen benutzt man stets hohe Überhitzungsgrade (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 anderen Ursachen, z. B. bei ungleichmäßiger Befuerung, eintreten, wirken nachteilig; namentlich zu hohe Überhitzung wirkt zersezend auf das Schmieröl ein und hat Beschädigungen der Laufflächen des Zylinders und der Kolbenringe zur Folge. Auch hält der zu hoch erhitzte Dampf die Überhitzerrohre nicht genügend kühl, so daß letztere erglühen und ausbeulen, was bei etwa 500 bis 600° 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) **Die Regelung 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 sog. 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. Das Mischen 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 Wandtemperaturen entstehen. Wenn daher auch sonst gegen das Mischen keine Bedenken entstehen, so darf es bei überanstrengten Überhitzern zur Vermeidung von Beschädigungen des Überhitzers doch nur als Aushilfsmittel Anwendung finden.

c) **Die Regelung der Überhitzung durch Abkühlung des überhitzten Dampfes.** Viel verbreitet ist der patentierte Heißdampfregler der Deutschen Babcock & Wilcox-

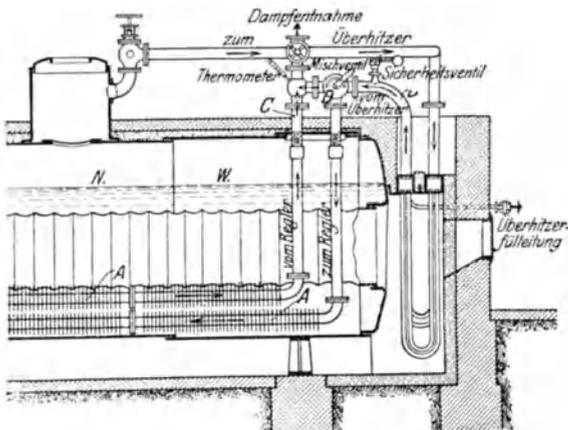


Abb. 59. Heißdampfregler der Deutschen Babcock und Wilcox-Werke.

Werke (Abb. 59). 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 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 ins-

besondere nicht angefressen ist; schreiten etwaige Anrostungen des Kühlers fort und wird er durchlässig, so besteht die Gefahr, daß in den Kühler Kesselwasser einbringt, 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 Abdampfspiesswasservorwärmer Abb. 150 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 in 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 Raßdampf leicht auftretenden Wasserschläge vermieden werden. Bei hohen Überhitzungstemperaturen müssen die Dampfmaschinen besonders konstruiert sein. Anfänglich, vor etwa 30 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 zersetzen 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 bis 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.

Verstopfungen der Überhitzerrohre bei unreinem Dampf. Gelangt der Dampf sehr naß in den Überhitzer, so bilden sich, falls nicht reines (destilliertes) Speisewasser verwendet wird, in den Überhitzerrohren im Laufe der Zeit Ablagerungen, die die Überhitzung wesentlich beeinträchtigen und mitunter die Überhitzerrohre fest verstopfen, so daß letztere aufplatzen. In solchen Fällen empfiehlt es sich, den Dampftraum 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 Dampf unreinigkeiten 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, 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 sog. **Überdruck**, im Gegensatz zu seinem **absoluten Druck**, das ist der Druck, den der Dampf ausüben würde, wenn man den äußeren Luftdruck etwa mit Hilfe einer Luftpumpe einmal hinwegnähme. Bei den Kondensationsdampfmaschinen wird der Auspuffdampf durch Wasser niedergeschlagen; man erhält daher im Zylinder ein Vakuum, wodurch der wirksame Dampfdruck auf den Kolben nahezu auf den absoluten Druck erhöht wird. Letztere wird hierbei jedoch nicht völlig erreicht, weil sich ein vollständiges Vakuum nicht erzielen läßt.

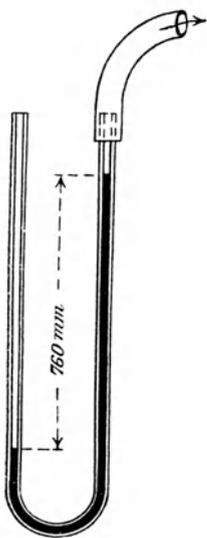


Abb. 60. Vorrichtung zum Messen des Luftdruckes mittels Quecksilberwäule.

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. Wie groß der Druck der Atmosphäre ist, ersieht man am besten aus folgendem Beispiel. Ein U-förmig gebogenes, an beiden Enden offenes Glasrohr (Abb. 60) sei etwa zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt. Da die Luft in beiden aufwärts stehenden Rohrschenkeln mit gleicher Schwere auf dem Quecksilber lastet, muß letzteres auch in beiden Rohrschenkeln gleich hoch stehen. Zieht man über das eine Glasrohrende den Gummischlauch einer Luftpumpe, und saugt man die über dem Quecksilber befindliche Luft mit der Luftpumpe ab, so wird das Quecksilber in dem anderen, offenen Rohrschenkel einseitig vom Gewicht der Luft belastet und in dem Rohrschenkel, der an die Luftpumpe angeschlossen ist, in die Höhe gedrückt. Im günstigsten Falle, das ist bei völliger Luftleere im Rohrschenkel b, beträgt der Höhenunterschied zwischen den Oberflächen des Quecksilbers in beiden Rohrschenkeln 760 Millimeter. Diesen Höhenunterschied nennt man den normalen Luftdruck. Füllt man das Glasrohr nicht mit Quecksilber, sondern mit Wasser, so wird das Wasser vom Luftdruck $13\frac{1}{2}$ mal so hoch wie das Quecksilber gehoben, da

letzteres $13\frac{1}{2}$ mal so schwer wie das Wasser ist. Die Wassersäule, die dem normalen Luftdruck das Gleichgewicht hält, würde dann $13\frac{1}{2} \times 760 \text{ mm} = 10,3$ 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 (lateinisch:) ein Vakuum.

Die Saughöhen der Pumpen, der Injektoren usw. können daher theoretisch die Höhe von 10 Metern nicht übersteigen; praktisch dürfen sie jedoch, da der Luftdruck das Wasser bis an 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. Beträgt beispielsweise die Temperatur des Speisewassers, welches eine Pumpe aus einem Sammelbehälter in den Kessel speisen soll, 60° Celsius, so würde das Wasser, wie wir aus Tabelle Seite 78 er-

sehen, fieden, also in Dampfform übergehen, wenn die Luftverdünnung, die beim Hochziehen des Pumpenkolbens im Saugrohr gebildet wird und das Nachziehen des Speisewassers bewirkt, $\frac{8}{10}$ der völligen Luftleere (einem absoluten Druck von 0,2 Atmosphären entsprechend) beträgt. Theoretisch könnte in diesem Falle die Saughöhe der Pumpe 8 Meter betragen, da jedoch die praktisch erreichbare Saughöhe immer um etwa ein Drittel hinter der theoretischen zurückbleibt, wird sie höchstens $5\frac{1}{3}$ Meter sein; aber auch diese wird noch zu einem öfteren Versagen der Pumpe führen. Heißes Wasser läßt man daher am besten der Pumpe zufließen, indem man letztere tief oder den Heißwasserbehälter hoch stellt, andernfalls entsteht beim Ingangsetzen der Pumpe in dem Saugrohr Dampf von niedriger Spannung (entsprechend der jeweiligen Wassertemperatur) und es funktioniert die Pumpe nicht.

Die Atmosphäre als Maßeinheit im Dampfkesselbetriebe. Der Luftdruck ist örtlich verschieden. Er ist um so größer, je höher die Lufthülle über der Erdoberfläche ist. Auf einer Bergspitze ist der Luftdruck niedriger als am Bergfuße, da die Lufthülle um die Bergeshöhe größer ist als dort. Die zum Messen des Luftdruckes benutzte Vorrichtung heißt Barometer. (Näheres darüber siehe in den Erläuterungen im Buche „Die Maschinistenschule“.) Bei Dampfmaschinen und Dampfturbinen mißt man die Luftleere in den Kondensationsanlagen mit einer dem Röhrenbarometer (Abb. 60) ähnlichen Vorrichtung, bei welcher das obere Ende eines der Rohrschenkel 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 Wassersäule von 10,3 Meter Höhe, die nach dem vorher Gesagten dem atmosphärischen Luftdruck das Gleichgewicht hält, einen Rauminhalt haben = 1 Quadratcentimeter \times 1030 Zentimeter = 1030 Kubitzentimeter = 1,03 Liter. Da nun 1 Liter Wasser 1 Kilogramm schwer ist, so würde der normale Luftdruck gleich dem Drucke von 1,03 Kilogramm auf 1 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 1 Kilogramm auf 1 Quadratcentimeter. Der Dampfkesselatmosphärenndruck ist demnach eine Kleinigkeit niedriger als der mittlere atmosphärische Luftdruck, und zwar ist er gleich dem Drucke einer 735 Millimeter hohen Quecksilbersäule oder einer 10 Meter hohen Wassersäule. 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.

11. Beschreibung und Bedienung der hauptsächlichsten Kesselarten.

Die allgemeinen Anforderungen an einen Dampfkessel richten sich nach den jeweiligen Platz- und Betriebsverhältnissen.

1. Der Dampfkessel soll möglichst viel Dampf entwickeln und eine recht wirksame Heizfläche bei möglichst kleiner Bodenfläche haben.

2. Es soll sich die Dampfspannung leicht auf gleichmäßiger Höhe halten lassen. Man benützt daher in Betrieben, in denen zu gewissen Tagesstunden große Dampfmen gen verbraucht werden und ein gleichmäßiger Dampfdruck für die Dampfmaschinen vorhanden sein muß, Kessel mit einem großen Wasserinhalt, die man auch Großwasserraumkessel nennt, im Gegensatz zu den Wasserrohrkesseln mit kleinem Wasserraume. Der große Wasserinhalt der Großwasserraumkessel wirkt bei plötzlich vermehrtem Dampfverbrauch als Regulator für die Dampferzeugung und ver-

hütet ein zu starkes und zu schnelles Fallen des Dampfdruckes. Wird einem Dampfkessel plötzlich mehr Dampf entnommen, als er zu erzeugen vermag, so gehen die Spannung und die Temperatur des Dampfes zurück. 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 78 bei einem Betriebsdruck von 7 Atmosphären im Wasserraum 20×171200 Wärmeeinheiten, im Dampfraum hingegen nur $6 \times 4,0816 \times 660,9 = 16185$ 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).

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 Dampfes, sondern zur Auscheidung des vom Dampf mitgerissenen Wassers. Er wird daher durch den Dampfdom oder Dampffammler vergrößert, an denen auch die Absperr- und Sicherheitsventile angebracht werden. Häufig wird zur Entwässerung des Dampfes im obersten Teile des Kessels ein geschlitztes oder gelöchertes wagerechtes Dampfentnahmerohr eingebaut (Abb. 87).

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 (Abb. 61) 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. Nietnähte dürfen nicht über dem Feuer liegen. Die Feuerplatte läßt man deshalb in der Längsrichtung über die beiden vordersten Schüsse reichen. Den Durchmesser dieser Kessel macht man selten größer als 1,5

Meter, die Länge bis zu 10 Metern. Kleine Walzenkessel erhalten nur einen Unterzug. Bei größeren Dampfkesseln teilt man entweder den Unterzug durch eine Mauerzunge in zwei Büge, oder man ordnet außer dem Unterzug noch zwei Seitenzüge an, in denen die Heizgase von hinten nach vorn und dann nach dem Schornsteinfuchs abziehen.

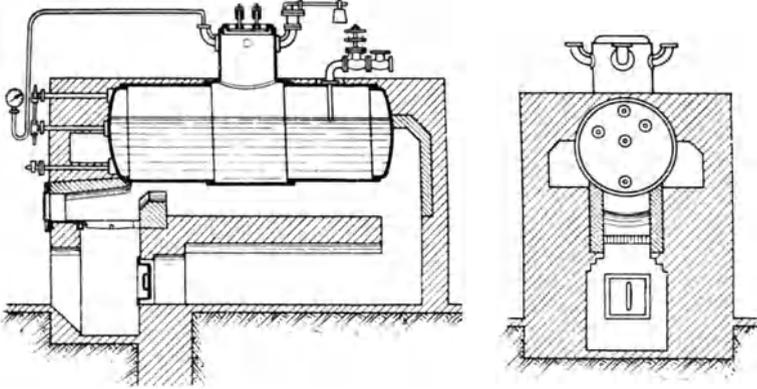


Abb. 61. Einfacher Walzenkessel von Sulzberger & Co. in Flöha.

Der einfache Walzenkessel besitzt von allen Kesselsystemen im Verhältnis zu seiner Heizfläche den größten Wasserraum. Er eignet sich daher für Betriebe mit nicht allzu großem, aber stark schwankendem Dampfverbrauche. Infolge seines großen Wasserpiegels und Dampfraumes liefert er ziemlich trockenen Dampf.

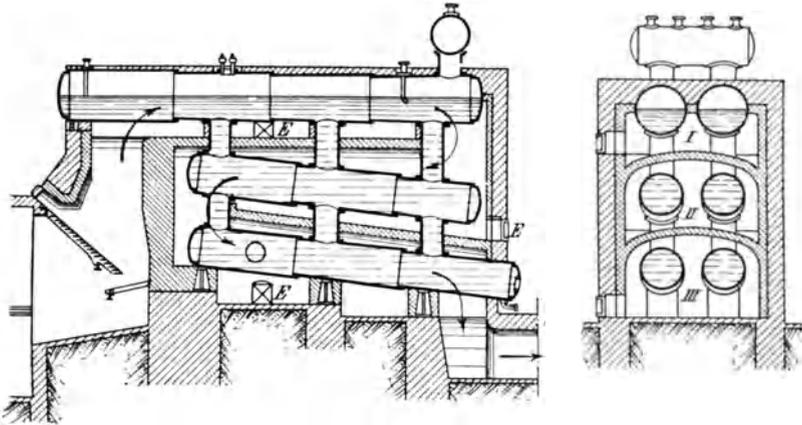


Abb. 62 und 63. Mehrfacher Walzenkessel von Gebr. Weißbach in Chemnitz, Abt. Sulzberger & Co. in Flöha.

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 Rost leicht durch Ausbeulen, Blechriffe, Blechabzehrungen usw. schadhast, da an dieser Stelle der meiste Dampf erzeugt wird, und das Wasser beim Nachströmen aus dem hinteren Kessel

den Schlamm nach vorn schleppt. Man wendet daher den Walzenkessel nur noch für kleine Kesselanlagen bis zu 25 Quadratmeter Heizfläche an.

Ein häufig angewendeter **mehrfacher Walzenkessel** ist in Abb. 62, 63 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. 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 Kohlen säureblasen ansetzen und nach kurzer Zeit Anrostungen entstehen. Mitunter

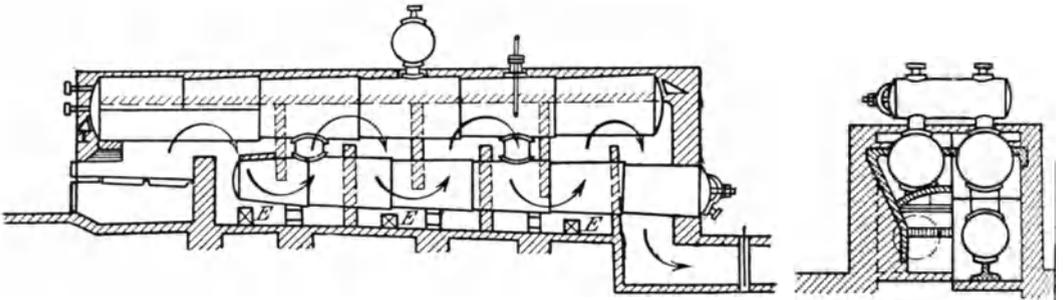


Abb. 64. und 65. Walzenkessel mit kammerförmiger Einmauerung.

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 die Kessel mit zwei Ober- und zwei Unterkesseln (Abb. 64, 65) ist die kammerförmige Einmauerung gebräuchlich, bei welcher die Feuer gasen 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 Essen zügen herauszuziehen. Der Dampf kessel muß also bei einer derartigen Einmauerung mindestens auf einer Längsseite freistehen. Die Öffnungen E bringt man möglichst dicht vor 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 Essen züge die Heiz gasen besser ausgenutzt werden. Er ermöglicht ferner, was namentlich beim Verfeuern von billigen Kohlen von Wert ist, auf die einfachste Weise den Einbau eines großen Kofes, erzeugt trockenen Dampf, eignet sich infolge seines großen Wasserraumes für Betriebe mit schwankendem Dampfverbrauch und ist bei der Kesselreinigung leicht befahrbar.

Der **Fenbrinkessel** ist ein mehrfacher Walzenkessel mit einem vorn quer eingebauten Walzenkessel, der mit den Längskesseln durch mehrere Stützen verbunden ist und ein oder zwei Feuerrohre hat, in denen die Schrägrostfeuerung (siehe Abb. 31) untergebracht ist. Er ist namentlich in Süddeutschland häufig angewendet (Abb. 66).

Der hauptsächlichste Nachteil der mehrfachen Walzenkessel besteht darin, daß sie neueren Kesselarten gegenüber noch zu viel Bodenfläche erfordern. Am häu-

figsten 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, doch wird er auch hier durch den Steirrohrkessel mit Wandlerrostfeuerung (Abb. 86, 87) verdrängt. Im übrigen wird er bis zu 100 Quadratmeter Heizflächengröße gebaut.

Ähnlich dem Walzenkessel ist der Batterieessel. 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 Dampffammler 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.

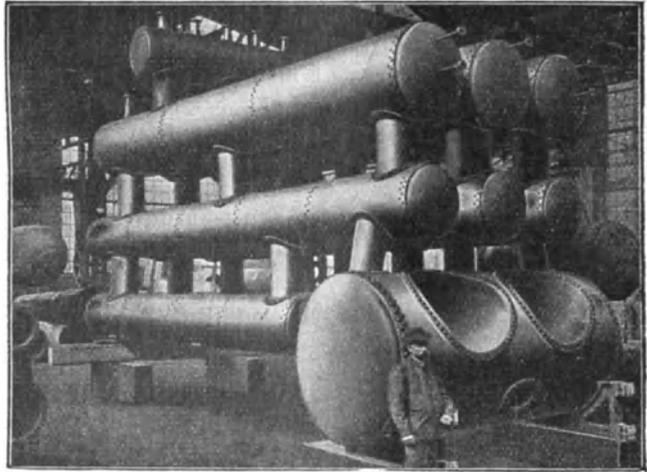


Abb. 66. Zehnbrinkessel der Firma M. Streicher in Stuttgart-Cannstatt

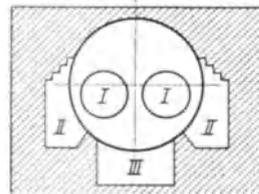
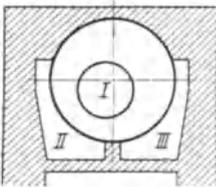


Abb. 67. Seitrohrflammrohrkessel. Abb. 68. Schnitt durch den Zweiflammrohrkessel.

Der Flammrohrkessel. Der Flammrohrkessel ist der gebräuchlichste aller Dampfkessel. Er besteht aus einem äußeren Walzenkessel mit zwei Kesselböden, durch welche zwei weite Rohre — die Flammrohre — hindurchgehen. Die Flammrohre dienen zur Aufnahme der Feuerung und werden von den Heizgasen durchströmt. Je nach der Zahl dieser Flammrohre unterscheidet man Ein-, Zwei- und Dreiflammrohrkessel. Bei dem Einflammrohrkessel (Abb. 67) 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 er-

leichtert. Auch bei den Zwei- und Dreiflammrohrkesseln müssen die Flammrohre so eingebaut werden, daß der Kessel leicht befahren und gereinigt werden kann. Beträgt der lichte Abstand der Flammrohre weniger als 250 Millimeter (in den meisten Fällen ist er erheblich kleiner), so muß die vordere Stirnwand unterhalb der Flammrohre noch ein Mannloch erhalten, oder man macht die letzten Flammrohrschüsse konisch und enger als die übrigen, so daß wenigstens an dieser Stelle der zum Befahren des unteren Kesselteiles nötige Abstand vorhanden ist.

Der Flammrohrkessel wird meist wagerecht verlegt, doch geben ihm auch einige Kesselfabrikanten eine Neigung nach der vorn angebrachten Ablassvorrichtung, damit er sich beim Ablassen vollständig entleert. Der Kessel wird auf gußeisernen Böden im untersten Zuge gelagert. Die Tragböden 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 Nietverbindungen 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 erhöhte Erwärmung der im Unterzuge gelegenen Kesselwände ungleichmäßige Spannungen in den Kesselblechen verhüte und den Wasserumlauf im Kessel fördere; sie hat sich aber nicht wesentlich eingeführt, weil die 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 infolge des kleinen Kesseldurchmessers sehr schmal ausfallen müßte.

Die Einmauerung mit einem Oberzuge, das ist ein Zug oben, über dem Dampf- raume 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 Trodnung 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 lichtigem Durchmesser und annähernder Kessellänge sind mit Vorsicht anzuwenden, da sie an denselben Nachteilen wie die Unterkessel der Walzenkessel 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 Jahr 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. Abb. 69 zeigt einen Flammrohrkessel mit Überhitzer aus der Kesselschmiede von Dschag, Meerane.

Die Flammrohre können sehr verschiedener Bauart sein. Man unterscheidet glatte Flammrohre, Stufenrohre, Flammrohre mit Gallowaystutzen und Wellrohrflammrohre. Die vorderen Flammrohrschüffe sind bei größeren Flammrohrkesseln in der Regel etwas weiter als die hinteren, damit ein breiter Rost eingebaut werden kann. Bei allen Flammrohrarten vermeidet man im Feuerraume Niet-

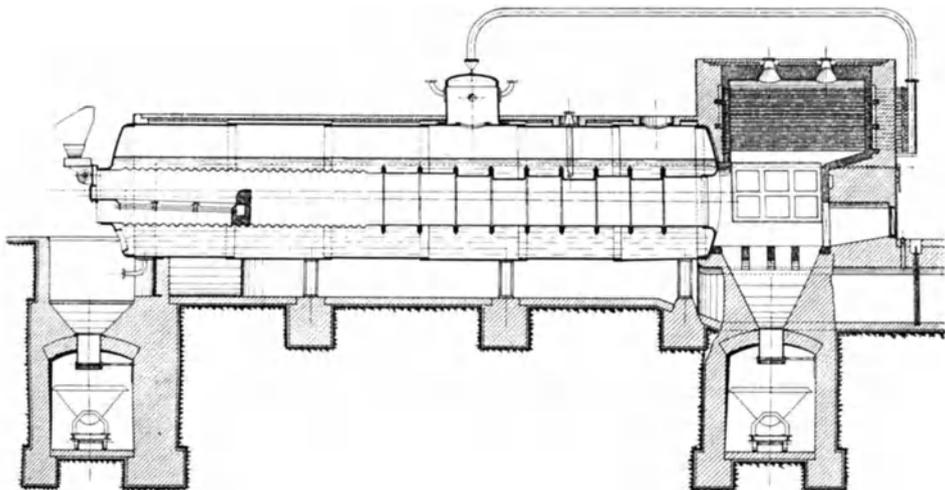


Abb. 69. Stufenrohrkessel mit wagerechtem Dampfüberhitzer von F. V. Dschak, Meerane.

verbindungen, und man läßt daher den ersten Flammrohrschuß bis hinter die Feuerbrücke reichen. Die glatten Flammrohre sind in der Längsnaht entweder geschweißt oder genietet. Die Längsnahte 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. Sie sind aber durch die Wellrohre verdrängt worden.

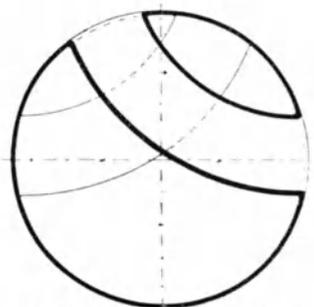


Abb. 70. Flammrohr mit gekrümmten Gallowayrohren.

Die Gallowayrohre (Abb. 70) sind die bereits früher erwähnten, in die Flammrohre quer eingesetzten Rohre, sog. Quersieder. Damit ausgerüstete Kessel nennt man Gallowaykessel (siehe Unterkessel in Abb. 79). 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, son-

bern gekrümmt geführt. 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 Kofst 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 1 Meter lichtigem Durchmesser müßte schon bei mäßigem Dampfdrucke eine Blechdicke von 15 Millimeter erhalten, während bei einem Wellrohr von 1500 Durchmesser noch 11 Millimeter ausreichen. Die Herstellung der Wellrohre erfolgt in der Weise, daß man glatte Blechplatten zunächst rollt und in der Längsnaht zusammenschweißt. Diese noch glatten Rohrtrommeln werden hierauf in glühwarmem 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 1 Quadratmeter Heizfläche eines Zweiflammrohrkessels können im Durchschnitt 25 Kilogramm Wasser verdampft werden; jedoch läßt sich bei großen Kesseln mit reichlichen Kofstflächen diese Wassermenge auf 30 und mehr Kilogramm steigern. Eine sehr wirksame Heizfläche sind die Flammrohre, die bei Innenfeuerung die gesamte strahlende Wärme des Feuers aufnehmen. Vorfeuerungen sind daher nur im äußersten Falle anzuwenden. Die Flammrohrkessel haben ferner die Vorzüge des Großwasserraumkessels, d. h. sie eignen sich für Betriebe mit schwankendem Dampfverbrauche und liefern infolge des großen Dampftraumes und des großen Wasserspiegels ziemlich trockenen Dampf. Sie ermöglichen infolge ihrer Einfachheit einen sicheren und ungestörten Betrieb, verursachen wenig Reparaturen und sind bei entsprechender Bauart für die innere Reinigung nicht allzu schwierig zugänglich. Über ihre Anwendbarkeit für große Anlagen gehen die Ansichten auseinander. Während sie vielfach vom Wasserrohrkessel verdrängt worden sind, da sie zu viel 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 (Abb. 71 und 72). 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 60mal 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

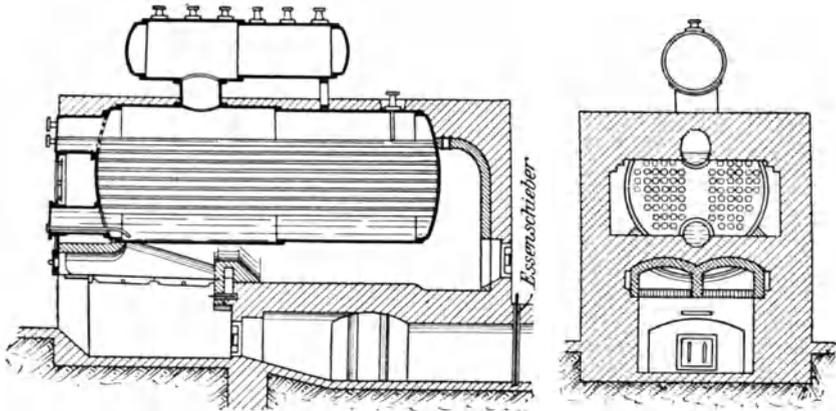


Abb. 71 und 72. Heiz-(Rauch-)Rohrkessel von Sulzberger & Co., Flöha.

genügend abgekühlt werden. Die Rohrenden stehen 3 Millimeter über den Kesselböden hervor. Einzelne Rohre werden zur Versteifung der Stirnböden als Anker-

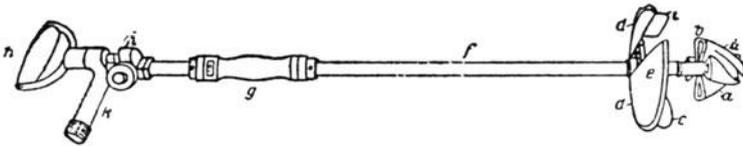


Abb. 73. Heizluft-Rußfegerapparat zum Reinigen der Rauchrohre von Fraissinet, Chemnitz.

rohre ausgebildet. Die Ankerrohre erhalten eine größere Wanddicke und werden entweder mit feinem Gewinde in die Rohrböden eingeschraubt oder eingewälzt und an den Enden außen umgebördelt. Manche Kesselfabriken bördeln zur Verminderung des Widerstandes für die Rauchgase auch die Heizrohre um. Des leichteren Einsetzens und Herausnehmens halber werden sämtliche Rohre an einem Ende 3 Millimeter im Durchmesser aufgeweitet. Man kann sie infolgedessen bei Reparaturen nur nach einer Seite hin heraus schlagen.

Je nach der Art des verfeuerten Brennmaterials setzen sich die Heizrohre mehr oder weniger schnell voll Flugasche und Ruß. Da hierdurch die Wirkung der Heizfläche und auch der Essenzug vermindert werden, müssen die Rohre öfters ausgefegt werden. Man benutzt hierzu Dampfstrahlapparate (Abb. 73, 74) oder Drahtbürsten. Auch bei nicht allzu großen Rußansammlungen in den Heizrohren 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

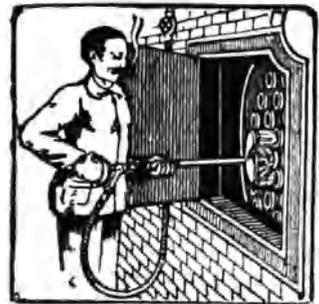


Abb. 74. Derselbe Apparat an einem Rauchrohrkessel im Gebrauch.

Höhe zu erhalten. Die Reinigung der Heizrohre wird am besten während der Mittagspause oder nach Feierabend bei vermindertem Essenzuge vorgenommen. Die Heizrohre müssen für die öftere Reinigung leicht zugänglich sein, und es wird deshalb der vor ihnen liegende Essenzug nicht durch Mauerwerk, sondern durch zwei gußeiserne Türen abgeschlossen.

Die Stirnböden des Heizrohrkessels können flach oder gewölbt sein. Bei den gewölbten Stirnböden sitzen die durchgehenden Heizrohre nicht rechtwinklig, sondern (namentlich nach dem äußeren Rande zu) schräg in dem Rohrboden. Hierdurch wird das Nachwalzen der Rohre zwar schwierig, aber bei sorgfältiger Ausföhrung der Löcher im Rohrboden keineswegs unzuverlässig. Häufig erhalten Kessel mit gewölbten Böden weniger Rohre als Kessel mit flachen Böden. Manche Kesselfabriken bevorzugen daher Kessel mit ebenen Stirnböden, trotzdem letztere durch Ankerrohre 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 Einhängrohr dicht unter dem niedrigsten Wasserstand münden. Das Speisewasser soll auch aus dem Grunde wenig Schlamm und Kesselstein absetzen, weil derartige Ablagerungen häufig die Ursache von Ausbeulungen in der Feuerplatte über dem Roste sind

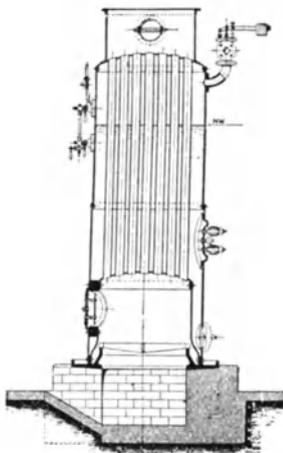


Abb. 75.
Stehende Feuerbüchsenkessel
mit Rauchrohren

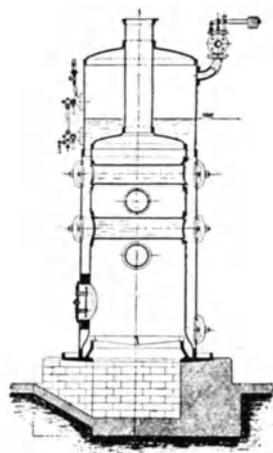


Abb. 76.
Stehende Feuerbüchsenkessel
mit Siederohren.

Der kombinierte oder zusammengesetzte Dampfkessel. Derselbe besteht aus zwei übereinanderliegenden Dampfkesseln. Der Unterkessel ist stets ein Zweiflammrohrkessel, der Oberkessel zumeist ein Heizrohrkessel oder gleichfalls ein Zweiflammrohrkessel. Ober- und Unterkessel werden durch einen oder zwei Stützen miteinander verbunden. Die ersten kombinierten Kessel hatten nur einen Dampfraum, und zwar im Oberkessel. Der Unterkessel war völlig mit Wasser gefüllt. Bei dieser Bauart, die man nach dem Erfinder Tischbeinkessel nannte, wurde aber die Verdampfung durch den langen Weg des Dampfes aus dem Unterkessel nach dem 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. Dampfstauungen im Unterkessel vermeidet man dadurch, daß man den Unterkessel nach hinten zu beträchtlich konisch macht. Da der Ober- und Unterkessel durch einen vorn auf die Kesselmäntel aufgenieteten Stützen verbunden sind, können die Dampfblasen bei einem solchen Kessel ungehindert aus dem Unterkessel in den Oberkessel emporsteigen, und es ist auch möglich, den ganzen Kessel durch den Ablassstutzen am Unterkessel völlig 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 unverschießbares 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 Wasserpiegel 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 (Abb. 78).

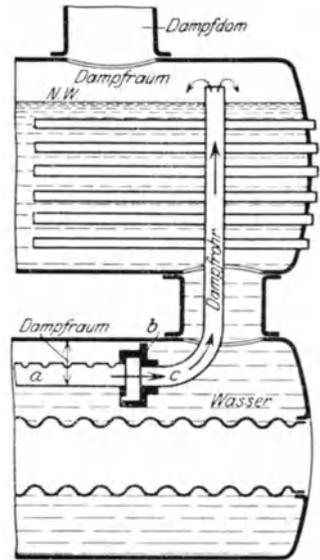


Abb. 77. Kombiniertes Dampfkessel mit zwei Dampfräumen. b ist eine Wand im Unterkessel und enthält das Rohr c für die Ableitung des Dampfes nach dem Oberkessel. Der Unterkessel hat keine Wasserstandsanzeiger. Der Dampf kann den Wasserstand nicht tiefer drücken als bis zur Unterkante des Rohres a.

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

Die kombinierten Kessel (oben Heizrohr-, unten Zwei- oder Dreiflammrohrkessel, Abb. 78, 79) 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 Wellrohrflammpöhre 71,4, auf den hinteren unteren Stirnboden 2, auf den Oberkesselmantel 37,5, auf die 270 Heizrohre 442 und auf

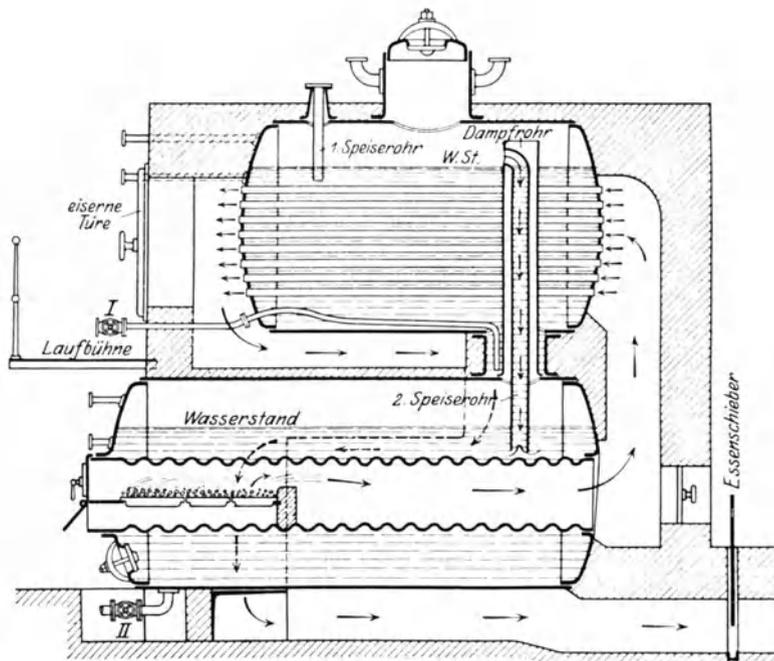


Abb. 78. Kombiniertes Kessel. Oben: Heizrohrkessel, unten: Zweiflammrohrkessel, beide mit je einem Dampfraum. I u. II sind die Ablassventile. Gewöhnlich wird in den Oberkessel gespeist. Ist dieser genügend mit Wasser gefüllt, so läuft das weiter hinzugespeiste Wasser durch das 2. Speiserohr (Überlaufrohr) in den Unterkessel. Letzterer hat außerdem für den Notfall eine besondere (nicht gezeichnete) Speiseführung.

die beiden oberen Stirnböden 8,4 Quadratmeter Heizfläche. Die Vorteile dieses Kesselsystems beruhen in dem geringen Bedarf an Bodenfläche und in der guten Wärmeausnutzung der Heizgase. Auf einem Quadratmeter Heizfläche werden bei kleineren Kesseln annähernd 20, bei großen Kesseln nicht mehr als 15 bis 16 Kilogramm in der Stunde verdampft. Die verhältnismäßig kleine Leistungsfähigkeit der ganz großen Kessel erklärt sich daraus, daß es schwer ist, eine entsprechend große Koflfläche unterzubringen und genügend zu bedienen.

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

Der **ausziehbare Röhrenkessel** (Abb. 79a) besteht aus einem äußeren Kessel mit ebenen Stirnböden und einem ausziehbaren Rohrsystem. Letzteres besteht aus den Heizrohren und der Feuerbüchse, die bei größeren Kesseln aus Wellrohren und bei kleineren Kesseln aus glatten Rohren gebildet wird. Die Heizrohre sind vorn in die Feuerbüchse und hinten in eine Rohrwand eingewalzt. Etwaige Ankerrohre sind eingeschraubt. Das fertige Rohrsystem wird in den Außerkessel eingeschoben und an dessen vorderen und hinteren Stirnwand durch eine entsprechende Anzahl von Schrauben festgeschraubt. Zur Abdichtung werden Dichtungsringe aus erprobtem Material, wie Weichgummi, Klingerit usw., verwendet.

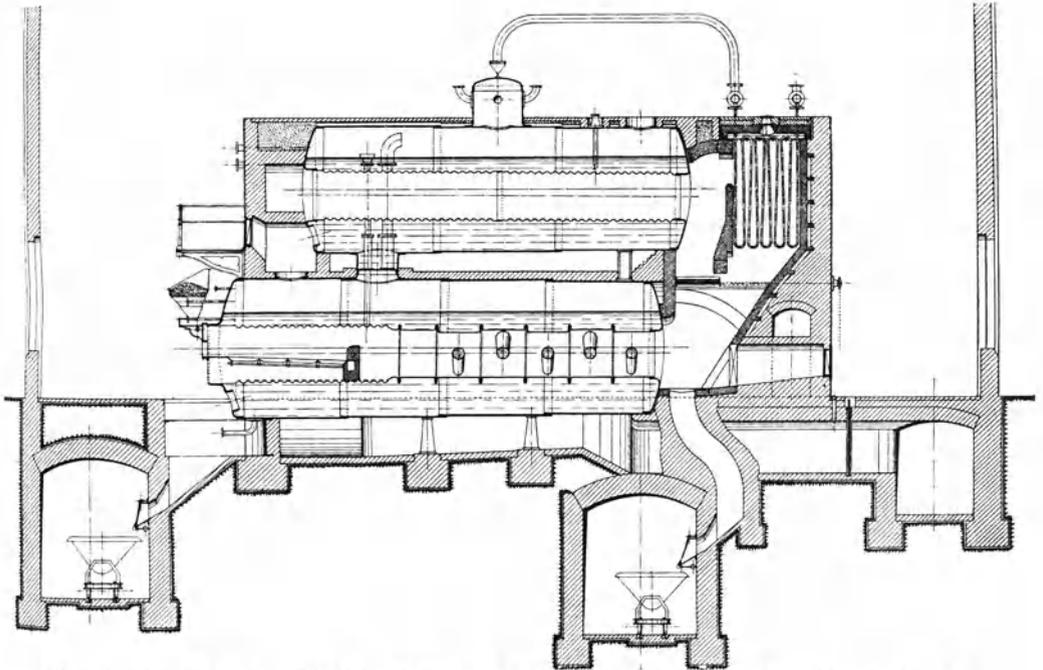


Abb. 79. Kombiniertes Kessel der Firma F. L. Dschay, Meerane i. Sa., Flammrohr im Unterkessel mit Gallowayrohren, der Oberhüger ist senkrecht angeordnet und durch Verschieben einer wagerechten Schamotteplatte von den Rauchgasen absperrbar.

Das Auseinandernehmen, Reinigen und Wiederaufschrauben kann, wenn der Kessel nicht zu stark verschmutzt war, meist an einem oder zwei Tagen vorgenommen werden; zwei abgechrägte, innen auf den Langkessel angenietete Blechecken erleichtern das Hineinschieben 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 Feuerbüchse muß unterbaut werden, damit sie nicht herunterkippt. Das Gewinde der Schrauben darf nicht beschädigt werden; schlechte Schrauben müssen ausgewechselt, die anderen zweckmäßigerweise mit einer Nachschneidemutter nachgeschnitten werden. Die Schrauben sind während des An-

heizens allmählich und gleichmäßig und zwar zunächst immer die einander gegenüberliegenden anziehen.

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 sog. Heißdampfkesseln wird in der Rauchgaskammer der Dampfüberhitzer eingebaut, der aus starken, nahtlosen schmiedeeisernen Röhren hergestellt wird und sich so unmittelbar hinter den Siederohren befindet. Die Heizrohre und

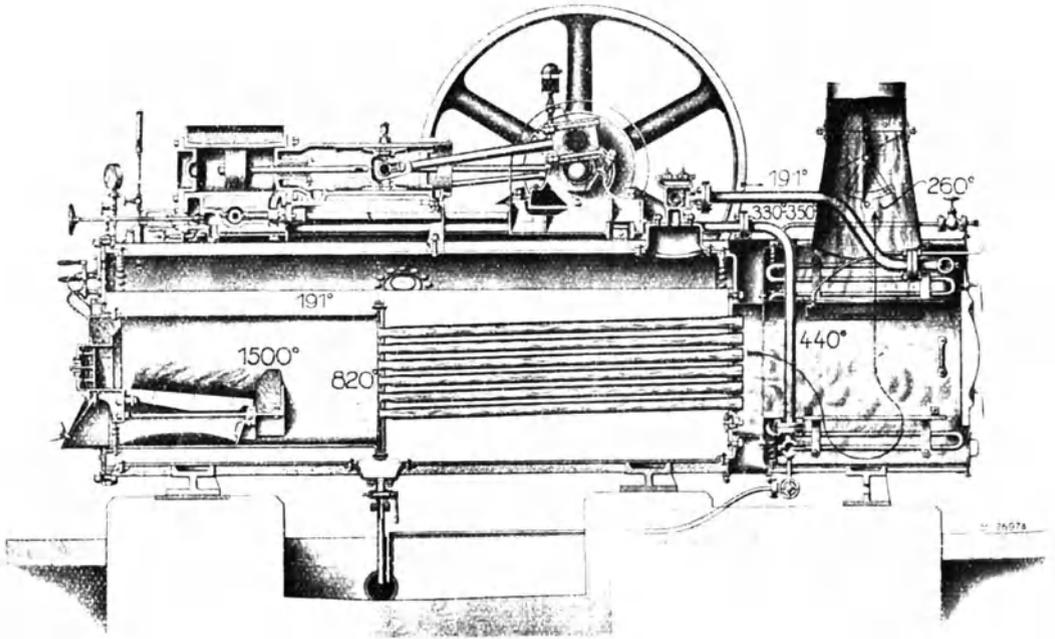


Abb. 79a. Lokomobile von Heinrich Lanz, Mannheim, mit ausziehbarem Rohrsystem und Dampfüberhitzer in der Rauchkammer. Die Zahlen geben den Temperaturverlauf der Heizgase und des Dampfes an. Die Heizgase haben im Feuerraum eine Temperatur von 1500°C ., treten mit 850° in die Heizrohre ein, aus letzteren mit 440° aus und ziehen mit 260° nach dem Schornstein ab. Der Frischdampf tritt mit 191°C . (entsprechend einem Betriebsdruck von 12 Atm. Überdruck — zu vgl. Spalte 3 der Tabelle S. 78) in den Überhitzer ein und mit 330 bis 350° aus letzterem heraus in den Dampfzylinder. Die Dampfmaschine hat die Ventilsteuerung von Lentz.

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 Dampfkesseln das ganze Rohrbündel bequem mit Reinigungsmeißeln durchstoßen werden kann. Doch empfiehlt es sich bei hartem Kesselspeisewasser, dasselbe vor dem Einspeisen in den Kessel zu enthärten. Beim Verfeuern von Steinkohle, Steinkohlenbriketts, Gas- und Hüttenkoks und besserer Braunkohle erhalten die Lokomobilekessel eine Innenfeuerung mit Planrost; sollen lange Holzcheite, Stroh oder Braunkohlenbriketts verfeuert werden, so bringt man der erforderlichen größeren Roßfläche halber eine Planrostvorfeuerung an. Für erdige Braunkohlen von geringem Heizwert, für Sägespäne und für kürzere Holzabfälle wendet man auch bei Lokomobilekesseln

die Treppenrostfeuerung an. Die Roste werden in beiden letzteren Föllen in einem fahrbaren, eisernen Gehäuse untergebracht, das mit Schamottesteinen ausgemauert ist.

Der Vorzug dieser Kessel besteht darin, daß sie bei großer Heizfläche wenig Raum beanspruchen und verhältnismäßig geringes Gewicht haben. Sie nutzen ferner die Kohle gut aus und liefern beim Anheizen schnell Dampf, so daß sie sich namentlich für zeitweiligen Betrieb gut eignen. Trotz der Heizrohre lassen sich die Kessel ziemlich gut reinigen, weil man das Röhrenbündel mit der Feuerbüchse herausziehen kann. Zum Reinigen der Rohre vom Kesselstein kann man mit Nutzen Rohreiniger verwenden, die auf einem Riemen oder einem schmiegsamen Stahlband gehärtete Stahlspitzen haben, mit denen der auf der äußeren Rohrseite haftende Kesselstein abgekratzt wird. Zur Verhütung von Wärmeverlusten werden die Kessel schon in der Fabrik mit einer Isoliermasse eingepackt und darüber mit einem Blechschutzmantel 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 und ohne Wasserkammern. 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. Wasserkammern nennt man diejenigen kastenförmigen Kesselteile, in denen die Siederohre eingewalzt und die oben mit dem Wasserraum des Kessels verbunden sind. Die zahlreichen verschiedenen Bauarten der Wasserrohrkessel verfolgen im allgemeinen den Zweck, den Wasserumlauf und das Entweichen der Dampfblasen aus den Siederohren zu fördern. Kann das Wasser- und Dampfgemisch in den Siederohren nicht schnell genug aufsteigen, wie dies namentlich bei zu langen und nicht genügend steilen Rohren vorkommt, so werden die der größten Hitze ausgesetzten Rohre glühend und 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 Wasserkammern sowie eine Mindestneigung der Rohre vorgeschrieben.

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

Bekanntere **Einkammerkessel** sind der Dürr- oder Gehrekessel 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 Zweikammerkessel sind. Ein lebhafter Wasserumlauf wird dadurch erzielt, daß in jedes Siederohr a noch ein zweites, engeres Rohr b eingeschoben ist. Bei den Dürrkesseln münden die Siederohre in den inneren, die Einschiebrohre dagegen in den äußeren Teil der Wasserkammer (Abb. 80). Das Wasser tritt aus der vorderen Kammerhälfte in die Einschiebrohre, strömt darin nach hinten und gelangt in den Zwischenraum zwischen Einschiebrohr und Siederohr, wo es stark erwärmt und zum Teil verdampft wird. Infolgedessen steigt das Wasser in die Höhe, gelangt in die hintere Kammerhälfte (wohl auch Dampfammer genannt, wegen des im Wasser enthaltenen Dampfes) und strömt nach dem einen Oberkessel. In diesem zieht das Wasser nach hinten und tritt durch einen Quersutzen in den zweiten Oberkessel, in welchem es nach vorn strömt. Von hier aus fällt das Wasser, nachdem die Dampf-

blasen daraus entweichen 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 obenstehende Skizze zeigt, mit einem abnehmbaren Deckel oder mit einem anderen lösbaren Verschluss versehen, damit die Einschieb-
rohre leicht herausgenommen und die Siederohre vom Schlamm und Kesselstein gereinigt werden können. Im übrigen erhalten die hinteren Enden der Siederohre eine feste Auflagerung in einer eisernen Platte *c*, die zugleich als Abschluß der Feuerzüge dient, und über welche die hinteren Rohrverschlüsse hervorste-
hen, 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 an-
gewendet, da die Wasserzirkulation in denselben für hohe Beanspruchung nicht aus-
reicht.

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

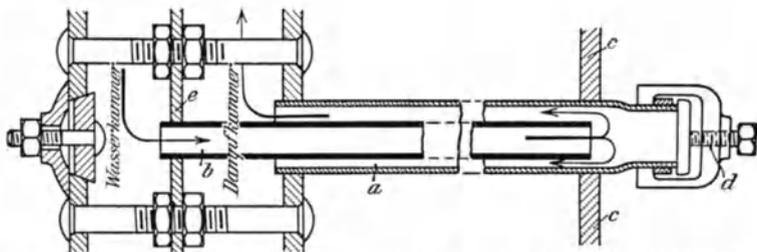


Abb. 80. Siederohr mit Wasserkammern des Dürrekessels. Die vordere Wasser-
kammer hat den bei allen Wasserrohrkesseln üblichen Deckelverschluss.

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 Stehbolzen miteinander versteift. Damit die Siederohre für die Reinigung vom Kesselstein zugänglich sind und bei einer etwaigen Aus-
wechslung 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 (siehe den vorderen Deckelverschluss in Abb. 80) 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 Rohrver-
schlüsse verursachen nicht nur Betriebsstörungen, sondern auch Unfälle durch das aus-
strömende heiße Kesselwasser. Als Dichtung werden für die Verschlussdeckel entweder Gummi- oder auch Kupferringe verwendet. Einige Kesselfabriken schleifen die Deckel dampfdicht in die zylindrische Bohrung der Wasserkammern ein, so daß es einer weite-
ren Abdichtung nicht bedarf. In bestimmten Abständen müssen in dem gesamten Rohrsystem einige Verschlüsse mit längerlicher Bohrung und längerlichem Deckel vorhanden sein, so daß man den Deckel nur verdrehen und schräg zu halten braucht, um ihn nach Lösen der Bügelschraube aus der Öffnung herausnehmen zu können. Diese

ovalen Verschlußöffnungen sind deshalb erforderlich, weil nur durch sie hi durch die übrigen (runden) Verschlässe eingefetzt und herausgenommen werden können. Im übrigen sind die Öffnungen in der Vorderwand der Wasserammer 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.

Abb. 81 zeigt den Röhrenkessel der Firma Steinmüller in Gummersbach. Eigenartig ist die Anordnung der Rohre. An geeigneten Stellen sind einige Rohr-

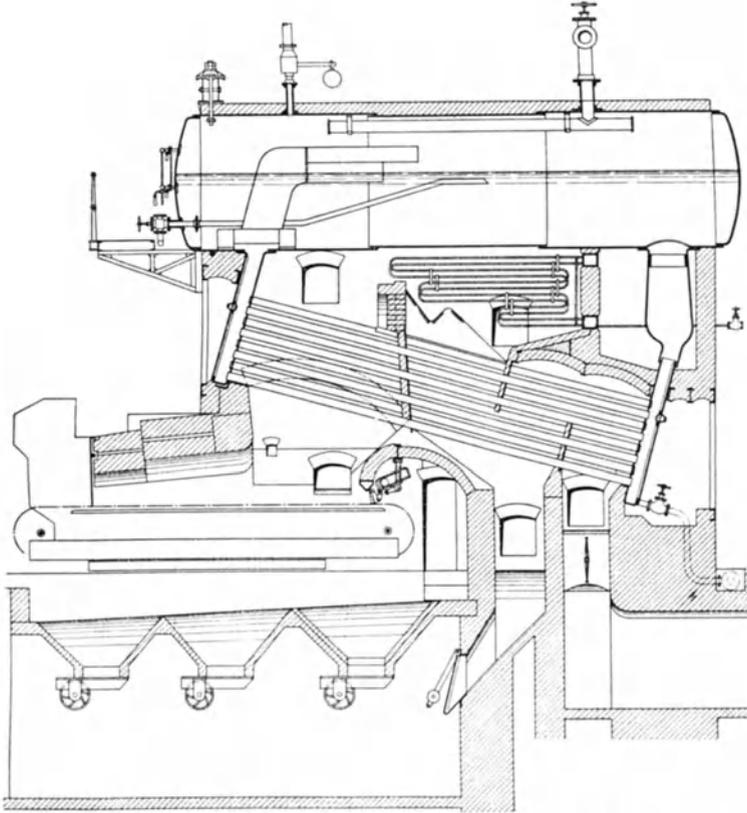


Abb. 81. Wasserrohrkessel von Steinmüller in Gummersbach, Rhld., mit Wanderrost und Dampfüberhitzer. Bemerkenswert ist die Anordnung der Speiseleitung im Oberkessel. An der hinteren Seite des Kessels sind das Entwässerungsventil für den Überhitzer und das Ablassventil mit der Abableitung für den Kessel ersichtlich.

reihen 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 Wasserammern werden mit dünnen Gummiringen abgedichtet. Damit die Verschlußdeckel in die Wasserammern 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 Wasserammer eine Blechhaube angebracht, welche das heftig in die Höhe strömende Wasser nach hinten leitet, ein Aufspritzen desselben im Dampfraum verhütet und den Wasserstand in den Wasserstandsgläsern ruhig hält.

Bei dem Babcock- & Wilcox-Röhrenkessel (Abb. 82) sind die Wasserkammern einzelne Abteilungen, durch welche die in senkrechter Richtung übereinander liegenden Rohre miteinander verbunden sind. Der zwischen den nebeneinander liegenden Abteilungen vorhandene Spalt wird zur Verhütung des Durchschlagens der Feuergase mit Asbestschnur ausgefüllt. Durch diese Zerlegung werden die sonst unbedingt erforderlichen Verankerungen der Wasserkammern durch Stehbolzen (s. Abb. 80) überflüssig. Die Kammerverchlüsse bestehen aus je einem inneren Deckel mit Schraube und einem äußeren Deckel. Letzterer ist genau aufgepaßt und dichtet ohne Dichtungsmaterial ab.

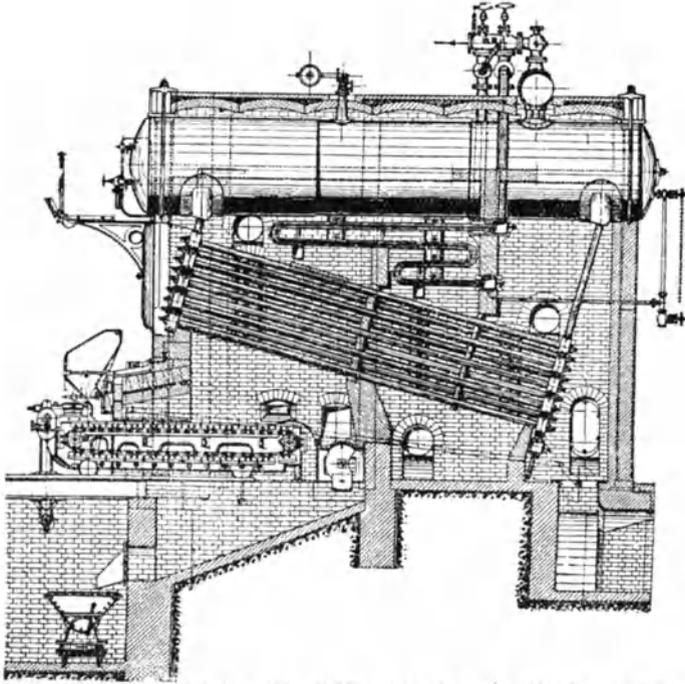


Abb. 82. Wasserrohrkessel der Babcock & Wilcoxwerke mit Wanderrost und Dampfüberhitzer. Sektionskessel, bei dem die Stehbolzen wegsfallen und die beiden großen Wasserkammern in einzelne, von unten nach oben verlaufende Glieder von der ungefähren Breite der Rohrdurchmesser zerlegt sind. Die an der hinteren Kesselseite ersichtliche Rohrleitung dient zum Füllen des Überhitzers mit Wasser vor dem Anheizen des Kessels.

Zur Speisung engrohriger Siederohrkessel darf nur Wasser verwendet werden, das vor dem Verbrauche in einer besonderen Reinigungsanlage von den Kesselsteinbildnern befreit ist. Denn trotz des lebhaften Wasserumlaufes setzt sich bei ungereinigtem Speisewasser Kesselstein in den Siederohren ab, der sich nur schwierig und nur mit sog. Rohr- oder Turbinenreinigungsapparaten entfernen läßt (Abb. 57). 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 Quierwand 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 Ge-

fahr 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 (Abb. 84). Gut zu beobachten sind die über dem Feuergewölbe gelegenen Schweißstellen der Wasserkammern, da sie wiederholt den Ausgangspunkt für Kesselexplosionen gegeben haben, namentlich wenn die nächsten Stehbolzen (s. Abb. 80 und 97) geplatzt waren. Seit einigen Jahren werden die Wasserkammern daher nicht mehr in den Ecken stumpf geschweißt, sondern umgebogen und nur die äußere Wand angeschweißt. (Abb. 83).

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

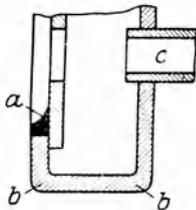


Abb. 83. Unterer Teil einer neueren Ausführung der Wasserkammer. Die älteren Wasserkammern haben bei b Schweißstellen, die schwierig auszuführen waren und durch Aufreißen zu Kesselexplosionen Anlaß gaben. Die Schweißstelle a der neueren Wasserkammern ist sicherer herzustellen, c = die unterste Reihe der Siederohre.

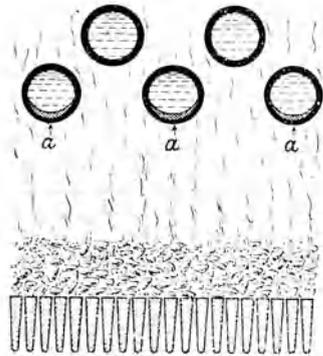


Abb. 84. Die untersten Siederohre sind an den Stellen a außen durch die anprallende Flugasche geschwächt und innen mit Kesselstein behaftet.

auf 1 Quadratmeter Heizfläche; bei manchen derartigen Kesseln soll bei verstärkter Inanspruchnahme diese Wassermenge sogar auf 28 Kilogramm gesteigert worden sein. Da der Wasserrohrinhalt der Wasserkessel gering ist, fällt die Dampfspannung schnell beim Speisen großer Wassermengen oder bei zeitweilig großem Dampfverbrauche. Es ist daher möglichst dauernd zu speisen. Um in dieser Hinsicht mehr Freiheit zu haben, bringt man einen oder zwei Oberkessel an oder verbindet das Rohrsystem mit einem Großwasserraumkessel.

Die Feuerung der Wasserrohrkessel ist eine Planrostfeuerung mit Hand- oder mechanischer Beschickung oder, was wegen der in Betracht kommenden großen Krostflächen 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 schlängelförmigen 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.

Abb. 85 zeigt das Abblasen des Rußes und der Flugasche von den Siederohren mittels eines Dampfblaseapparates. 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. Bei manchen Kesseln ist die vordere Wasserkammer in der Richtung der Stehbolzen von einer Anzahl von dünnen Röhrrchen durchzogen, durch welche hindurch die Siederohre mittels des Rußblaserohres zu reinigen und die sonst mit je einem lose eingelegten Stöpsel verschlossen sind.

Der Steilrohrkessel. Derselbe besteht aus einem, zwei oder drei nahezu senkrechten Rohrbündeln, die unten in einen gemeinsamen Unterkessel, oben bündelweise in je einen Oberkessel eingewalzt sind. (Beschreibung eines Rohraufwalzapparates oder einer Rohrdichtmaschine siehe Abschnitt 12.) Der lichte Durchmesser der Siederohre beträgt etwa 60 bis 100 Millimeter. Die Kessel werden meist mit zwei Unterkesseln und je nach der Zahl der Rohrbündel mit 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

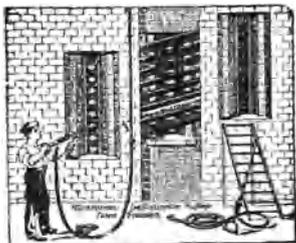


Abb. 85. Abblasen des Rußes und der Flugasche an einem Wasserrohrkessel von der Längsseite des Kesselgemäuers aus. In letzterem ist eine große, in Wirklichkeit jedoch nicht vorhandene Öffnung gezeichnet, damit die Siederohre sichtbar sind. Auf dem Bilde steht der Arbeiter in der Nähe der hinteren, die Leiter in der Nähe der vorderen Wasserkammer.

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 (Garbekessel), so wird das Rohrbündel durch eine zwischen die mittleren Rohre quer eingesetzte Schamotteplatte in ein vorderes und ein hinteres Bündel zerlegt. Die Heizgase steigen an den vorderen Rohrreihen in die Höhe, berühren hier den etwa eingebauten Dampfüberhitzer und ziehen an den hinteren Rohrreihen entlang nach unten in den Essensuchs. Das Wasser nimmt in den Siederohren dieselbe Bewegungsrichtung an wie die Heizgase; es steigt also in den vorderen Rohrreihen vom Unterkessel nach dem Oberkessel in die Höhe und fällt in den hinteren Rohrreihen wieder nach unten. Im Unterkessel wird ein Schlammfang eingebaut, der die Bewegung des Wassers aufhält und den Schlamm abfängt, der durch öfteres Ausblasen aus dem Kessel herausbefördert wird. Ebenso wie die anderen Wasserrohrkessel sollten auch die Steilrohrkessel nur mit gut gereinigtem Wasser gespeist werden. Da es sich bei diesen Dampfkesseln meist um sehr große Kostflächen 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 abgeschlaakt 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 Be-

triebe 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 Kesselsteinanfaß 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 Dampfüberhitzern und Economisern beim Verfeuern von Braunkohle auf dem Quadratmeter Heizfläche stündlich bis zu 40 Kilogramm Wasser verdampft und 84 Prozent der in der Kohle enthaltenen Wärme nutzbar gemacht worden. Die Wasserrohrkessel sind bisher für Dampfspannungen bis zu 17 Atmosphären gebaut worden. Abb. 86 stellt den Steilrohrkessel der Babcock & 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 Abb. 105 abgebildeten Rohrkrümmer. Abb. 86 u. 87 zeigen Steilrohrkessel 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

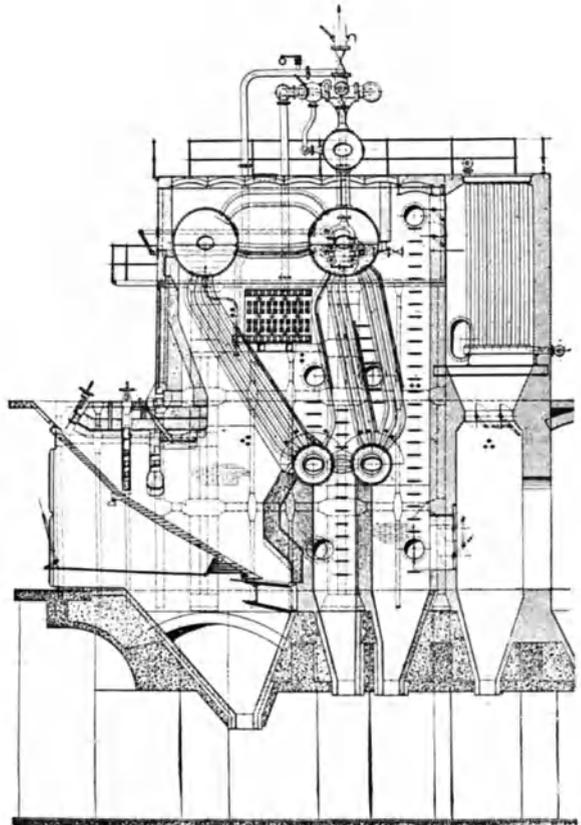


Abb. 86. Steilrohrkessel mit Treppenrostfeuerung, Dampfüberhitzer und Speisewasservorwärmer der Deutschen Babcock & Wilcox Dampfessel A. G. in Oberhausen, Rhld.

sammekammer münden, die völlig im Kessel untergebracht und daher allseitig vom Wasser bespült wird. Die Feuerkammern sind mit dem hinteren Stirnboden durch Stehbolzen versteift. Oberhalb der Flammrohre enthält der Kessel eine große Anzahl von Heizrohren, die mit dem hinteren Ende in die Feuerkammer, mit dem vorderen Ende in die vordere Stirnwand des Kessels eingewalzt sind. Über den Feuertüren ist eine aus Eisenblech zusammengenietete Rauchkammer am Kessel angebracht, die weiter oben in den Schornstein mündet. Dieser Kessel wird in sehr großen Abmessungen bis zu mehreren hundert Quadratmetern Heizfläche hergestellt. Ganz große derartige Kessel erhalten eine größere Länge und von beiden Stirnböden ausgehende Flammrohre, die in der Mitte des Kessels in die gemeinsame Rauchkammer münden. Die Kessel werden dann auf beiden Seiten geheizt und erhalten an jedem Stirnboden einen Schornstein. Man nennt solche Kessel Doppelerkessel im Gegensatz zu den abgebildeten Einenderkesseln (Abb. 88). 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 Auswechslungen leichter durch die Schiffs-luken befördern lassen, als die umfangreichen Zylinderkessel. Vereinzelt wird der schottische Schiffs-

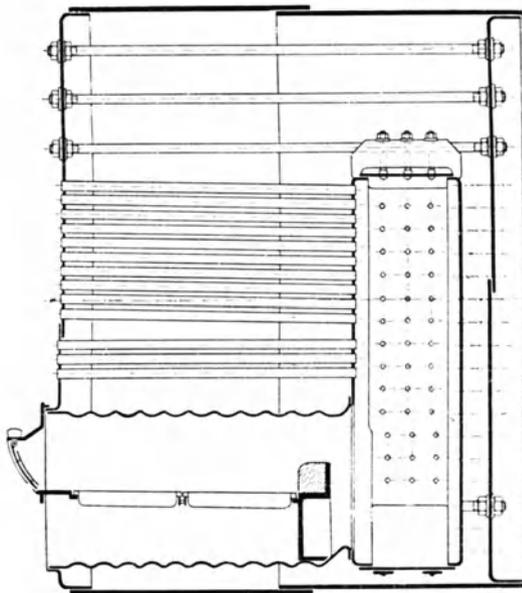


Abb. 88. Schiffs-(Rauchrohr-)kessel, an die Heizrohre schließt sich vorn, an der Stirnseite des Kessels, die Rauchkammer an, von welcher aus die Heizgase nach dem Schornstein strömen. Die kleinen Kreise in der Feuerkammer deuten Stehbolzen an.

kessel auch bei feststehenden Kesselanlagen angewendet, da er weniger Platz wegnimmt, die Kohle gut ausnützt und schnell aufgestellt ist. Die Schiffs-kessel werden ohne Mauerwerk aufgestellt und zum Schutze gegen Wärmeausstrahlung mit Isoliermasse eingepackt. Die Heizrohre müssen, wie dies auch bei dem stationären Heizrohrkessel (Abb. 71, 72) der Fall ist, regelmäßig von Ruß und Flugasche gereinigt werden, weshalb die Rauchkammer, die vorn an die Heizrohre angeschlossen ist und nach dem Blechschornstein führt, mit Türen versehen ist, wodurch die Rauchrohre beim Reinigen mittels Dampfstrahl oder Drahtbürste zugänglich sind.

12. 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 Dampflei-

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

Guß Eisen hat für den Dampfkesselbau den großen Nachteil, daß es sehr spröde, nicht dehnbar und nicht biegsam ist. Auch treten in gußeisernen Formstücken leicht gefährliche Stellen auf, wie Gußblasen und ungleichmäßige Wanddicken, 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 Anzuverlängigkeit gänzlich verboten. Früher machte man die Dampfdome oder ihre Obertheile aus Gußeisen, das ist heute schon deshalb ausgeschlossen, weil die Herstellung derartiger komplizierter Formstücke aus Fluß- oder Schmiedeeisen keine Schwierigkeiten mehr bietet. Da indes Gußeisen nicht so leicht rostet wie Schmiedeeisen, hat es für gewisse Zwecke letzteres sogar verdrängt, und man stellt die in den Offensuchs eingebauten Speisewasservorwärmer, die Economiser, der größeren Kostbeständigkeit halber zumeist aus gußeisernen Röhren her.

Schweiß Eisen. Flußeisen. Stahl. Die weichen Eisenforten, Schweiß Eisen und Flußeisen, sowie Stahlbleche müssen bestimmten gesetzlichen Anforderungen in bezug auf Zerreißfestigkeit 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 Schweiß Eisens verwendet wird, ist schlackenfreier als dieses, besitzt eine größere Festigkeit und hat einen feinkörnigen Bruch, während die Bruchfläche des Schweiß Eisens ein sehnig-faseriges Gefüge hat. Das Flußeisen wird in verschiedenen Qualitäten als Feuerblech und als Mantelblech hergestellt. Für Kesselteile, die gebördelt werden, z. B. Böden, Stutzen, Dome usw., oder die im ersten Feuerzuge liegen, dürfen nur Feuerbleche verwendet werden. Die übrigen Kesselteile können aus den anderen Blechforten hergestellt werden. Die Flußeisenbleche dürfen nur im rotwarmen Zustande ausgehämmert werden und sind nach der Bearbeitung gut auszuglühen. Sind die Bleche bei der Bearbeitung zu wenig oder zu stark erhitzt und schlecht ausgeglüht worden, so wird ihre Festigkeit beeinträchtigt, und sie reißen in der Nähe der bearbeiteten Flächen leicht auf. Stahlbleche werden wenig im Kesselbau verwendet. Da sie bedeutend höhere Festigkeit besitzen als Flußeisenbleche, können die Stahlblechmäntel dünner sein, und es fallen infolgedessen die daraus hergestellten Dampfkessel leichter aus. Die Stahlbleche haben jedoch den großen Nachteil, daß sie durch abwechselndes Erhitzen und Abkühlen leicht rissig werden, und sind deshalb nur für Kesselteile zu gebrauchen, die nicht von den Heizgasen bestrichen werden. Ferner ist die Bearbeitung des Stahles schwieriger, weil er härter ist als Flußeisen. Man 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** (Abb. 89) 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.

Das im ersten Feuerzuge gelegene Blech beult infolge Überhitzung, die entweder durch Stichflammen oder durch Kesselstein oder durch eine Dickschicht auf dem Bleche und selbstverständlich auch durch Wassermangel verursacht sein kann, mitunter aus. Wenn diese Schäden noch nicht zu weit fortgeschritten sind, bedingen sie noch nicht ohne weiteres eine Ausbesserung. Man sorge in solchen Fällen dafür, daß die Ursache der **Ausbeulung** beseitigt werde, und mache sich, falls zugänglich, für die Wasser- und Feuerseite gut passende Schablonen aus Holz oder Blech und unterjuche 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 ausgetauscht werden.



Abb. 89.
Doppelblechstelle.

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 stillgelegten 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 Essenfuchs. 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 schädliche Bestandteile beseitigt werden können. Derartige Anzehrungen treten zuweilen an den über dem Feuer gelegenen Kesselblechen (Flammrohrschüssen) 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 zersetzt werden, so daß sich freies Chlor (Salzsäure) bildet, welches 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, weil während des Betriebsstillstandes die Wasserzirkulation im Kessel nahezu aufhört.

Rietverbindung und Schweißung. Die Blechtafeln werden durch Rietung und Schweißung miteinander verbunden. Schweißnähte wendet man bei Flammrohren, Feuerbüchsen und 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 Rietverbindungen in Betracht. Eine Ausnahme hiervon macht man nur bei

kleinen Kesseln (Backofenkessel), ferner bei Dampfdomen, Verbindungsstutzen 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 117).

Die Nietlöcher werden zurzeit wohl in allen Kesselfabriken gebohrt. Bei dem 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 Reibahle nachgerieben werden. Ganz zu verwerfen ist in solchen Fällen das Einschlagen eines Dornes, weil dadurch starke Spannungen und Brüche in den Nietreihen auftreten. Viele Kesselfabriken bohren daher die Nietlöcher in dicken Blechen erst, nachdem letztere gerollt und zusammengepaßt sind. Hierdurch werden dann sehr genau aufeinander passende Nietlöcher erzielt.

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

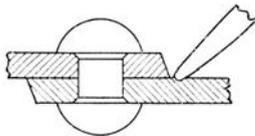


Abb. 90. falsche

Stemmante.

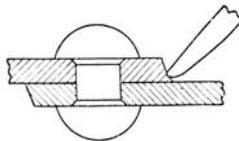


Abb. 91. richtige

der Jahre abgerostet, was namentlich bei den Nieten in der Rauchkammer von Lokomotiven 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 (Abb. 91). Falsch ist es, das untere Blech mit einem scharfen Meißel gegen die freiliegende Kante aufzustachen, da die entstehende Furche die Blechstärke verringert und den Ausgangspunkt für die sehr gefährlichen Blechriffe in der Stemmante bildet (Abb. 90).

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 Kantenrisse 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 eingefügten Stirnbodens, die Verbindungsnahte zwischen Dampfdom und Kesselmantel usw. Die maschinellen Nietvorrichtungen drücken, nachdem der rotwarne Niet durch das Nietloch gestoßen ist, zunächst die Bleche mit großer Kraft aufeinander; 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. In-

folgedessen halten die maschinell genieteten Verbindungen sehr gut dicht. Bei der maschinellen Nietung füllt der Rietschaft 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 Durchmesser 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

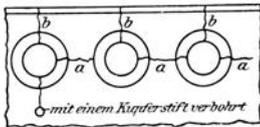


Abb. 92.

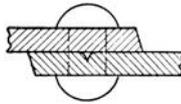


Abb. 93.

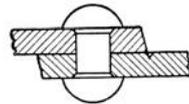


Abb. 94.

Verschiedene Blechriffe.

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 Risse machen sich durch Dampf, der aus dem Kesselmantel aufsteigt, oder durch ein Zischen im Feuerzuge bemerkbar. Bei derartigen Anzeichen, mögen sie auch unbedeutend erscheinen, ist daher sofort die Ursache zu erforschen.

Die Nietlochriffe treten als Stegriffe a oder als Kantenrisse b auf (Abb. 92, 93). Sehr schwierig zu finden und deshalb besonders gefährlich sind die Stegriffe unter der Überlappung (siehe Abb. 93), die bei der Besichtigung des Bleches nicht auffindbar sind und sich 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 der Nieten sorgfältig, nötigenfalls mit der Lupe zu untersuchen.

Die Kantenrisse sind weniger gefährlich. Wenn sie sich ins volle Blech fortsetzen, müssen sie verschweißt oder, was besser ist, durch Einbohren eines Stiftes am Fortschreiten verhindert werden. Sie sind sehr häufig an den Nietnähten in der Nähe des Feuers anzutreffen, z. B. in der vorderen Rundnaht der Walzenkessel, in den Feuerbüchsen von Lokomotivkesseln 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 gutgemacht werden. Gewöhnliche Kantenrisse, wie die

drei äußeren Risse b in Abb. 92, müssen lediglich sorgfältig beobachtet werden. Solange sie dichthalten und nicht fortschreiten, sind sie unbedenklich. Die Stegrisse a erfordern eine sofortige Reparatur.

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 Winkleisenschienen, 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 Schraubenmutter (siehe Abb. 88). Besser dicht zu bekommen sind Rundanker, die nicht durch die Stirnböden hindurchgehen, sondern mit Bolzen an Winkleisen oder L-Rippen auf der Innenseite der Stirnböden verbunden sind (Abb. 96). 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

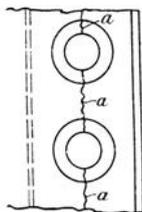


Abb. 95. Durch (sehr gefährliche) Stegrisse a beschädigte Nietverbindung.

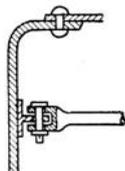


Abb. 96. Stirnbodenverankerung.

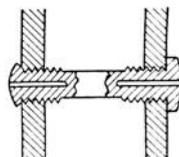


Abb. 97. Stehbolzen.

aus einer Blechplatte, die an den Enden an je eine Winkleisenschiene angenietet ist, von denen sich die eine am Kesselmantel, die andere am Stirnboden befindet.

Für Flammrohrkessel verwendet man ausschließlich gewölbte Stirnböden. Dieselben bedürfen keiner Versteifung, da die gewölbte Form die 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** (Abb. 97). Es sind dies mit Schraubengewinde versehene schmiedeeiserne oder kupferne Bolzen, die mit jedem Ende in eine der beiden zu versteifenden Kesselwände eingeschraubt und eingennietet oder angestaut sind. Sie werden zur Versteifung der breiten Wände der Wasserammern 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 Ausbohrung 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 Stehholzens. Ist der Stehholzen unverfehrt, so wird der vorgehaltene Hammer abspringen, während bei gebrochenem Bolzen der Hammer Schlag sich entweder gar nicht oder nur wenig fortpflanzt. Zur Vornahme einer solchen Prüfung gehören zwei Mann. Einzelne durchbrochene Stehholzen bedeuten an sich noch keine Gefahr, sie können jedoch den Bruch benachbarter Stehholzen beschleunigen, und es können durch ihre rechtzeitige Erneuerung unter Umständen umfängliche Kesselreparaturen vermieden werden.

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

Ganz anders liegt die Sache bei den Flammrohren. Sobald diese Rohre nicht vollkommen rund sind, besteht die Gefahr, daß die von außen wirkende Dampfspannung die Rohre an der unrundern Stelle zusammendrückt. Diese Gefahr ist um so 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.

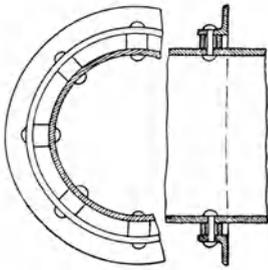


Abb. 98.

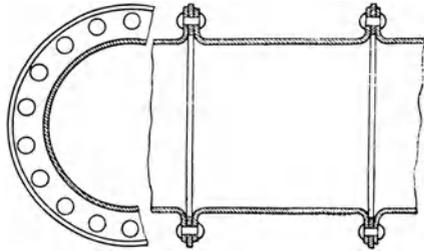


Abb. 99.

Fairbairn'scher Versteifungsring. Adamson'sche Flammrohrverbindung.

Die einfachste Versteifung für Flammrohre ist der Winkelleisenring (Abb. 98), nach dem Erfinder auch Fairbairn'scher 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 Winkelleisenringes vom Flammrohr erreicht man durch kurze Rohrstücke, die über die Nietenstäbe, zwischen Winkelleisenring und Flammrohr, geschoben werden. Bei neuen Dampfzylindern sind die Versteifungsringe geschweißt; sollen sie nachträglich bei schon fertigen Dampfzylindern angebracht werden, so muß man die Ringe aus zwei Teilen herstellen und im Kessel zusammennieten oder zusammenschrauben. Die Winkelleisenringe werden in Entfernungen von zwei bis drei Metern angebracht, sind aber veraltet.

Die jetzt allgemein übliche Versteifung für glatte Flammrohre ist die **Adamson'sche Verbindung** der Flammrohrschüffe (Abb. 99). 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 gutes Verstemmen der Nietnaht. Die Adamson'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 Adamson'sche Art, sondern durch Überlappungsnetzung zusammengefügt 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 des betreffenden Stirnbodens begnügen, sondern man muß statt des starren glatten Flammrohres ein Wellrohr-Flammrohr oder ein Flammrohr mit der Adams-son-ischen 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 insofern ihrer Bauart keine Versteifung und werden aus diesem Grunde, sowie ihrer sonstigen Vorzüge halber am häufigsten angewendet.

Das Einwalzen und Abdichten der Rohre. Zum Einwalzen der Siederohre von Wasserrohrkesseln oder der Rauchrohre von Heizrohrkesseln und zum Auf-

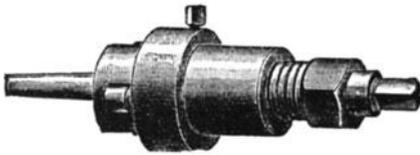


Abb. 100.
Rohreinwalz- und Dichtapparat mit Schraubenschlüssel.



Abb. 101.

walzen der Flanschen auf die Rohre benutzt man den nebenstehend abgebildeten Aufwalzapparat, auch Rohrdichtmaschine genannt (von der Firma Seiffert & Co., A.-G., Berlin), Abb. 100, 101. Dieselbe besteht aus einer hohlen Büchse, aus welcher drei Rollen hervorstehen. Im Innern befindet sich ein konischer Kern, der mittels einer Schraubenspindel aus der Büchse hinein- und herausgeschraubt werden kann und hierbei die Rollen mehr oder weniger nach außen schiebt. Beim Gebrauche

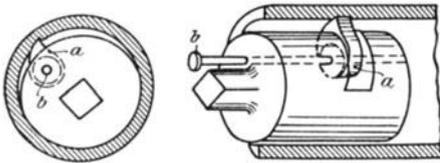


Abb. 102. Rohrschneider für Rauch- und Siederohre.

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 Mutterschlüssels oder einer Knarre an dem vorn angebrachten Vier-

kant den 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. Abb. 102 zeigt einen solchen Rohrschneideapparat. Das Schneidemesser a sitzt auf einem exzentrisch eingebohrten Bolzen, der mittels des Nockens b gedreht werden kann. Beim Einsetzen des Apparates in das abzuschneidende Rohr dreht man das Messer so weit zurück, bis es nicht mehr hervorsteht. Dann preßt man es durch Drehen an dem Nocken b gegen die Rohrwand und beginnt mit dem Abschneiden, indem man den Apparat mittels eines Mutterschlüssels an dem Vierkant dreht.

Wird bei einem Heizrohrkessel (Abb. 71 und 78) oder bei einem Wasserröhrenkessel (Abb. 81, 86) 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

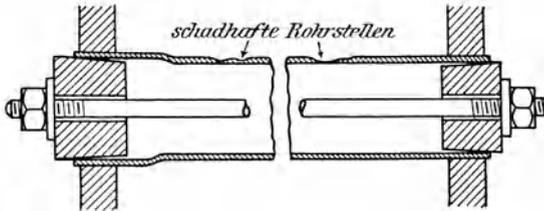


Abb. 103. Verstopfung eines schadhaften Rauch- oder Siederohres.

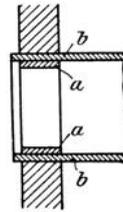


Abb. 104. Abdichten eines Rauchrohres durch den Ring a.

ganze Rohr hindurchreichenden Schraube fest in die Einwalzstellen des Rohres hineinpreßt (siehe Abb. 103). Bei der Anfertigung der Stößel ist zu beachten, daß die Heiz- und Siederohre, wie bereits früher erwähnt, an einem Ende zwei bis drei Millimeter aufgeweitet sind. Der für diese Stelle bestimmte Verschlussstößel muß daher einen entsprechend größeren Durchmesser erhalten.

Sind einzelne Rohre eines Heizrohrkessels in der Einwalzstelle durch Abbrand beschädigt oder infolge zu häufigen Nachwalzens nicht mehr dicht zu bekommen, so kann man statt der Auswechslung der Rohre durch Einwalzen von sog. Brandringen Abhilfe schaffen. Diese Ringe (siehe Abb. 104) werden aus 3 bis 4 Millimeter dickem Flacheisen hergestellt. Ihre Breite macht man gleich der Dicke des Rohrbodens.

Zum **Biegen der Siederohre** für die in Abb. 86 abgebildeten Steilrohrkesselarten benutzt man einen Rohrkrümmer (Abb. 105), der die gewünschte Krümmung durch einen Hebeldruck hervorbringt und sich durch seine einfache Bauart und gleichmäßige Arbeitsweise auszeichnet.

Die Wasserdruckprobe des Kessels. Mit dem Verstemmen der Nähte sind die Herstellungsarbeiten am Kessel beendet. Um zu sehen, ob die Nietnähte dicht halten, wird der Dampfkessel völlig mit Wasser gefüllt und hierauf mit einer Handpumpe Druck im Kessel erzeugt. Undichte Stellen müssen verstemmt werden, doch ist es nicht zu empfehlen, bei anhaltend hohem Wasserdruck im Kessel an den 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. Die zum Schweißen erforder-

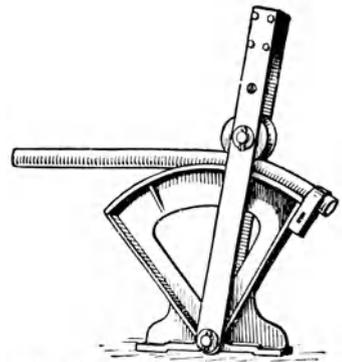


Abb. 105. Rohrbiegeapparat.

berliche Temperatur 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 Azethlen 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 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 autogene Schweißung ist in den letzten Jahren sehr vervollkommenet worden und hat sich sehr verbreitet. Sie kommt namentlich in Betracht bei der Beseitigung von Blechrisen und Abzehrungen, doch werden auch größere Schweißarbeiten auf diesem Wege ausgeführt. Beim autogenen Verschweißen von Rissen wird zunächst längs des Risses eine keilförmige Furche ausgehauen und hierauf ein Eisendraht von passender Dicke eingeschmolzen. Bei Abzehrungen muß die betreffende Stelle zunächst metallisch rein gemacht werden, worauf man neues Eisen in flüssigem Zustande aufträgt. Bei sehr ausgebreiteten Anzehrungen werden auch Flicker aufgeschweißt. Die Schweißnähte an den Dampfdomen und an ähnlichen Stellen werden in den Kesselschmieden als Feuererschweißung ausgeführt, da diese in bezug auf Haltbarkeit zuverlässiger ist als die autogene Schweißung. Doch werden auch umfangreiche und stark beanspruchte Nähte, die Längsnähte an den Trommeln der Steilrohrkessel auf autogenem Wege geschweißt, wobei sich nach angestellten Versuchen ergeben hat, daß diese Schweißnähte durchaus haltbar sind.

13. Die Ausrüstung des Dampfkessels.

Zu jedem Dampfkessel gehören gewisse Armaturen oder Ausrüstungsgegenstände, mittels welcher der geordnete Kesselbetrieb aufrechterhalten 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 (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);
5. aus den Ablauf- und Absperrventilen.

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 Dampf-raum und bei den meisten Kesselarten auch der Wasserspiegel zu sehr verkleinert, und es entsteht sehr nasser Dampf, der, wie wir bereits früher sahen, Wärmever-

Luft herbeiführt und zu Wasserschlägen und Betriebsstörungen der Dampfmaschine usw. Anlaß geben kann.

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

Es ist daher sehr wichtig, daß die Stelle, unter welche der Wasserspiegel im Kessel nicht herunterfallen 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 über der höchsten, von den Heizgasen berührten Kesselstelle liegen. Bei Dampfkesseln, deren Wasseroberfläche kleiner als das 1,3 fache der gesamten Kofstfläche 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 zulässige 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, Schmelzpropfen 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 laut Gesetz 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 200 Millimeter höher als den untersten Probierhahn. Kommt beim Probieren Wasser aus ihm heraus, so muß der Heizer die Speisevorrichtung

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 (Abb. 106) erkennt man daran, daß er breiter ist und ein stärkeres, mehr sprudelndes Geräusch erzeugt als der Dampfstrahl aus dem Dampfraum (Abb. 107), 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 Hahnkegel hohl und versieht ihn mit einer Schmierichraube und mit Schmiernuten. Als Hahnsmiere kann man Talg mit Graphit benutzen. Der Graphit verhütet das Festbrennen der Hahnkegel. Die Hahnkegel haben am unteren Ende eine Schraubennutter, mittels welcher sie im Hahnküfen festgehalten werden. Zwischen Mutter und Hahngehäuse muß eine Unterlegscheibe mit viereckigem Loche angebracht werden, damit sich die Mutter beim Gebrauche des Hahnes nicht losdrehen kann.

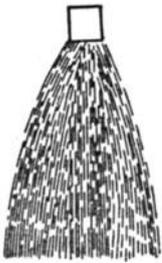


Abb. 106.
Dampfstrahl
aus dem
Wasserraum.



Abb. 107.
Dampfstrahl aus
dem Dampfraum
des Kessels.

Um das Tropfen und die starke Abnutzung der Hähne zu verhüten, benutzt man auch sog. Stopfbüchsenhähne. Das Hahngehäuse derselben ist unten geschlossen und oben mit einer Stopfbüchse für den zylindrischen Teil des Hahnkegels versehen. Da beim Nachschleifen der Hähne der Hahnkegel schwächer und das Hahngehäuse weiter wird, muß darauf geachtet werden, daß die Hähne nach der Instandsetzung noch eine genügend weite Durchgangsöffnung haben. Die Bohrung des Hahnkegels muß daher schließförmig sein und erforderlichenfalls nachgefieilt 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 Schlämmtreide, dreht ihn einige Male im Hahngehäuse um und überzeugt sich dann, ob die Schlämmtreide an der Dichtungsfläche gleichmäßig abgerieben ist.

Für Dampfkessel mit hohem Druck verwendet man am besten an Stelle der Wasserstandshähne Ventile, deren Kegel einen auswechselbaren Ring aus Hartgummi oder ähnlichem Material erhalten und die infolgedessen leichter dicht zu halten sind und leichter beweglich bleiben, als die Hähne.

Alle Hähne und Ventile der Wasserstandsvorrichtungen müssen in gerader Richtung durchstoßbar sein, mindestens 8 Millimeter lichten Durchmesser haben und sich bei etwaigen Verstopfungen während des vollen Betriebes wieder frei machen lassen. Nach gesetzlicher Vorschrift ist bei allen Hähnen am Dampfkessel, und zwar

nicht nur bei den Probierhähnen, sondern auch bei Ablasshähnen, Absperrhähnen an Wasserstandsgläsern, Manometern usw., die Richtung der Durchbohrung des Hahnes außen auf dem Hahnkegel durch Feilstriche deutlich erkennbar zu machen, so daß der Heizer auch bei den in geschlossener Rohrleitung befindlichen Hähnen erkennen kann, ob sie geöffnet oder geschlossen sind.

Die Wasserstandsgläser. Dieselben sind die beste und verlässlichste Vorrichtung zur Erkennung des Wasserstandes. Die Einrichtung der Wasserstandsgläser ist aus Abb. 108 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 dampfsichtigen Abschluß der Glasröhre besorgen die in einer kleinen Stopfbüchse liegenden Gummiringe d, welche durch die Überwurfmuttern f und die Preßringe g an die Glasröhre angepreßt werden. Damit auch die Verbindungen nach dem Kessel gereinigt und etwaige Verstopfungen rasch beseitigt werden können, sind die Wasserstandsköpfe vorn mit den Reinigungsmuttern oder Reinigungsschrauben r versehen, nach deren Entfernung der Heizer mit einem Draht etwaigen Schlamm und Kesselstein aus der Armatur entfernen kann. Der Zeiger k bezeichnet den festgesetzten zulässig niedrigsten Wasserstand im Kessel.

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

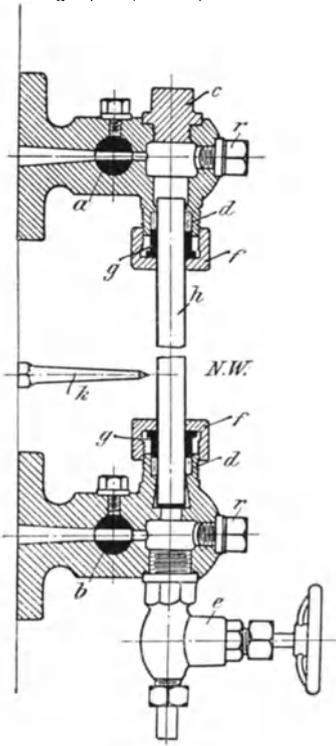


Abb. 108. Wasserstandsglas
(Schnitt).

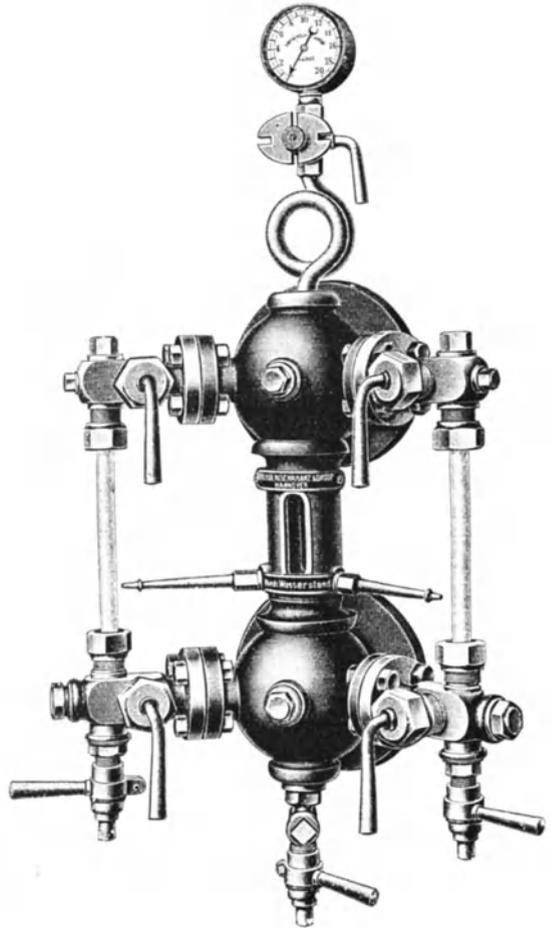


Abb. 109. Vollständiger Wasserstand von
Dreher, Rosenfranz & Droop, Hannover.

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 Stopfbüchsenmuttern Spannungen in den Glasröhren auf, und letztere brechen häufig. Dasselbe ist der Fall,

wenn sie scharfem Temperaturwechsel beim Anstellen oder durch Luftzug ausgesetzt sind. Einzelne Glasfabriken stellen Gläser aus sog. Dauerglase (Duraggläser) her, die auch beim Bespritzen mit kaltem Wasser nicht zerspringen.

Beim Anstellen eines Wasserstandsglases öffne man den unteren Abflußhahn und lasse zunächst eine Weile Dampf durch das Glas ausströmen. Hierauf öffne man den unteren Wasserhahn am Glase, so daß Wasser aus dem Kessel strömt, und schließe nunmehr den Abflußhahn. Bei der Auswahl der Gläser achte man

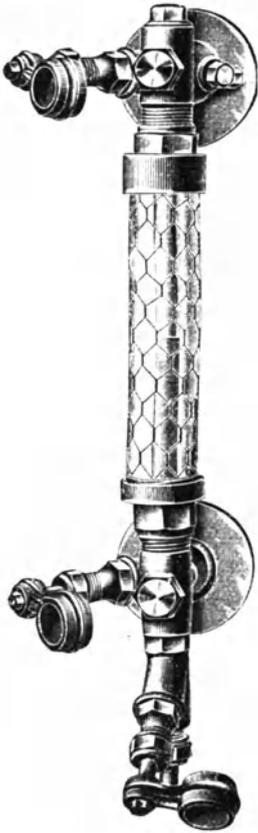


Abb. 110. Rundes Wasserstandsglas mit Schutzhülle.

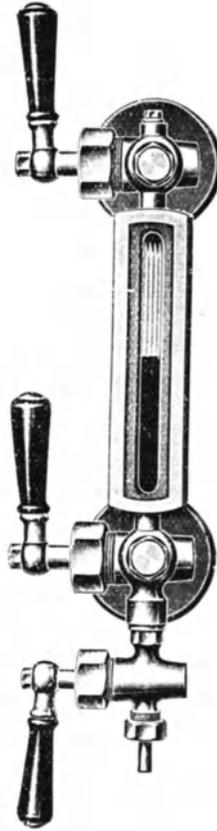


Abb. 111. Flache Wasserstandsgläser; Schutzhüllen entbehrlich.



Abb. 112.

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

Die runden Wasserstandsgläser werden noch mit Schutzhüllen versehen, die die Gläser vor kalter Zugluft und den Heizer bei Glasbruch vor herumfliegenden Glassplittern schützen sollen. Nicht zu empfehlen sind die vorn und hinten mit einem Schlitze versehenen Messingrohre, ebenso die parallel mit dem Glase verlaufenden Eisenstäbe und Drahtgitter, da sie keinen genügenden Schutz bieten und erstere auch das Erkennen des Wasserstandes erschweren. Besser und auch dauerhafter sind

Schutzhüllen aus starkem Glase oder aus Glas mit eingeschmolzenem Drahtnetz (Abb. 110). 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 **Rlinger'schen Wasserstandsapparat** (Abb. 111 und 112) 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 Wasserstand im Wasserstandsapparate schwarz, der darüber befindliche Dampfraum aber silberglänzend weiß erscheint. Die flachen Wasserstandsgläser zeichnen sich durch große Haltbarkeit aus und bedürfen keiner Schutzhüllen.

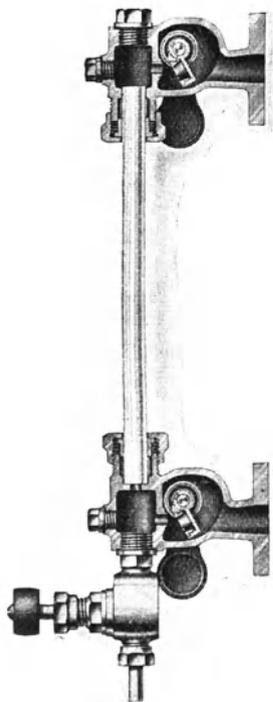


Abb. 113. Wasserstands-
anzeiger der Firma
Schumann & Co.,
Leipzig-Plagwitz. Bei
einem Bruch des Was-
serstandsglases werden
die Klappen durch den
Druck des ausströmen-
den Wassers oder
Dampfes geschlossen.

Die Gläser nutzen sich, namentlich bei sodahaltigem Wasser, in der Höhe des schwankenden Wasserpiegels 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 (Abb. 112) 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 Mutter schlüssels zwei eingeseilte Flächen hat. Hierauf zieht man die Stopfbüchsenmuttern der Wasserstandsköpfe wie beim Einsetzen eines gewöhnlichen Wasserstandsglases fest. Um das Schauglas reinzuhalten, ist öfteres Ausblasen nötig. Außerdem lassen sich die Gläser reinigen, indem man durch den unteren Spitzhahn oder durch die verschraubte Öffnung des oberen Wasserstandskopfes mit einer Bürste hindurchfährt.

Wasserstandsgläser mit selbsttätigem Verschuß. Bei Dampfkesseln mit hohem Betriebsdruck oder bei hochliegenden Wasserständen verwendet man Wasserstandsapparate mit selbsttätigem Verschuß bei Glasbruch. Die Abschlußvorrichtungen bestehen entweder in einer Messingkugel oder in einer Drehklappe im Hahngehäuse, die beim Bruch des Wasserstandsglases durch den Druck des ausströmenden Dampfes gegen dessen Austrittsöffnung geschleudert werden und den

Wasserstandskörper selbsttätig verschließen. Nebenstehend (Abb. 113) ist ein derartiger Wasserstandsapparat mit Selbstverschuß abgebildet. In den Wasserstandskopf ragt eine Spindel hinein, an der eine Metallklappe mit einem Dichtungspflöpsen befestigt ist. Im Betriebe steht die Klappe nur wenig von der Öffnung im Wasserstandsköpfe ab; 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 Auseinanderschrauben erneuert zu werden brauchen. Sie haben ferner den Vorteil, daß die kleinen hier in Betracht kommenden Bohrungen nicht so leicht verstopft werden können, wie dies durch Hanf- oder ähnliche Packungen möglich ist.

Sind die Wasserstandskörper durch eingemauerte Rohre mit dem Kessel verbunden, so ist darauf zu achten, daß letztere genügend vor den Heizgasen geschützt sind. Ist dies nicht der Fall, ist das betreffende Mauerwerk schadhaft oder zu schwach, so wird in den Verbindungsrohren Dampf entwickelt, und das Wasser schwankt im Wasserstandsgläse fortwährend so unruhig auf und nieder, daß man den Wasserstand im Kessel überhaupt nicht beurteilen kann. Gerade nach dem Kessel durchstoßbare Verbindungsrohre müssen mindestens 20 Millimeter, gebogene Verbindungsrohre bei Dampfkesseln bis zu 25 Quadratmeter Heizfläche mindestens 35 Millimeter, bei größeren Kesseln mindestens 45 Millimeter lichten Durchmesser haben. Werden die Wasserstandskörper an einen gemeinsamen Hohlkörper (meist aus Gußeisen) angeschraubt, so müssen dessen Verbindungsrohre mit dem Dampf- und Wasserraum mindestens je 60 Millimeter lichten Durchmesser haben (§ 7 des Dampfkesselgesetzes).

Die **Schwimmerwasserstandsanzeiger** (Abb. 114) 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 Dampfpfeifen geöffnet und letztere zum Erttönen gebracht. Bei den Schwimmereinrichtungen muß die Zeigerachse an der Stelle, wo sie durch das Apparatgehäuse 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 vermag 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

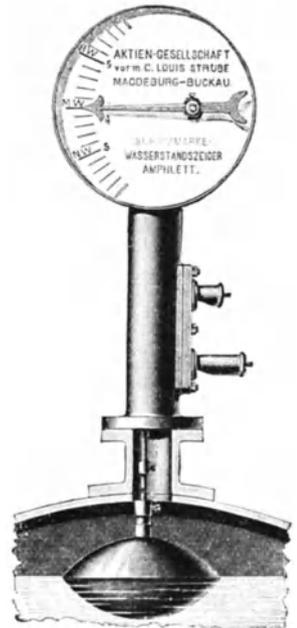


Abb. 114. Schwimmerwasserstandsanzeiger Amphlett.

werden. Der Schwimmer ist vor dem Zulöten zu einem kleinen Teil mit Wasser zu füllen, daß sich unter dem Einfluß des heißen Kesselwassers in Dampf verwandelt und den Schwimmer vor dem Zusammendrücken durch den Kesseldampf schützen soll.

Der **Hahnemannsche Wasserstandsanzeiger** wird an Steilrohrkesseln angewendet und hat den Zweck, den sehr hochliegenden Wasserstand in den Oberkessel herunterzuziehen. Er wird neben den gewöhnlichen Wasserstandsapparat am vorderen Oberkessel angebracht und besteht in einem Schwimmer, an dem eine bis zum Heizerstand reichende Kette oder ein ebensolches Rohr angebracht ist, hinter dem eine elektrische Glühbirne brennt. Das Gehäuse, in welchem sich der Schwimmer, die Kette oder das Rohr befinden, steht mit dem Dampf- und dem Wasserraum des Oberkessels in Verbindung und ist infolgedessen immer in gleicher Höhe wie der Kessel mit Wasser gefüllt, auf dem der Schwimmer schwimmt. Das untere Ende der Kette oder des Schwimmerrohres geben demnach den jetzigen Wasserstand im Kessel an und sind durch ein Schauglas in einer Höhe von etwa 2 Meter über dem Fußboden des Kesselhauses für den Heizer sichtbar. Bei Reparaturen darf die Länge der Kette oder des Schwimmerrohres nicht verändert werden. Völlig verlassen darf sich der Heizer aber auch auf diese Wasserstandsrichtungen nicht, sondern er muß sie stets mit den regelrechten Wasserstandsapparaten am Oberkessel der Steilrohrkessel vergleichen.

Um sich vor den Gefahren des Wassermangels zu schützen, benutzt man noch verschiedene Apparate, die eine Dampfpfeife oder ein elektrisches Läutewerk selbsttätig in Gang setzen, sobald das Wasser im Kessel unter den festgesetzten zulässig niedrigsten Wasserstand gefallen ist. Der hierher gehörige **Bladsche Speiserufer** (Abb. 114a) 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 Dampfpfeife angeschraubt und seitlich ein Schneckenrohr von etwa 35 Millimeter Durchmesser angeschlossen. Die Rohröffnung nach der Dampfpfeife ist durch eine Metallscheibe verperrt, die aus einer Legierung besteht, deren Schmelztemperatur einige Grad über 100° Celsius liegt. Taucht das untere Ende des Rohres in das Kesselwasser, so füllt es sich mit Wasser, welches aber infolge der

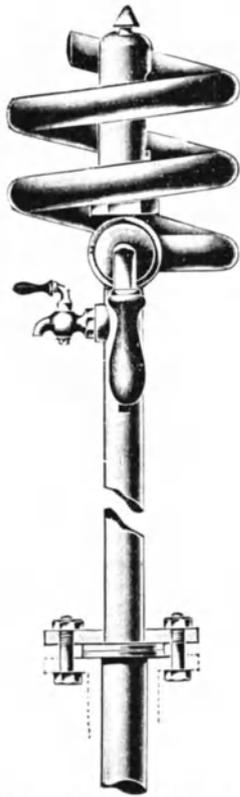


Abb. 114a. Der Bladsche Speiserufer.

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 gut in Ordnung gehalten werden. Wegen

der leichten Möglichkeit des Versagens sind sie auch nicht als gesetzliche Wasserstandsborrichtungen anerkannt, insofgedessen 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 mußte eine Glaslänge von 735 Millimeter zur Verfügung stehen. Bei einem Kesseldruck von 10 Atmosphären wäre demnach eine 7,35 Meter lange Glasröhre erforderlich, was für praktische Verhältnisse nicht ausführbar ist. Am oberen Ende des Meßrohres wurde ein Fangbehälter angebracht, der das Quecksilber aufnahm, wenn es bei einer Drucküberschreitung im Kessel aus dem Rohre getrieben wurde. Quecksilbermanometer werden nur noch angewendet, um Federbarometer zu prüfen und einzustellen.

Beim Dampfkesselbetrieb werden nur noch Röhrenfeder- oder Plattenfedermanometer benutzt. Das Röhrenfedermanometer (Abb. 115), 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 in ein Zahnrad auf der Zeigerachse greift, dazu benutzt, den Zeiger auf der Manometerkala 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.

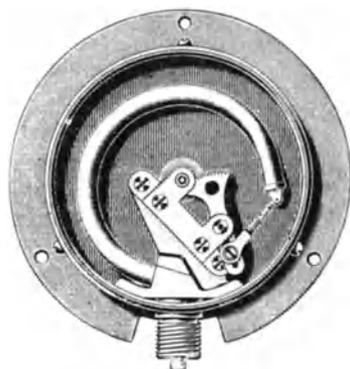


Abb. 115. Röhrenfedermanometer mit abgenommenem Zifferblatt von Dreher, Rosenkranz & Droop, Hannover.

Bei dem Plattenfedermanometer (Abb. 116 und 117) 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.

Zur Vermeidung des toten Ganges in den Gelenken und Zahnradübertragungen bringt man bei allen Federmanometern eine kleine Spiralfeder auf der Zeigerachse an. Die Manometer müssen vor zu hoher Erwärmung geschützt werden, da die Federn durch hohe Wärme ihre Elastizität verlieren und bald falsch anzeigen. Man befestigt sie deshalb an einer vor Wärme geschützten Stelle des Kesselhauses und schaltet außerdem in ihre Rohrleitung einen sog. 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 Silber-

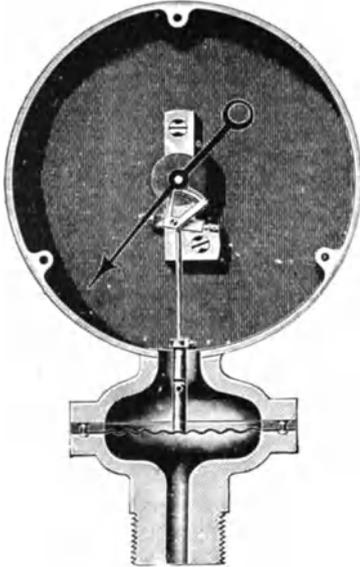


Abb. 116.



Abb. 117.

Plattenfederanometer.

schicht. Man kann aber auch die Röhrenfeder zum Schutze gegen Rosten mit Glyzerin füllen; in diesem Falle müssen sie aber hängend angeschraubt sein, damit das Glyzerin nicht herauslaufen kann. An jedem Manometer ist ferner ein sog. Kontrollflansch zum Anschrauben des amtlichen Kontrollmanometers des staatlichen Aufsichtsbeamten vorgeschrieben (Abb. 118). Mit dem Kontrollflansch ist ein Dreiweghahn 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.



Abb. 118. Kesselmanometer mit dem angeschraubten amtlichen Kontrollmanometer.

Die Plattenfeder wird durch Erwärmen leichter beschädigt als die Röhrenfeder; auch verwirft sie sich bei einseitiger Erwärmung, und das Manometer zeigt dann falsch. Ungenauigkeiten im inneren Wert des Plattenmanometers (toter Gang) machen sich ferner stärker bemerkbar, da die Übersetzung von der Feder auf den Zeiger ungefähr 1:70 beträgt, gegenüber 1:2 beim Röhrenfederanometer. Außerdem ist die Plattenfeder in der Anzeige bedeutend träger als die Röhrenfeder. Wenn z. B. nach längerer Entlastung Druck zugelassen wird, zeigt

die Röhrenfeder sofort den richtigen Druck an, die Plattenfeder dagegen erst nach mehrmaliger Belastung. Eine gleiche Verzögerung in umgedrehter Reihenfolge tritt bei starkem Fallen des Dampfdruckes ein. Die Röhrenfedermanometer haben demnach vor dem an sich billigeren Plattenfedermanometer den großen Vorzug des besseren Funktionierens.

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

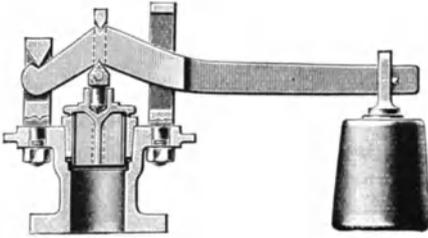
Geht das Manometer falsch, geht z. B. der Zeiger nicht auf den Nullpunkt zurück, so muß man zunächst versuchen, den Fehler durch Drehen des Zifferblattes zu beheben. Man darf die Manometer nicht für zu hohen Druck benutzen und auch nicht plötzlichen Druckschwankungen, wie sie etwa in Speiseleitungen dicht hinter der Pumpe auftreten, aussetzen, da hierdurch die Federn beschädigt werden. Bei hohen Dampfkeßeln 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 mindestens für den halben, bei Kesselbrücken über 10 Atmosphären mindestens für 5 Atmosphären mehr ausreichen. Durch fortwährende Beanspruchung des Manometers bis zu seinem Enddruck treten eine vorzeitige Erlahmung der Manometerfeder und als Folge davon ungenaue Angaben ein. Auch aus diesem Grunde müssen die Manometer immer für einen wesentlich höheren Druck, als der höchste zulässige Kesseldruck, bestellt werden. Die Angaben der Manometerzifferblätter lauten auf kg/qcm, wobei $1 \text{ kg/qcm} = 1 \text{ Atmosphäre}$ gesetzt wird. (Eine Ausnahme machen nur Amerika und England, die noch nach Pfund pro Quadrat Zoll rechnen.)

Die Vakuummeter. Die in Abb. 116 dargestellten Manometer können auch als Vakuummeter, d. h. zum Messen von Drücken unter 1 Atmosphäre dienen; die Federn müssen dann natürlich wesentlich empfindlicher sein und auch die Zifferblätter eine andere Einteilung haben. Da diese geringen Drücke nur bei den Kondensationsanlagen der Dampfmaschinen und Dampfturbinen auftreten, sind die Vakuummeter in der Maschinistenschule besprochen.

Die Sicherheitsventile sollen, wie schon der Name sagt, der Sicherheit beim Kesselbetrieb dienen und zu hohen Dampfdruck im Kessel verhüten. Das Sicherheitsventil muß daher abbläsen, 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 Essenzuges 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 (Abb. 119) hat den Vorteil, daß sie einfach ist und keiner Nachstellung bedarf, wie die Federbelastung, bei welcher die Feder zeitweilig nachgespannt werden muß. Sicherheitsventile für Überhitzer und für fahrbare Kessel (Krane, Lokomotiven, Straßenwalzen) rüstet man jedoch wegen der größeren Unempfindlichkeit gegen den Rückstoß des Dampfes in der Dampfmaschine und gegen die beim Fahren des Kessels auftretenden Erschütterungen mit Federbelastung aus (Abb. 120). Das

Belastungsgewicht hängt in einer Kerbe auf dem Hebel und wird durch eingebaute Splinte gegen jede Verschiebung gesichert. Bei Sicherheitsventilen mit Federbelastung ist ein Anspannen der Feder über den zulässigen Druck hinaus durch eine Sperrhülse zu verhüten. Die Sicherheitsventile müssen sich während des Betriebes



Normale Sicherheitsventile.
Abb. 119 mit Gewichtbelastung.

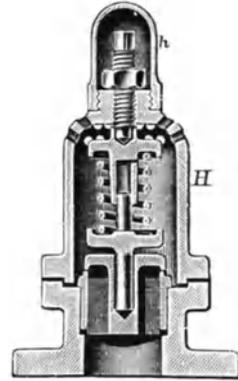


Abb. 120. mit Federbelastung.

durch Anheben lüften und die Ventilteller auf dem Sitz drehen lassen. Man versieht 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 Ven-

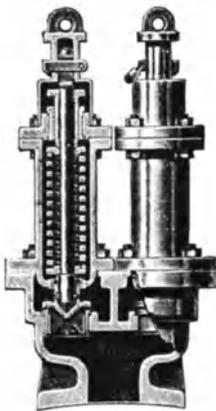


Abb. 121.
Sicherheitsventile mit direkter Federbelastung
für Schiffskessel.

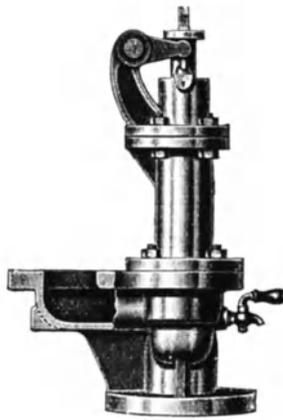


Abb. 122.

tilen wird eine Zugstange angebracht, mit der man das Ventil lüften kann (Abb. 121, 122).

Zum Unterschiede von den gewöhnlichen Sicherheitsventilen gibt es noch **Vollhubventile**. Dieselben haben über den eigentlichen Ventilteller noch eine angegossene volle Scheibe, die einen größeren Durchmesser als der Ventilteller hat (Abb. 123). 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 Ventil-

teller 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 hinausragen. Bei dem auf Lokomotiven, Dampfbooten usw. häufig angewandten Popschen Vollhub-Sicherheitsventil (Abb. 124 und 125) ist durch die Verstellbarkeit eines den Ventilsitz und den Ventilfegel

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. 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 $1/2$ Millimeter Spielraum haben. Die Sicherheitsventile werden am besten an der

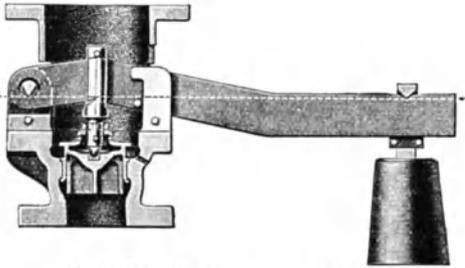


Abb. 123. Vollhubsicherheitsventil.

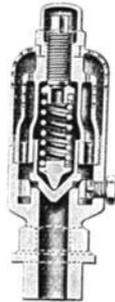
Abb. 124.
Popple'sches Sicherheitsventil mit verstellbarem Vollhub für Lokomotiven.

Abb. 125.

höchsten Stelle des Dampftraumes, z. B. an einem Stutzen des Dampfdomes angebracht. Befinden sie sich an einer tiefen, dem Wasserspiegel im Kessel nähergelegenen 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 derselben Betriebsvorrichtung (Dampfmaschine) abhängig sein dürfen. Zwei von derselben Dampfmaschine angetriebene Transmissionspumpen sind demnach unzulässig, eine der beiden Speisevorrichtungen muß eine Dampfpumpe oder ein Injektor sein. Zulässig sind natürlich auch zwei Injektoren oder zwei Dampfpumpen. Jede Speisepumpe muß ferner doppelt so viel Wasser in den Kessel speisen können, als der Kessel in normalem Betriebe verdampft. Bei Maschinenpeisepumpen genügt die $1/2$ fache Leistungsfähigkeit. Handpumpen dürfen nur für Dampfkessel verwendet werden, wenn Heizfläche in Quadratmetern mal Kesseldruck in Atmosphären nicht größer als 120 ist¹⁾. Die Speisevorrichtungen sind ständig betriebsbereit zu halten und abwechselnd zu benutzen.

Die einfachwirkende Speisepumpe mit Pumpenkolben (Abb. 126). Dieselbe besteht aus dem Pumpenzylinder a und den angeschraubten Ventilgehäusen b.

¹⁾ Näheres siehe Reichsges. Bl. 1923 I, Seite 263.

In dem Pumpenzylinder geht der massive Kolben *c* auf und nieder; die Stopfbüchse *d* schließt den Pumpenkolben und den Pumpenstiefel wasser- und luftdicht ab. Der dichte Abschluß des Kolbens wird durch geflochtene, mit Talg eingefettete Hanfzöpfe erzielt, die in die Stopfbüchse eingelegt und mittels zweier Schrauben und der sog. 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.

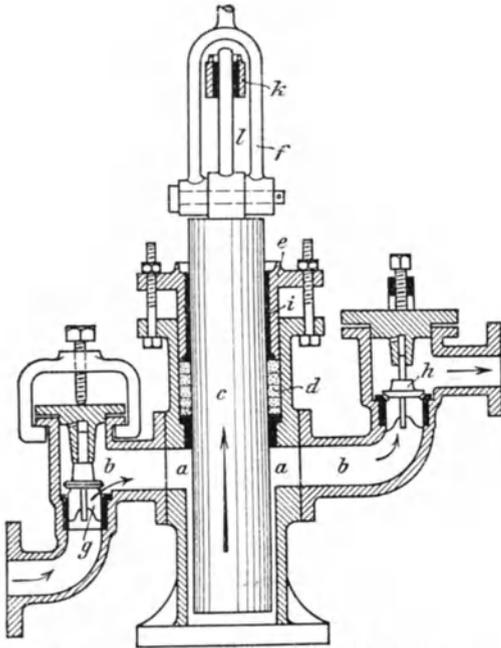


Abb. 126. Einfach wirkende Speisepumpe.

Beim Aufwärtsgange des Kolbens entsteht in dem Pumpengehäuse ein luftleerer Raum; das Druckventil setzt sich infolgedessen fest auf seinen Sitz auf und schließt die Druckleitung nach dem Kessel ab, während sich das Saugventil öffnet und in das Pumpengehäuse Wasser eintreten läßt. Bei seinem Abwärtsgange drückt der Kolben auf das im Pumpenzylinder stehende Wasser, das Saugventil wird geschlossen und das Wasser aus dem Pumpenstiefel durch das geöffnete Druckventil in die Speiseleitung und in den Kessel gepreßt. Da auf jede Kolbenbewegung nur eine Wirkung, entweder eine Saug- oder eine Druckwirkung kommt, nennt man diese Art Pumpen einfachwirkend.

Die einfach wirkenden Pumpen sind durchgängig Plunger- (= Tauchkolben-)pumpen. Sie

werden für Maschinen- und Transmissionsantrieb und auch als Dampfpumpen ausgeführt und zeichnen sich durch sicheres Funktionieren aus. Mitunter ist nach jahrelangem Gebrauch infolge ungleichmäßiger Abnutzung die Stopfbüchse nicht mehr in dichtem Zustand zu erhalten. Der Pumpenkolben ist dann auf der Drehbank abzdrehen und die Stopfbüchse dem verkleinerten Kolbendurchmesser entsprechend neu auszubuchsen. Die Führungen für den Kolben macht man aus Rotguß oder Messing, einerseits zur Verhütung des Rostes, andererseits auch der geringen Abnutzung wegen, da Reibungsflächen von Gußeisen auf Gußeisen oder Gußeisen auf Schmiedeeisen zu stark verschleifen. Zur sicheren Führung erhalten die Ventilegel unter dem Führungssitz angegoßene Führungsflügel und über dem Ventilsitz 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 Sitz auf, so ist die Hubhöhe des Ventilegels durch einen Metall- oder Lederring über dem Führungsstift zu verringern. Die Hubhöhe der Ventilegel soll $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ des lichten Ventildurchmessers betragen; sie muß um so kleiner sein, je schneller die Pumpe arbeitet. Läuft die Pumpe schnell, oder wählt man eine größere Hubhöhe, so bringt man auf den Ventilegeln Spiral-

federn 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 verlagert. 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** (Abb. 127) 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 Abb. 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 langsamem Gang einstellen, so daß die geförderte Wassermenge in weiten Grenzen veränderlich ist und die Pumpen sich auch für ununterbrochene Kesselspeisung eignen. 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 (Abb. 128). 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

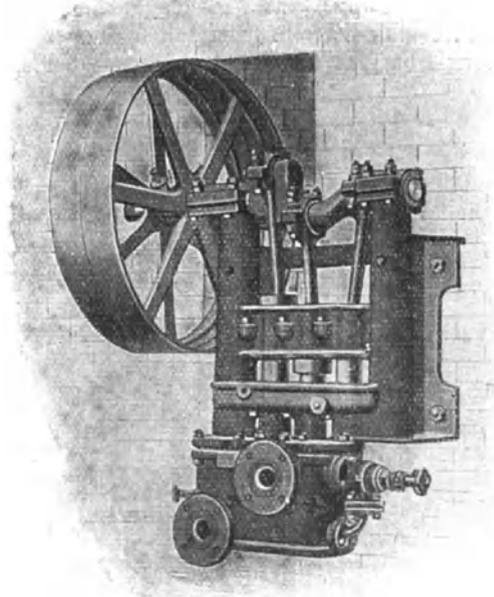


Abb. 127. Dreiplungerpumpe mit Umlaufvorrichtung von Raecher, Pumpenfabrik in Chemnitz.

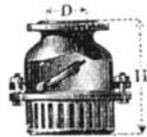


Abb. 128. Saugkorb mit Tellerventil.

und die Pumpe bei der Ingangsetzung sofort ansaugt. Saugt die Pumpe schwer an, so schließt man das Abperrventil 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 Schraubenverchlüsse der Pumpengehäuse leicht zugänglich angeordnet sein. Die Saughöhe der Pumpe ist von der Temperatur des Wassers abhängig; je wärmer das Wasser ist, um so kleiner muß sie sein. Bei kaltem Wasser beträgt sie theoretisch 10 Meter, in der Praxis darf sie aber nicht größer als 8 Meter sein. Das Nähere über die Saugwirkung der Pumpe ist bereits früher bei der Besprechung über die Messung des Luftdruckes erörtert worden (S. 86).

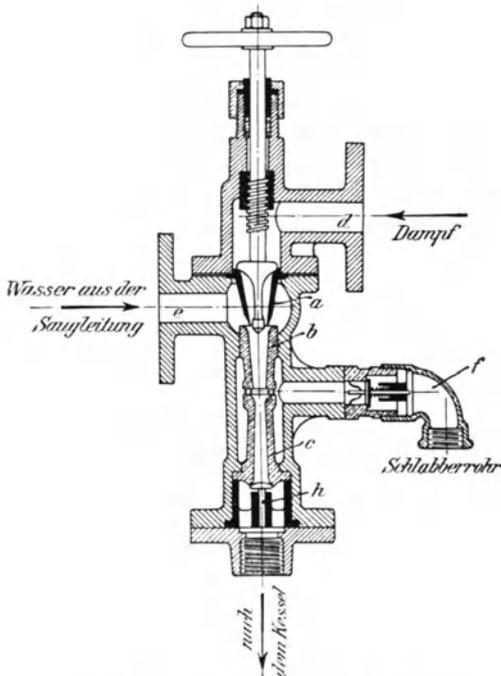


Abb. 129. Der einfache Injektor.

Die Dampfstrahlpumpen oder Injektoren. Dieselben sind wegen ihrer Einfachheit und Zuverlässigkeit vielfach angewendet. Der Dampf tritt an der Stelle *d* in den Injektor (Abb. 129). Wird die Ventilspindel 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 heraustritt, anfangs zerstreut ist und durch das Überlaufrohr *f*, das sog. Schlabberrohr, entweicht. Allmählich dringt jedoch der Wasserstrahl in die Tangdüse *c* ein, setzt infolge der allmäh-

lichen Erweiterung dieser Düse seine Geschwindigkeit in Druck um und ist schließlich imstande, das bei *h* angebrachte Rückschlagventil zu öffnen, und tritt in den Kessel ein. Der Überlauf des Wassers durch das Schlabberrohr wird nach kurzer Zeit geringer, bis schließlich beim weiteren Öffnen des Dampfzuzufusses gar kein Wasser mehr aus dem Schlabberrohr herauskommt. Die Düse *a* nennt man die Dampf Düse, 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 Dampf Düse muß verstellbar sein und ist während des Ansaugens zunächst wenig Dampf zuströmen zu lassen. Saugt der Injektor an, so muß durch weiteres Herausdrehen der Regulier spindle 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 Regulier spindle unten konisch, so daß beim Herausdrehen die Öffnung der Dampf Düse 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 die Überdruckdüse in der Mitte zusammengelassen und haben an der Verbindungsstelle schiffsförmige Öffnungen, durch welche das Überlaufwasser abfließen kann.

Der Rörtingsche Universal-Injektor (Abb. 130 bis 132) bildet eine Vereini-

gung von zwei Injektoren, von denen der eine das Wasser anzusaugen und der zweite das angesaugte 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 nach rechts nach links erforderlich. Wird der Hebel bewegt, so schiebt sich die Stange g nach oben, 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 denen die Dampfventile i_1 und i_2 geführt sind. Das Ventil i_1 hat einen kleineren Durchmesser als das Ventil i_2 . Letzteres hat außerdem unten einen zugespitzten Ansatz, welcher, wie beim

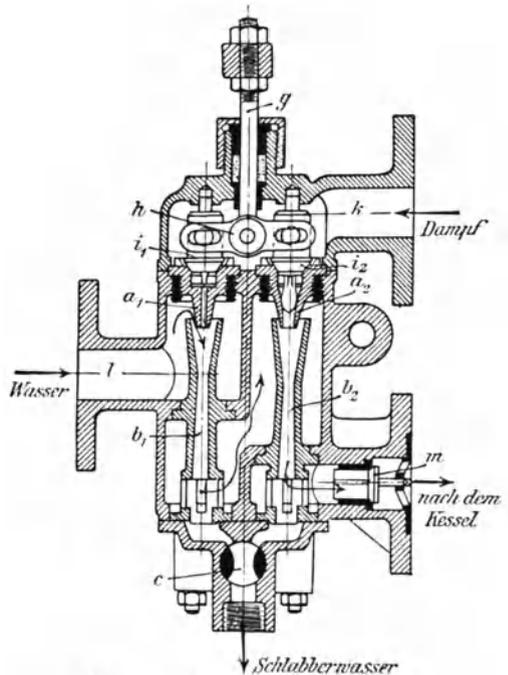


Abb. 130. Rörtingscher Universal-Injektor (Schnitt).

einfachen Injektor, die Öffnung der Düse reguliert. Da die Ventile nicht gleich groß sind, werden sie durch den Druck des Dampfes, der dem Injektor durch das Rohr k zufließt, ungleich belastet. Geht die Stange g in die Höhe, so öffnet sich zunächst das kleine, weniger belastete Ventil i_1 des ersten Injektors, und letzterer beginnt mit dem Ansaugen des durch das Saugrohr l eintretenden Wassers. Erst wenn das Ventil i_1 ganz geöffnet ist und sein Stiel oben im Injektorgehäuse anstößt, hebt sich bei der Weiterbewegung des Hebels d und des Bolzens g 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 mit dem Ingangsetzen 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 schiffsförmigen Öffnungen nach der Mischdüse b_2 strömen muß. Der Hahn c stellt sich hierbei so ein, daß das Wasser aus der Düse b_2 zunächst durch das Schlabberrohr entweichen kann. Allmählich wird aber der Hahn c auch auf dieser Seite ge-

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 Anagge 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 Anagge anliegt, so kann beim Ingangsetzen des Injektors nicht der volle Hub des Exzentrers, auf dem der Hebel sitzt, 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 Ab-

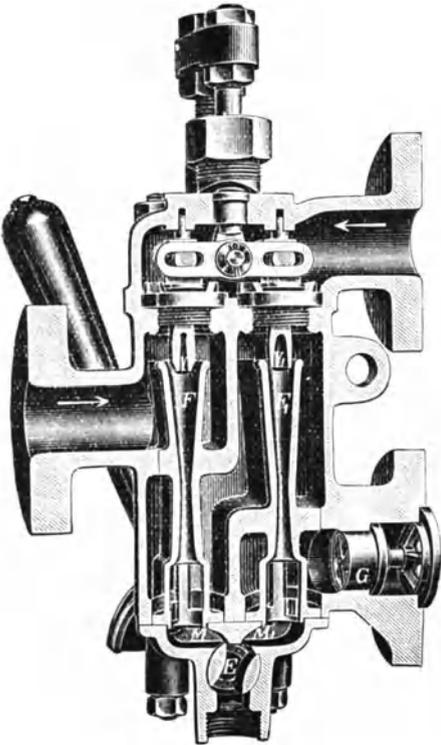


Abb. 131.

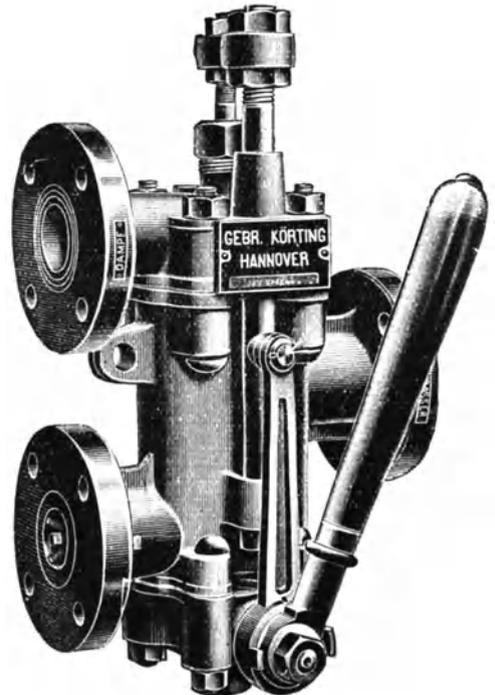


Abb. 132.

Körting'scher Universal-Injektor.

Schrauben des oberen Injektorteiles nur eine dünne Pappscheibe 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 herauskommen, 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. Während der Ansaugperiode ist der Hebel leicht zu drehen; sobald aber das Druckventil i_2 gehoben werden muß, geht er schwerer; der Heizer bemerkt daher sehr deutlich, wenn die Ansaugperiode beendet ist und die Druckwirkung im Innern des Injektors beginnt. Diese In-

jektoren 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 Druckdüse. Das Rohr e ist die Dampfzuleitung, das Rohr f die Saugleitung nach dem Brunnen, das Rohr k die Druckleitung nach dem Kessel.

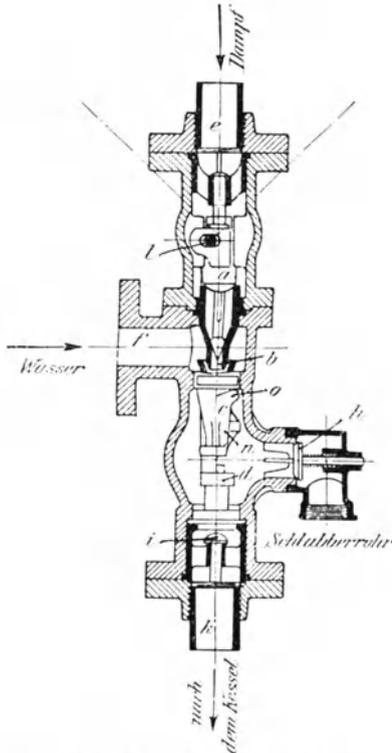


Abb. 133. Schnitt durch den Restarting-Injektor.

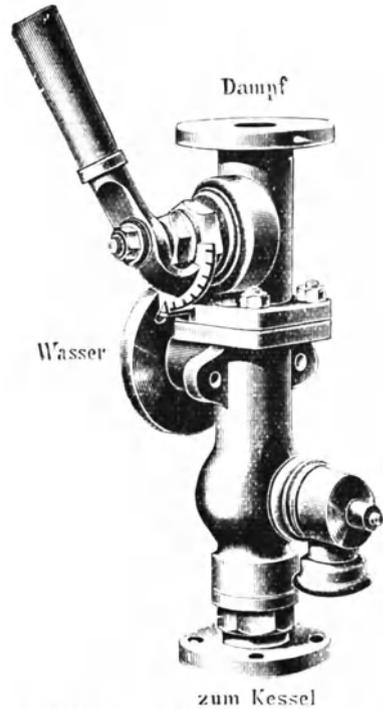


Abb. 134. Restarting-Injektor von Anave, Meerane i. S.

Dreht man den Hebel (Abb. 133, 134), 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 überschüssige 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.

Verfagt 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

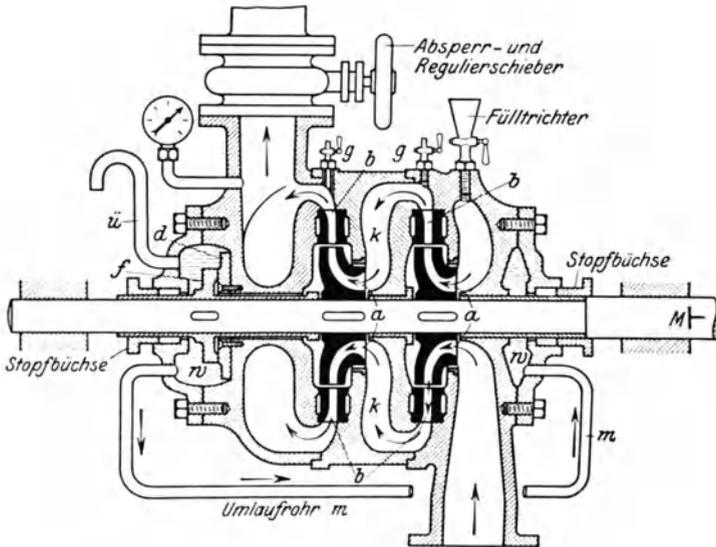


Abb. 135. Zweistufige Kreiselpumpe.

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 Bögen auszuführen. Sind scharfe Ecken in den Rohrleitungen vorhanden, so stößt sich das Wasser, und es ist unnötig viel Reibungswiderstand zu überwinden. Hat sich in den Düsen Kesselstein angeesetzt, 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. Bei der Untersuchung eines verfallenden Injektors ist zu beachten, daß er durch die Kondensation des Betriebsdampfes, welche durch das angesaugte Speisewasser bewirkt wird, wirken muß. Ist das Speisewasser zu heiß, so wird diese Kondensation unvollständig und der äußere Luftdruck vermag dann das Speisewasser nicht nachzudrücken.

Die Injektoren drücken das Speisewasser zwar mit hoher Temperatur in den Kessel; doch ist hierbei zu berücksichtigen, daß diese Temperaturerhöhung lediglich

dadurch zustande kommt, daß zu dem Speisewasser direkter Dampf aus dem Kessel hinzutritt. Es besteht sonach in bezug auf Wärmeersparnis ein großer Unterschied darin, ob das Kesselspeisewasser unter Verwendung einer Pumpe oder eines Abdampf- oder eines Rauchgasvorwärmers oder unter Verwendung eines Injektors heiß in den Kessel gelangt. Die Injektoren werden daher, weil sie für das Speisen von heißem Wasser nicht gut geeignet sind, zumeist nur aushilfsweise in Betrieb genommen.

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* (Abb. 135) bewirkt. Die Zahl der Schleuderräder ist verschieden, es gibt auch Kesselspeisepumpen für 15 Atmosphären Betriebsdruck, die nur ein Schleuderrad haben (einstufige Pumpen). Abb. 135 zeigt eine zweistufige Pumpe. Die Schleuderräder sind auf der Welle festgekeilt und haben im Innern spiralförmig nach außen verlaufende Kanäle *S* (Abb. 136). 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.

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 so weit 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 Regulierschieber angelassen 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 Abb. 135 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 *ü*, welches selbstver-



Abb. 136. Querschnitt durch eine Kreiselpumpe.

S = schnell rotierendes Schleuderrad.

L = fest stehendes Leitrad.

K = Abflußkanäle.

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

Entsprechend der unvermeidbaren Abnutzung an den Auflageflächen der Entlastungsscheiben d und f tritt im Laufe der Zeit eine Verschiebung der Welle mit

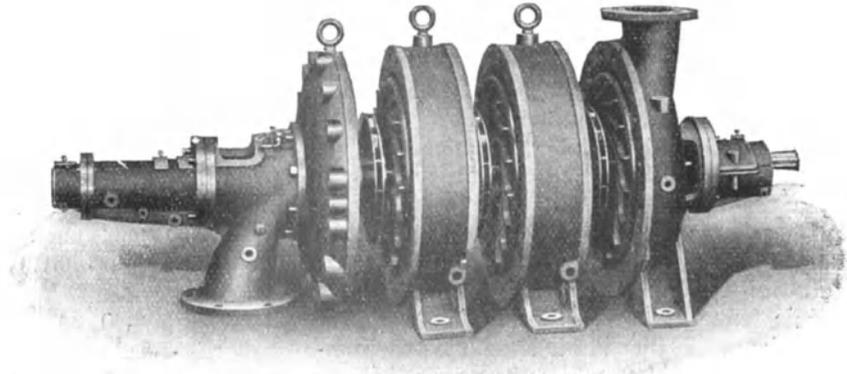


Abb. 137.

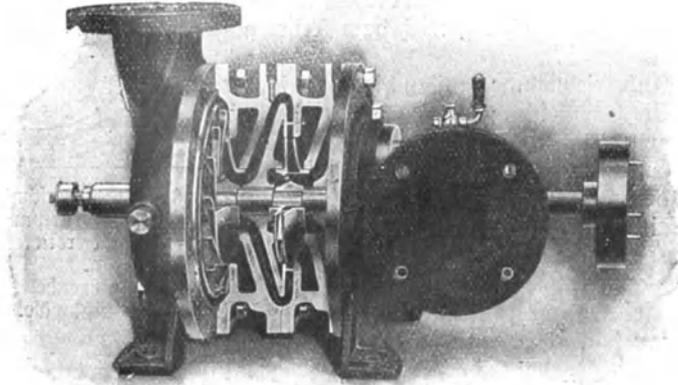


Abb. 138.

Abb. 137 und 138 zeigen eine aufgeschnittene und auseinandergenommene Zentrifugalpumpe der Firma Jaeger & Co. in Leipzig.

den darauf befestigten Laufrädern gegen die Saugseite hin ein, so daß die 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 dünnen 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 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 warmlaufen oder die Welle angefressen wird. Die Wasserkammer auf der Saugseite ist durch das Umlaufrohr mit der Wasserkammer auf der Druckseite zur Verhütung des Einschneffelnß 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 verlangsamt und in Druck umgesezt wird. Auf der richtigen Bauart der 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

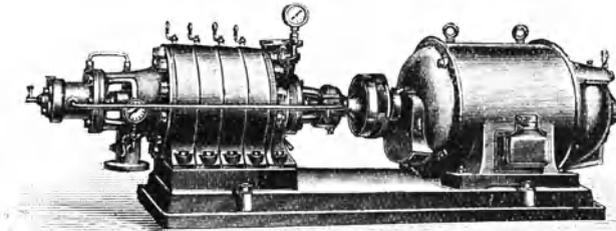


Abb. 139. Zentrifugalpumpe mit elektromotorischem Antrieb der Firma Maehler in Chemnitz.

sie infolge ihrer Einfachheit, ihres geringen Platzbedarfes, der Betriebsicherheit und der stoßfreien Arbeitsweise bei großen Kesselanlagen ausschließlich angewendet.

Die ununterbrochene und selbsttätige Speijung. Die selbsttätigen Wasserstandsregler. Der Zweck dieser Apparate ist, selbsttätig die Speijung 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 Überspeijung 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 Speijevorrichtungen, wie Transmissions- oder Dampfpumpen, an- und abstellen, werden in verschiedener Weise ausgeführt. Einige Apparate wirken durch einen beweglichen Schwimmer, der auf dem Wasserspiegel im Kessel schwimmt und sich mit diesem hebt und senkt und hierbei ein Hebelwerk bewegt, durch welches das Speijeventil geöffnet und geschlossen wird. Bei diesen Apparaten muß die Speijepumpe ununterbrochen laufen und etwas mehr Wasser fördern, als verdampft wird. Damit die Pumpe nicht beschädigt wird, wenn der automatische Speijepapparat das Speijeventil in den Kessel geschlossen hat, muß in die Speijeleitung ein Sicherheitsventil eingebaut werden, durch welches das zuviel geförderte Wasser aus der Speijeleitung 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 Speijeleitung ein Manometer einzuschalten, nach

welchem man den Überdruck in der Speiseleitung bemißt. Der Nachteil dieser Einrichtung besteht darin, daß die Pumpe überflüssige Arbeit verrichten muß und daß in der Speiseleitung bei abgestelltem Speiseventil ein ziemlich hoher Druck entsteht.

Um diesen Übelstand zu beseitigen, richtet man die automatischen Wasserstandsregler so ein, daß sie nicht das Speiseventil, sondern **das Dampfventil** an der Speisepumpe öffnen und schließen oder die Transmissionspumpe durch Verschieben des Riemens von der Fest- nach der Losscheibe ein- und austücken. Bei dem nebenstehend skizzierten von Rasmussen & Ernst, Chemnitz, gebauten Apparat (Abb. 140) dient zur Regulierung des Wasserstandes im Kessel kein Schwimmer, sondern es sind zu diesem Zwecke zwei Einhängerohre vorhanden, von denen das eine bis zum normalen Wasserstande und das andere 100 Millimeter tiefer reicht. Beide Rohre sind an einem Kesselstutzen befestigt und durch zwei dünne elastische Kupferrohre von etwa 15 Millimeter Durchmesser mit einem geschlossenen hohlen Be-

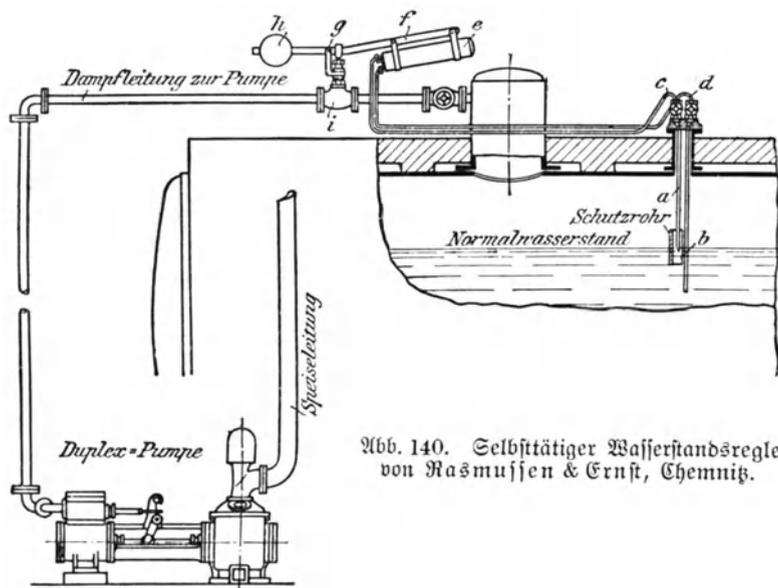


Abb. 140. Selbstätiger Wasserstandsregler von Rasmussen & Ernst, Chemnitz.

hälter verbunden, der an dem Rippehebel *f* befestigt ist. Auf der anderen Seite trägt der Hebel ein Gegengewicht. Ist genügend Wasser im Kessel, so tauchen die beiden Einhängerohre 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, so kondensiert wieder der Dampf in dem Behälter, letzterer füllt sich mit dem 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 Be-

wegung 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 und sind häufig im Gebrauch. Sie bewirken, daß der Wasserstand im Kessel nur wenige Millimeter schwankt, sie erleichtern ferner die Kesselbedienung; doch soll sich der Heizer hüten, sich ganz darauf zu verlassen, da sie trotz ihrer Einfachheit mannigfachen Störungen ausgesetzt sind. Bei jeder Kesselreinigung sind die Apparate von etwa anhaftendem Kesselstein zu befreien, damit Verstopfungen der Röhre rechtzeitig vorgebeugt wird. Für Betriebe mit stark schwankendem 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

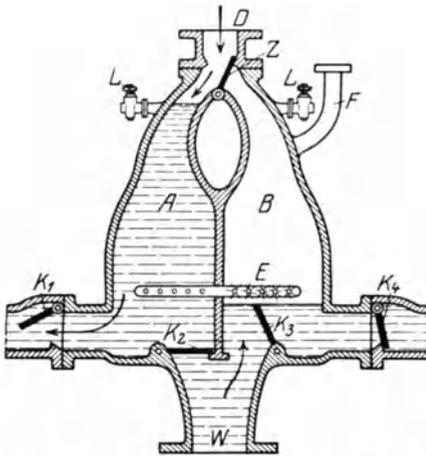


Abb. 141. Schematische Darstellung eines Pulsometers.

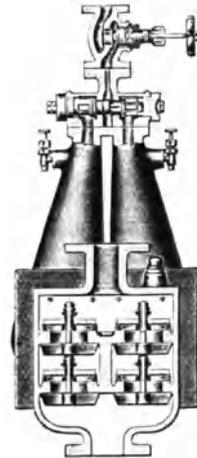


Abb. 142. Pulsometer der Armaturenfabrik Vogel in Chemnitz. Das Ventilgehäuse ist in geöffnetem Zustande gezeichnet. Unten sind die beiden Saugklappen, darüber die beiden Druckklappen. Die vier kleinen Kreise über den Druckklappen sind die Einspritzlöcher aus dem Druckraum nach den beiden Förderkammern des Pulsometers.

kann dann allerdings auch den Wasserstandsregler abstellen und nach seinem freien Belieben die Pumpen in Gang setzen.

Der Pulsometer (Abb. 141 und 142) dient zur Wasserförderung nach Wasserbehältern bei nicht allzu großer Förderhöhe. Der Dampfdruck, mit dem er betrieben wird, muß wenigstens 1 bis 2 Atmosphären höher sein als sein Förderdruck. Für die Dampfkesselspeisung eignet sich der Pulsometer nicht, doch hat ihn der Heizer öfter mit instandzuhalten und zu bedienen. Seine Wirkungsweise ist folgende: Der Dampf tritt an der Stelle *D* ein und drückt das in der Kammer *A* befindliche Wasser durch die Druckflappe *K₁* hindurch in die Druckleitung nach dem Wasserbehälter. Die Kammer *B* war vorher durch den Dampf leergedrückt worden, wobei sich die Zunge *Z* nach der rechten Seite gelegt und die Kammer *B* abgeschlossen hatte. Der in *B* befindliche Dampf wird durch das Wasser aus dem Einspritzrohr *E* niedergeschlagen; in der Kammer *B* entsteht ein Vakuum, in dessen Verfolge das Wasser durch die Saugflappe *K₂* hoch steigt und die Zunge *Z* nach links bewegt, wodurch nunmehr die inzwischen entleerte Kammer *A* von der Dampfzuleitung abgesperrt wird und der Dampf in die Kammer *B* eintritt und das in derselben befindliche Wasser durch die zweite Druckflappe *K₄* hindurch in die Druck-

leitung befördert. Das Einspritzrohr verbindet die beiden Pulsometerseiten miteinander und muß vom Heizer immer gut sauber gehalten werden, weil es sich sonst verstopft und der Pulsometer versagt. Ferner muß der Heizer die aus Gummi hergestellten Saug- und Druckklappen öfter auf ihren unbeschädigten Zustand hin untersuchen. F ist ein Einfüllrohr mit einem Hahn oder Ventil an seinem oberen Ende und dient zum Füllen des Pulsometers mit Wasser, falls er bei der Inbetriebnahme nicht gleich arbeitet. Die Luftventile L dienen zum Einlassen von Luft in den Pulsometer, wenn letzterer beim Arbeiten zu sehr schlägt. Da die eingelassene Luft aber das Vakuum in den Kammern A und B verschlechtert, geht

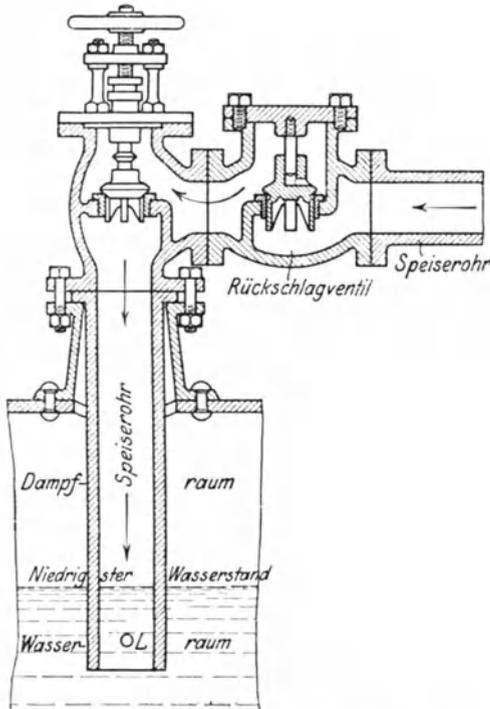


Abb. 143. Speisepfop mit Rückschlag- und Abperrventil und Speiserohr.

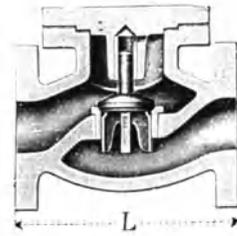


Abb. 144.

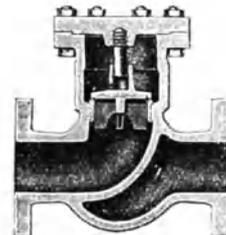


Abb. 145.

Abb. 144 und 145.
Rückschlagventile.

beim Öffnen der Luftventile die Saugleistung und die Fördermenge des Pulsometers zurück, so daß ein zu weites Öffnen derselben zu vermeiden ist.

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 (Abb. 144 und 145) an. Dasselbe gestattet zwar dem Wasser den Eintritt in den Kessel, verhindert aber dessen Austritt. Es wird unter dem Drucke des Pumpenkolbens selbsttätig geöffnet und vom Kesseldruck selbsttätig geschlossen. Der Ventilteller muß sich daher im 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 Nachtheil, daß der Ventiltiegel vom durchfließenden Wasser einseitig belastet wird, insofgedessen 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 Ventiltiegel drückt. Die betreffenden Rückschlagventile haben entweder eine gegen früher verbesserte Gehäuseform oder eine ringförmige Verlängerung auf dem Ventilsitz. Abb. 145 zeigt ein derartiges Rückschlagventil von Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover. 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 nachsehen oder auswechseln 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. Damit in solchen Fällen der Wasserstand nicht zu tief sinken kann, muß das Einhänge- oder Speiserohr noch oberhalb der vom Feuer berührten Kesselstellen münden oder es erhält ein Loch L. Das Speiserohr ist bei jeder Kesselreinigung herauszunehmen und vom Kesselstein zu reinigen.

Die Ablaßvorrichtung. Damit das Kesselwasser zeitweilig abgelassen werden kann, ist der Kessel an der tiefsten Stelle mit einem Hahn oder 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 darin sich 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 auch 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 still gestanden 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 Nachtheil, 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 Uebelstände der einfachen Ablaßhähne und Ablaßventile vermeidet man durch die in den letzten Jahren vielfach angewendeten Abschlämmapparate, die durch einen Fußtritt auf einen Hebel oder durch einen Handzug geöffnet werden und beim Loslassen des Hebels selbsttätig wieder schließen (Abb. 146 und 147). Hat sich beim Abschlämmen Schlamm oder Kesselstein im Ventil festgesetzt und ist letzteres insofgedessen wasserdurchlässig, 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 fortgerissen wird. Nach jedesmaligem Abschlämmen muß der Heizer sich an der Mündung des Abblafrohres überzeugen, ob das Ventil in geschlossenem Zustande 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 Abblafvorrichtung 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 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. Man kann bei Dampftemperaturen bis zu 350° Celsius und bei gleichzeitiger Dampfspannung bis etwa 12 Atmosphären Überdruck

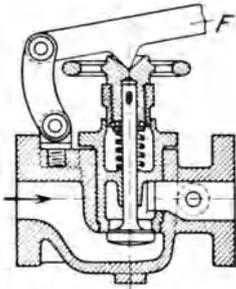


Abb. 146. Abschlämmventil.
F = Fußtritt.

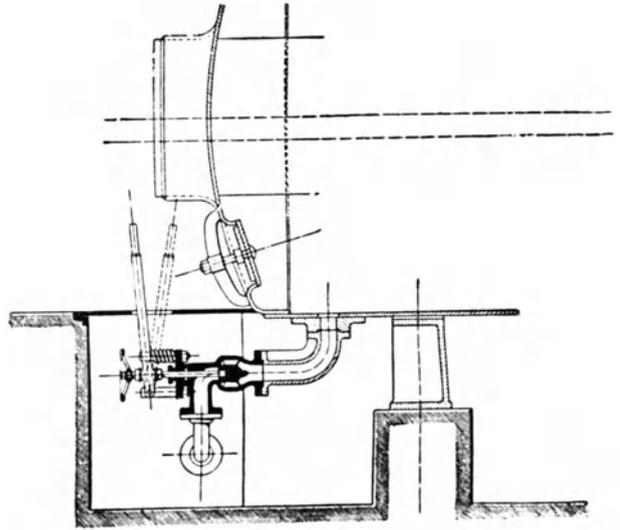


Abb. 147. Abschlämmventil mit Handhebel an einem
Stammrohr von der Dingler'schen Maschinenfabrik A. G.
in Zweibrücken.

die Ventilgehäuse bis etwa 150 Millimeter Durchgangsöffnung aus bestem Spezialgußeisen herstellen, darüber hinaus nur aus Stahlguß.

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

Bei kleineren Ventilen macht man den Ventilteller und den Ventilsitz aus demselben Material, d. h. aus Gußeisen oder Rotguß. Rotguß ist vorzuziehen, weil er nicht rostet; für größere Ventile oder bei Ventilen für überhitzten Dampf wendet

man jedoch Nickel oder Nickellegierungen an. Die metallenen Dichtungsringe müssen einerseits hart genug sein, damit sie beim Zuschrauben des Ventils ihre Form bewahren, andererseits müssen sie genügend nachgiebig sein, damit sie den Bewegungen des Ventilgehäuses, in welches sie schwalbenschwanzförmig eingesetzt sind, folgen können.

Die Ventilspindel ist aus Stahl, Schmiedeeisen oder aus Rotguß herzustellen und sauber abzdrehen, damit sie in der Stopfbüchse gut dicht hält. Die Ventilschindel *b* wird mit dem Ventilteller *a* unter Zuhilfenahme einer Büchse *c* aus Rotguß, Nickel oder anderem nicht rostendem 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 Spindelrundes 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 Ventiltinnere 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, versieht man, um das Festfrieren der Spindel zu verhüten, oder wenn eine größere Festigkeit erzielt werden soll, mit einer Büchse aus Rotguß (Abb. 149).

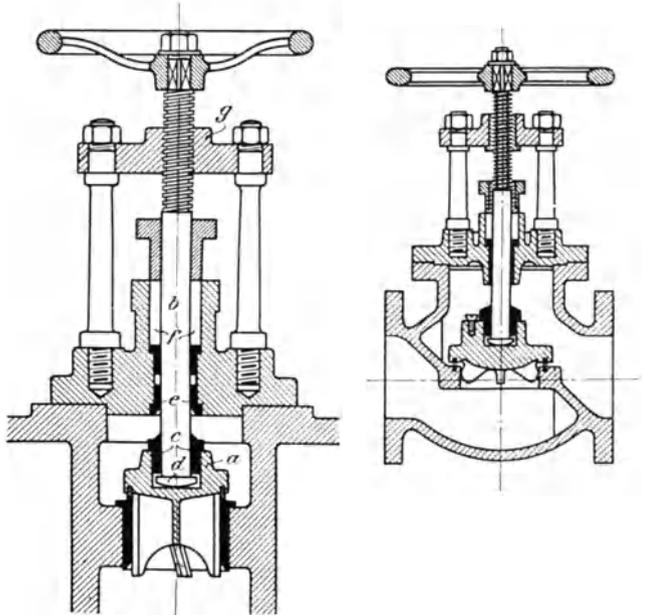


Abb. 148 u. 149. Dampfabsperrentile (Abb. 149 wird für überhitzten Dampf bevorzugt.)

Abweichend von Ventilen für Sattldampf bringt man bei Ventilen für überhitzten Dampf am Ventilteller keine Führungsflügel an, da sie sich bei derartigen Ventilen entweder in der Wärme verziehen oder von dem heißen Dampf zu sehr abgeschliffen werden. Man versieht derartige Ventilteller mit ganz kurzen Führungsflügeln zum Einhalten der richtigen Mittellage des Ventiltellers beim Einschleifen.

Häufig hört man, gußeiserne Absperrentile 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 Um-

wandlung vor, wodurch das Eisen an Festigkeit verliert und brüchig wird. Schon beim Erkalten bekommen die Ventilgehäuse dann Risse. In derartigen Fällen dürfen keinesfalls gußeiserne Ventile verwendet werden.

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

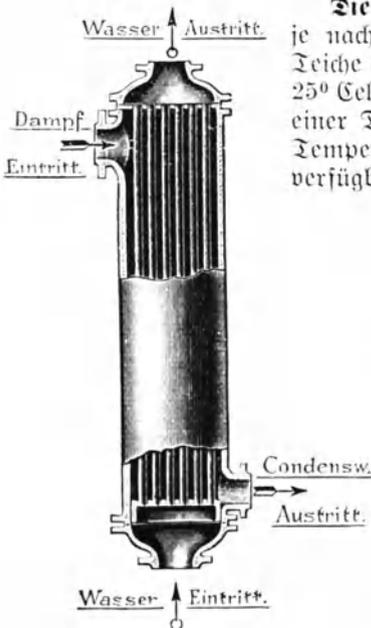


Abb. 150. Abdampfvorwärmer für Speisewasser von der Maschinenfabrik Mattick in Dresden.

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 wärmer als

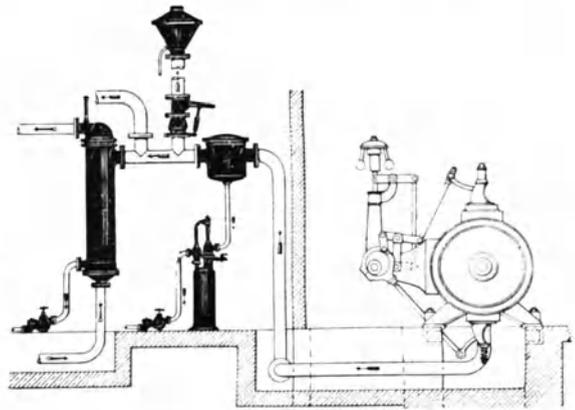


Abb. 151. Anordnung eines Dampftöblers und eines Abdampfvorwärmers in der Auspuffleitung einer Dampfmaschine. Bei einem etwaigen Überdruck entweicht der Dampf durch den Auspufftrichter. Ausführung der Maschinenfabrik Mattick, Dresden.

das Wasser im Kessel. Wegen der Kohlenersparnis benutzt man den Abdampf der Dampfmaschine oder die im Essenfuchs 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 Abb. 150 und 151 dar. Derselbe besteht aus einem schmiedeeisernen Mantel und einem herausziehbaren Röhrensystem. Das Wasser tritt durch die Rohre hindurch, wogegen der Dampf leichtere von außen umgibt und den Vorwärmer in der Richtung der eingezeichneten Pfeile durchströmt. Der Dampfraum wird in der Regel mit einem Kondenzstopfe verbunden, welcher das sich niederschlagende Dampfwasser ableitet. Es gibt auch Ab-

dampfvorwärmer, bei denen die Rohre vom Dampf durchzogen und außen vom Wasser 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 Vorwärmern auch kein hoher Druck bilden, und sie bedürfen keines Sicherheitsventiles und Manometers. Sie sind für kleinere Anlagen bestimmt, da große Dampfmaschinen nicht mit Auspuffdampf, sondern mit Kondensationsanlagen arbeiten.

Die Abgas- oder Rauchgasvorwärmer

oder Economiser (Abb. 152) bestehen aus einer großen Anzahl von senkrechten Rohren von etwa 4 bis 5 Meter Höhe, die in einer Erweiterung des Offensuchs 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 Verschlüsse zum zeitweiligen Reinigen angebracht. Die Verschlüsse sind konisch eingesezt, 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

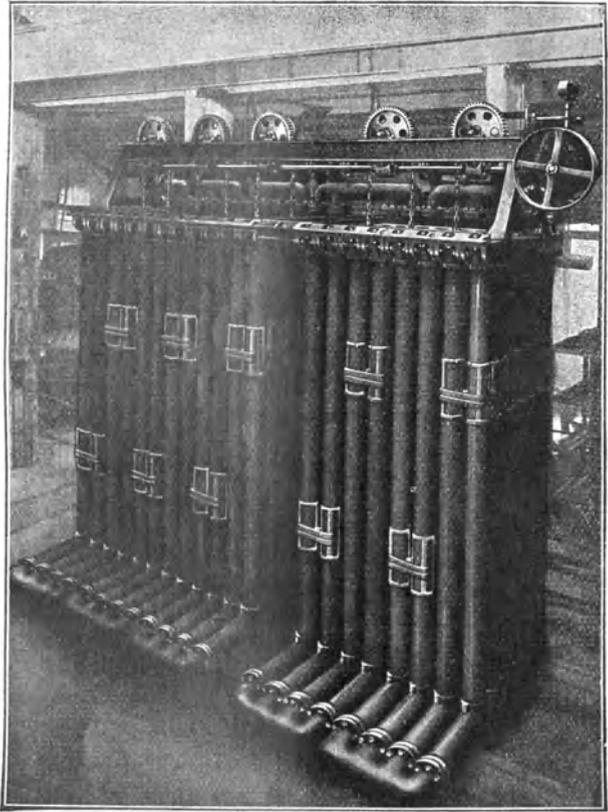


Abb. 152. Sparvorwärmer (Economiser) von Max & Ernst Hartmann, Maschinenfabrik in Freital in Sachsen, fertig montiert zum Einmauern.

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 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 Heizgase leicht krumm und werden deshalb nicht mit Schabern versehen, sondern

zeitweilig in gleicher Weise wie der Dampfüberhitzer mittels Dampfstrahls von Flugasche und Ruß äußerlich gereinigt. Die äußeren Anrostungen der Ökonomiserrohre treten hauptsächlich an den Eintrittsstellen des Wassers auf, da die Rohre an dieser Stelle kalt sind und sich hier der Wasserdampf aus den Essengasen niederschlägt. Man mischt daher je nach der Anfangstemperatur des Speisewassers und dem Wassergehalt des Brennstoffes dem Speisewasser vor dem Eintritt in den Ökonomiser einen Teil des vorgewärmten Speisewassers bei. In den Rauchgasvorwärmern wird das Wasser beträchtlich höher als in den Abdampfvorwärmern erwärmt. Die Temperatur des darin vorgewärmten Speisewassers ist oft gleich der Temperatur des Kesselwassers. Zu hohen Druck im Ökonomiser verhindert man durch ununterbrochene, dem Dampfverbrauche im Kessel angepaßte Speisung und durch ein Sicherheitsventil am Ökonomiser, welches immer für eine Atmosphäre mehr als der Kesseldruck eingestellt wird.

Ökonomiser darf man nur einbauen, wenn ein genügender Essenzug vorhanden ist. Wird letzterer durch den Ökonomiser beeinträchtigt, so muß er durch eine künstliche Zuanlage verstärkt werden, da andernfalls die Kesselleistung verringert und das Feuer an Luftmangel leiden würde. Die Essengase werden im Gegenströme durch den Ökonomiser geführt, d. h. sie treffen zuerst auf diejenigen Ökonomiserrohre, aus denen das Speisewasser aus dem Ökonomiser bereits wieder austritt. Um etwaige Reparaturen am Ökonomiser unabhängig vom Kesselbetrieb ausführen zu können, wird für die Essengase noch ein Essenzug angelegt, der um den Ökonomiserkanal herumgeführt. Durch Drehen mehrerer Essenschieber kann man die Heizgase durch diesen Umgehungskanal direkt in den Schornstein ableiten und den Ökonomiserkanal völlig ausschalten und begehbar machen (siehe Seite 67).

Die Kohlenersparnis durch die Vorwärmer.

Bei den **Abdampfvorwärmern** wird das Speisewasser etwa bis auf 60° Celsius im Durchschnitt erhitzt. Hat das Speisewasser eine Anfangstemperatur von etwa 15° Celsius, so ergibt sich für jedes Kilogramm Wasser eine Wärmeerparnis von 45 Wärmeeinheiten. Bei einem Zweiflammrohrkessel von 60 Quadratmeter Heizfläche und mit einem stündlichen Wasserverbrauche von 1500 Kilogramm (was einer Verdampfung von 25 Kilogramm Wasser auf 1 Quadratmeter Heizfläche entspricht) würde die Wärmeerparnis demnach in einer 10stündigen täglichen Betriebszeit betragen

$$45 \cdot 1500 \cdot 10 = 675\,000 \text{ W. E.}$$

Nimmt man an, daß der Heizwert der verfeuerten Kohle 6500 W. E. pro kg beträgt und daß 70 Prozent davon nutzbar gemacht werden, so ergibt sich eine tägliche Kohlenersparnis von

$$\frac{675\,000}{6500 \cdot 0,70} = 148 \text{ kg oder jährlich (300 Betriebstage): } 148 \cdot 300 = 444\,00 \text{ kg,}$$

was einige hundert Mark und etwa 6 bis 7 Prozent Kohlenersparnis überhaupt bedeutet. Voraussetzung für dieses günstige Ergebnis ist, daß dadurch, daß der Abdampfvorwärmer in die Auspuffleitung eingeschaltet ist, der Gegendruck auf die Dampfmaschine nicht vergrößert wird, andernfalls sich die Nutzwirkung des Vorwärmers verringert. Auch ohne den rechnerischen Nachweis kann sich jeder Heizer von der Nützlichkeit des Abdampfvorwärmers überzeugen, wenn er ihn einmal ausschaltet und das nicht vorgewärmte Wasser in den Kessel speist. Durch Beobachtung des Unterschiedes beim Kohlenverbrauch wird er alsdann die Nützlichkeit des Vorwärmers feststellen können.

Die **Rauchgasvorbärmer** werden meistens bei größeren Kesseln angewendet. Würden beispielsweise in einem Zweiflammrohrkessel von 120 Quadratmeter Heizfläche stündlich 2500 Kilogramm Wasser verdampft und beträgt die Temperatur des Speisewassers beim Eintritt in den Vorbärmer 15° Celsius, beim Austritt aus demselben 100° Celsius, so ergibt sich in einer 10stündigen Arbeitszeit eine Wärmersparnis von

$$85 \cdot 2500 \cdot 10 = 2125000 \text{ W. C.}$$

Nimmt man an, daß der Heizwert der verfeuerten Kohle wieder 6500 W. C. pro kg beträgt und daß hiervon 70 Prozent nutzbar gemacht werden, so ergibt sich eine tägliche Kohlenersparnis von

$$\frac{2125000}{6500 \cdot 0,70} = 467 \text{ kg}$$

und bei 300 Arbeitstagen im Jahr $467 \cdot 300 = 140100 \text{ kg}$, was einige tausend Mark bedeutet. Hierbei ist Voraussetzung, daß durch den Einbau des Economisers nicht etwa ein Zugmangel in der Feuerung herbeigeführt wird; und sich nicht etwa ein öfteres Röhren und Abschladen des Feuers nötig macht; andernfalls wird die errechnete Kohlenersparnis nicht völlig erreicht. Es ist daher besser, letzteren durch Verdampfungsversuche festzustellen, wobei einmal mit und dann ohne Economiser gearbeitet wird. Tritt ein Zugmangel im Feuer ein, so können sich die Heizer dadurch helfen, daß sie durch Verstellen der Rauchgasklappen den Rauchgasstrom nur zur Hälfte durch den Economiser ziehen lassen, während die andere Hälfte der Rauchgase unmittelbar in den Schornstein abzieht.

Von den Ersparnissen durch die Verwendung eines Economisers sind übrigens die Kosten für dessen Instandhalten und für seinen Betrieb in Abrechnung zu bringen.

Die Economiser sollten in keiner größeren Kesselanlage fehlen und verdienen mit vollem Recht die weite Verbreitung, die sie in den letzten Jahren gefunden haben.

14. Die amtlichen Verhaltensregeln für Dampfkesselheizer.

Allgemein gilt für den Heizer, daß er den Dampfkessel abends, bei Betriebs-schluß, zu schließen und früh, bei Beginn des Betriebes zu öffnen hat. Er hat demgemäß abends sämtliche Dampfventile, das Speiseventil zuzudrehen, die Wasserstandsapparate abzustellen, das Feuer herauszunehmen, den Essenschieber, die Feuertüre und die Klappe vom Mäschfall zu schließen. Der Kessel muß genügend mit Wasser gefüllt und der Dampfdruck um einige Atmosphären herabgedrückt sein. Im übrigen ist im Kesselhaus für Ordnung zu sorgen, insbesondere ist darauf zu achten, daß auf dem Kesselgemäuer keine brennbaren Stoffe liegen. Früh, nach dem Betreten des Kesselhauses, hat der Heizer als erste Arbeitsvornahme den Wasserstandsapparat in der sorgfältigsten Weise anzustellen und einen Blick auf das Manometer zu werfen; findet er den Wasserstand und den Dampfdruck in Ordnung, so beginnt er mit dem Anfeuern, zieht den Essenschieber zunächst nur zum Teil in die Höhe, überzeugt sich, ob die Ventile, die er abends zuvor geschlossen hat, nicht etwa von unbefugten Personen geöffnet worden sind, und kontrolliert durch Befühlen der Speisewasserleitung und Ausblaseleitung, ob deren Abschlußorgane am Kessel über Nacht dicht gehalten haben. Hierauf feuert er den Dampfdruck allmählich hoch und setzt den Dampfkessel durch vorsichtiges Anwärmen der Rohrleitung nach der Dampfmaschine in Betrieb.

Im einzelnen hat der Heizer folgendes zu beachten:

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 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) nur 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 ist 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, Ventilschraubungen 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 der Sicherheitsventiles, wenn der höchste zulässige Kesseldruck erreicht ist. Das Manometerrohr nach dem Kessel ist öfters auszublasen. Da 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 vorschriftsmäßigen Stande zu erhalten und so zu benutzen, daß der Wasserstand im Kessel stets über der Marke bleibt, welche den zulässig niedrigsten Wasserstand bezeichnet.

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

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

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

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

Gegen Schluß der Arbeitszeit ist, soweit dies mit den jeweiligen Betriebsverhältnissen in Einklang gebracht werden kann, das Feuer 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 Roste entfernt worden ist und der Kessel und das Mauerwerk genügend abgekühlt sind. Auch ist es unzulässig, einen abgeblasenen, noch heißen Dampfkessel mit kaltem Wasser anzufüllen.

Im allgemeinen müssen Kessel mit Unterfeuerung, z. B. Heizrohrkessel und Batterieessel, häufiger gereinigt werden, da sich der Schlamm und der Kesselstein

auf den Blechen über dem Feuer ansammeln und letztere insolge dessen leicht ausbeulen. In trockenen Jahren ist das Speisewasser meist härter als in wasserreichen Jahren, so daß dann eine öftere Reinigung der Kessel stattzufinden hat. Wird ein Dampfkessel vor dem Abblasen nicht genügend abgekühlt, so können die Bleche des leeren Kessels von dem heißen Mauerwerk zu sehr erhitzt und die Nietnähte und Rohrverbindungen undicht werden. Die Abkühlung des Kessels und des Mauerwerkes wird durch den Schornsteinzug beschleunigt. Kann der Dampfkessel nur unter Dampfdruck entleert werden, so ist mit dem Abblasen zu warten, bis die Dampfspannung 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 kann hierdurch der heiße Kessel dermaßen abgeschreckt werden, daß er undicht wird.

Vor dem Öffnen der Mannlöcher ist durch Probieren an den Wasserstandshähnen 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 Kesselreiner die Rohre **unbedingt durch Blind-**

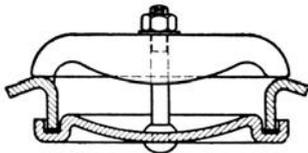


Abb. 153.

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

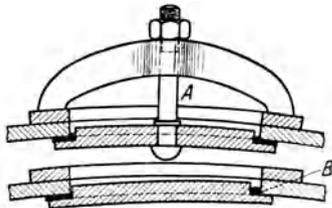


Abb. 153a.

flanschen sicher abzusperrern. 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 Abschlämmen der übrigen Kessel das heiße ausströmende Wasser durch den offenen Ablaßhahn in den stillstehenden Kessel übertreten und die Kesselreiner verbrühen.

Sehr zu empfehlen ist die Ventilation des Kessels während der Reinigung, wie dies Seite 76 ausführlich besprochen worden ist. Ist die Flugasche sehr heiß, so kann man sie mit einem Wasserstrahl vor dem Herausziehen ablöschen. Bleibt ein Kessel längere Zeit unbenutzt stehen, so ist auch der Ruß auf den Kesselwänden in den Zügen gründlich abzutragen, da er Schwefelsäure enthält, die das Blech anfrisst, sobald der Ruß feucht wird. In Kesselanlagen mit feuchtem Boden ist der Essenschieber einige Zentimeter offen zu halten, damit die feuchte Luft aus den Kesselzügen abziehen kann. Außer Betrieb stehende, gereinigte Kessel läßt man am besten mit geöffneten Mannlöchern stehen und füllt sie erst kurz vor der Wiedereinbetriebnahme mit Wasser, um Rostbildung im Innern zu verhüten.

15. Wärmewirtschaft und Kesselhauskontrolle.

Zu einem sparsamen Kesselhausbetrieb gehören eine ständig durchgeführte Wärmewirtschaft und Kesselhauskontrolle. Hierzu ist erforderlich

1. eine fortlaufende Feststellung des täglichen Kohlenverbrauches,
2. eine fortlaufende Feststellung des Speisewasserverbrauches,
3. die Kontrolle des Verbrennungsprozesses in der Dampfkesselfeuerung,
4. die Registrierung des jeweiligen Dampfdruckes und der Temperatur des überhitzten Dampfes,
5. die Verminderung von Wärmeverlusten.

Der Verbraucher an Brennstoffen und Speisewasser wird auf die stündliche Menge festgestellt und zueinander in Beziehung gebracht. Der Heizer weiß dann, wieviel Kilogramm Wasser er mit 1 Kilogramm Kohle verdampft; stellt sich zeitweise eine schlechte Verdampfungsziffer heraus, so ist den Ursachen nachzuforschen, ob etwa die Kohle minderwertiger geworden ist, ob der Kessel in Folge von starkem Kesselsteinansatz, schlechtem Essenzug, Anhäufung von Flugasche in den Kesselzügen oder aus sonstigen Gründen schlecht arbeitet. Das Messen der verfeuerten Kohle erfolgt entweder durch Wiegen auf einer Wage oder dadurch, daß der Heizer die Zahl der Kohlenkarren, die er in das Kesselhaus hineinführt, aufschreibt. Von Zeit zu Zeit ist auch das Gewicht der Schlacke festzustellen, obgleich der Heizer schon beim Bedienen des Kesselfeuers bemerken wird, ob die Kohle mehr oder weniger schlackt.

Zur Kontrolle des Speisewasserverbrauches sind in den letzten Jahren die Wassermesser viel in Gebrauch gekommen, die in die Speiseleitung eingebaut werden und beim Anstellen der Kesselvorrichtung automatisch in Tätigkeit treten. Sie werden auch mit Registriereinrichtung versehen, so daß sie einen anschaulichen Überblick über die im Laufe des Tages verbrauchten Wassermengen geben. Sind sie nur mit einem Ziffernblatt versehen, so hat sie der Heizer täglich nach Schluß der Arbeitszeit oder zu einem anderen bestimmten Zeitpunkt abzulesen und ihre Angaben in ein Buch einzutragen. Sind keine Wassermesser vorhanden, so hat sich der Heizer auf andere Weise, etwa dadurch, daß er beobachtet, wie lange die Speisepumpen täglich in Betrieb sind oder daß er das Fassungsvermögen eines Speisewasserbehälters mißt, wenigstens einen annähernden Überblick über die vom Kessel verdampfte Wassermenge zu verschaffen. Ergibt sich zeitweilig ein erhöhter Verbrauch, so hat der Heizer zu prüfen, ob etwa die Ablassleitung oder das Speiseventil undicht sind oder ob etwa andere Ursachen, wie Undichtheiten an der Steuerung, am Kolben und an den Kondenstöpfen der Dampfmaschine vorliegen.

Die Kontrolle der Dampfkesselfeuerung ist bereits in Abschnitt 3 eingehend besprochen worden. Es sei hierbei nur nochmals darauf hingewiesen, daß der Heizer die Stellung des Essenschiebers mit der Schichthöhe des Feuers in Einklang bringen und beide dem Dampfverbrauch und der verfeuerten Kohlenforte anpassen muß. Gute Hilfsmittel sind hierbei die Apparate zur Feststellung des Kohlen säuregehaltes der Rauchgase und die Zugmesser zur Feststellung der Zugstärke im Feuer und im Essenzug; wodurch der Heizer einen sichtbaren Hinweis auf etwaige Mängel der Feuerungsanlage und ihre Bedienung erhält. Zur Kesselhauskontrolle gehört auch, daß der Heizer die Temperatur im Kesselhaus zu bestimmten Betriebszeiten notiert.

Über die Kohlenersparnis, welche der hohe Dampfdruck und die Dampfüberhitzung mit sich bringen, ist bereits im Abschnitt 10 eingehend gesprochen worden.

Es sollte daher in jedem Kesselhause verlangt werden, daß der Heizer laufend Aufzeichnungen über den Kesselbetrieb macht, und daß hierüber ein Betriebsbuch

geführt wird, das die täglichen Betriebsverhältnisse und Betriebsergebnisse erkennen läßt. Die dafür aufgewendete geringe Mehrarbeit wird sich gut bezahlt machen und dem Heizer den Dienst erleichtern.

Für eine gut durchgeführte **Wärmewirtschaft** an Dampfkesselanlagen unerläßlich ist die Verringerung der Wärmeverluste durch Abdampf und durch zu hohe Temperatur der Essengase. Die Abdampfleitungen der Dampfpumpen und Dampfmaschinen sollten daher stets durch Vorwärmer führen, um das Speisewasser vorzuwärmen. Auch die Rauchgasvorwärmer (Economiser) sollten, falls nicht beson-

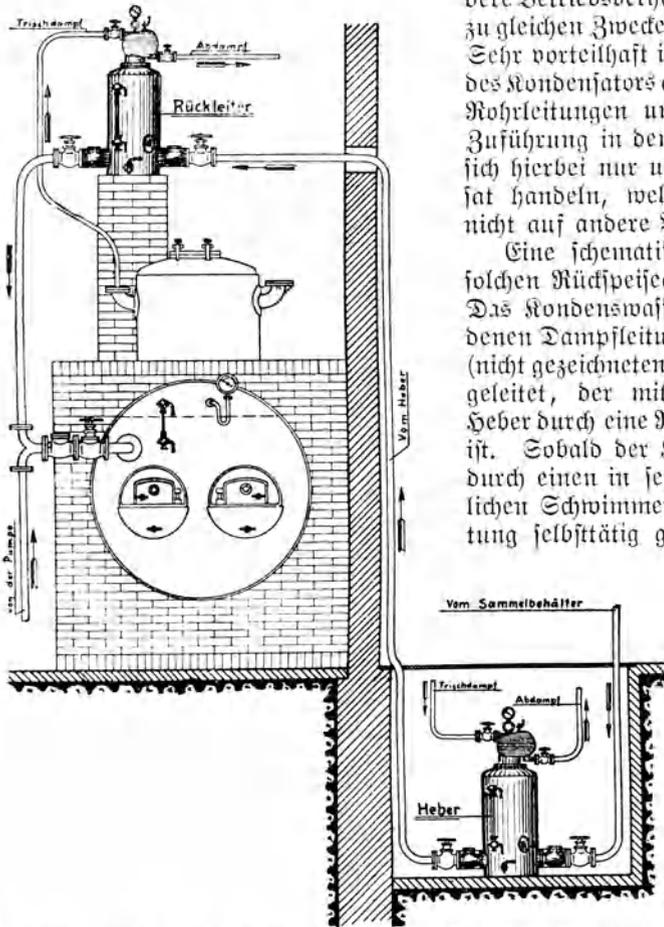


Abb. 154. Automatische Rückspeiseanlage für Kondenswasser von der Firma Böhrling N. G., Halle a. Saale.

dere Betriebsverhältnisse entgegenstehen, zu gleichen Zwecken angewendet werden. Sehr vorteilhaft ist auch die Rückleitung des Kondensators aus Heizvorrichtungen, Rohrleitungen und seine automatische Zuführung in den Kessel; doch kann es sich hierbei nur um ein solches Kondensat handeln, welches ölfrei und auch nicht auf andere Weise verunreinigt ist.

Eine schematische Darstellung einer solchen Rückspeiseanlage zeigt Abb. 154. Das Kondenswasser aus den verschiedenen Dampfleitungen wird nach einem (nicht gezeichneten) Sammelbehälter abgeleitet, der mit dem tief stehenden Heber durch eine Rohrleitung verbunden ist. Sobald der Heber gefüllt ist, wird durch einen in seinem Inneren befindlichen Schwimmer eine Frischdampfleitung selbsttätig geöffnet, so daß der in

dem Heber entstehende Dampfdruck das Kondensat in den eigentlichen Rückleiter, der 1 bis 2 Meter über dem Kessel aufgestellt ist, hebt. Hat sich der Heber auf diese Weise entleert, so stellt der Schwimmer die Frischdampfleitung wieder ab und es kann aus dem (nicht gezeichneten) Sammelgefäß wie-

der von neuem Kondenswasser in den Heber hineinfließen.

Der Rückleiter ist, wie der Heber, gleichfalls innen mit einem Schwimmer versehen; ist er leer, so verschließt der Schwimmer die vom Kessel nach dem Rückleiter führende Rohrleitung und das Wasser kann aus dem Heber in den Rückleiter eintreten. Hierdurch wird der Schwimmer gehoben, die Dampfzuleitung nach dem Rückleiter geöffnet, in letzterem bildet sich über dem Wasser der Kesseldruck und

das Wasser tritt mit seinem natürlichen Gefälle in die Speiseleitung und durch das Rückschlagventil hindurch in den Dampfessel. Für gutes Dichthalten der Rückschlagventile an den Apparaten ist zu sorgen, namentlich in der Rohrleitung, die mit der Speiseleitung von der Pumpe in Verbindung steht, da sonst das Speisewasser in den Rückleiter gedrückt werden kann.

16. Die Niederdruckdampfessel.

Hiermit bezeichnet man solche Dampfessel, 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 Aufstellungs-ort der Dampfessel 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 sog. Sicherheitsstandrohr, versehen sind, welches einen höheren als den zulässigen Druck von $\frac{1}{2}$ Atmosphäre im Kessel durch rechtzeitiges Abblafen wirksam verhindert.



Abb. 155.
Einzelnes
Glieder des
Strebelkessels.

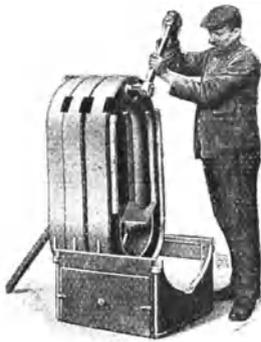


Abb. 156.
Zusammenbau des
Strebelkessels.



Abb. 157. Fertiger
Strebelkessel mit
Dampfhammer.

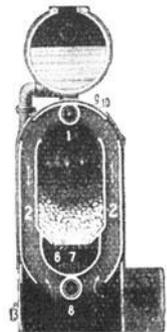


Abb. 158. Querschnitt
durch den Strebel-
kessel (Feuerung mit
Oberbrand).

Der Bau der Niederdruckkessel. Bahnbrechend war in der ganzen Welt und überaus 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 gebaut wird. Er besteht aus mehreren O-förmigen hohlen Gliedern (Abb. 155), deren Hohlraum als Wasser- und Dampf-raum 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 Rohrstützen (Rippel) im Wasser- und Dampfraum miteinander verbunden werden (Abb. 156). Das erste und letzte Glied haben die für den Abschluß des Kessels erforderlichen Stirnwände sowie die für die Bedienung nötigen Aschefall- und Feuerungstüren, die Stützen für den Wasserstandszeiger und die Verschraubungen vor den Reinigungsöffnungen. Jedes Kesselglied hat einen angegossenen Kof, der mit Rücksicht auf die Ausdehnung durch die Wärme in der Mitte geteilt und ferner an der Ansaß-

stelle ausgehöhlt ist, so daß er ständig durch das Kesselwasser gekühlt und vor dem Abbrand geschützt wird. Da bei jedem Kesselglied der Wasser- und Dampfraum, die Heizfläche, die Rauchgaszüge, der Kof, 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 den Heizkesseln für Wohnräume usw. im allgemeinen wesentlich niedriger als die zulässige $\frac{1}{2}$ Atmosphäre, gewöhnlich etwa nur $\frac{1}{10}$ Atmosphäre gewählt, weil bei niedrigem Dampfdruck die Dampftemperatur niedrig ist und eine milde, dem menschlichen Gefühl angenehmere Wärme erzielt wird. Je niedriger die Dampfspannung ist, um so weiter müssen aber die Dampfleitungsrohre nach den Heizkörpern sein, so daß natürlich auch die gesamte Heizanlage teurer wird. Zum Ablesen des Dampfdruckes wird ein Manometer am Kessel angebracht.

Das Sicherheitsstandrohr. Als Sicherheitsorgan gegen Drucküberschreitung im Niederdruckkessel dienen nicht, wie bei den Hochdruckkesseln, Sicherheitsventile,

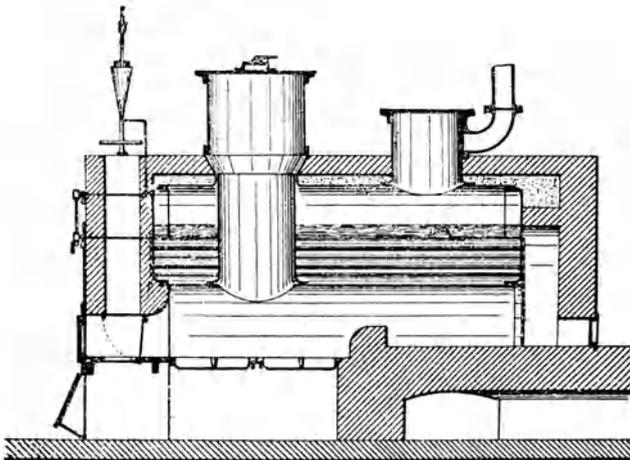


Abb. 159. Eingemauerter Schmiedeeiserner Niederdruckdampfessel mit Rauchrohren, Dampfdom, Füllschart für Dauerbrand und automatischer Regulierung der Verbrennungsluft.

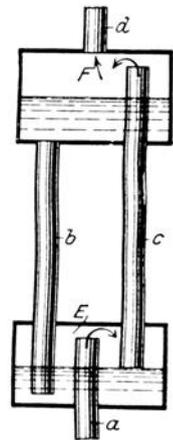


Abb. 160. Sicherheitsstandrohr für Niederdruckkessel beim Beginn des Abblasens des Kessels.

sondern es muß an jedem Kessel ein offenes, senkrechtcs Rohr angebracht sein. Dieses Rohr, daß 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 als 5 Meter ($= \frac{1}{2}$ Atmosphäre) 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 Kesselexplosion ist daher durch das Sicherheitsstandrohr sehr wirksam und besser als durch Sicherheitsventile vorgebeugt. Das Standrohr wird häufig nicht als einfaches Rohr, sondern wie in Abb. 160 dargestellt ausgeführt. Das Rohr a geht nach dem

Dampfraum des Niederdruckkessels. In dem unteren Behälter E sammelt sich Wasser an. Steigt der Dampfdruck zu hoch an, so wird, wie dies die Abb. 169 anzeigt, das Wasser durch das Rohr b in den oberen Behälter F gedrückt, bis das untere Ende des Rohres c frei wird und der Dampf durch dieses, den Behälter F und das Rohr d hindurch ins Freie entweicht. Ist alsdann der Dampfdruck unter den zulässigen Höchstdruck gefallen, so fließt das Wasser aus dem Behälter F durch das Rohr b hindurch in den unteren Behälter E zurück und verschließt auch das Rohr c wieder, so daß kein weiterer Dampf entweichen kann.

Die Speisung des Heizkessels 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 in 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, wenn möglich, nur reines Wasser zu verwenden, welches zur Verhütung von Kesselsteinansatz entweder Regenwasser oder vorher abgekocht sein soll.

Zur Erkennung des **Wasserstandes** dient ein reguläres Wasserstandsglas, welches öfters 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 infolge Abblasens durch das Sicherheitsrohr entleert, so ist vorher 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 Beschicken 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 Brikettfeuerungen im Gebrauch. Der Koks eignet sich deshalb gut, weil er keine flüchtigen Bestandteile enthält, und infolge 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 Koksfeuerungen 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. Abb. 158 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 Rost 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 Kofst, so daß nur die untere Schicht der Brennstofffüllung in Brand steht, während der darüber befindliche Brennstoff kalt bleibt und allmählich in dem Maße in die Brennzzone 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 Abb. 158), während sie bei den Kesseln mit unterem Abbrand erst aufwärts und dann abwärts geführt werden müssen (Abb. 161 und 162).



Abb. 161. Lollarkessel der Buderusschen Eisenwerke, Weßlar, für Brifettfeuerung mit unterem Abbrand.

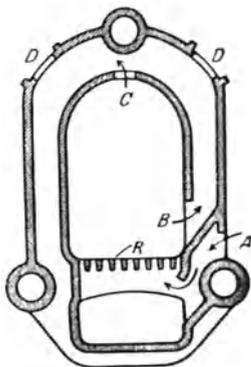


Abb. 162. Kesselglied des Hildekessels der Rheinischen Stahlwerke in Hilden, eingerichtet mit Feuerung mit unterem Abbrand.



Abb. 163. Reinigung der Rauchkanäle des Strebelkessels. Auf dem Dampfessel befindet sich der Verbrennungsregler.

Die Feuerungen mit unterem Abbrand sind vorwiegend für Braunkohlen und Brifetts, aber auch für rauchschwachen Brennstoff (Koks) in Anwendung. Abb. 161 zeigt den Lollarkessel der Buderusschen Eisenwerke in Weßlar mit Brifettfüllung und Schrägrost. An einigen Stellen tritt Zusatzluft zu der Braunkohlenflamme, wodurch eine vollständige Verbrennung der Rauchgase erreicht werden soll. Der Füllraum für Braunkohlen und Brifetts wird bei den einzelnen Kesselarten in verschiedener Weise ausgeführt; bei dem Brifettkessel 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.

Abb. 162 zeigt ein Kesselglied des Hildekessels 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 entsteigenden Schwelgase und der in der Feuerung befindliche Luftüberschuß in die Feuerzüge abgeleitet werden und eine nachträgliche Rauchverbrennung bewirken. Durch diese

oberen Schließöffnungen hindurch findet außerdem ein Absaugen der Füllschachtgase statt, was insbesondere für die Verhütung von Gasexplosionen beim Öffnen der Feuertüre und zur Verhütung des Ausströmens von unangenehmen Gasgerüchen vorteilhaft ist.

Die Frage nach der Zweckmäßigkeit des oberen oder unteren Abbrandes bei Gliederkesseln ist danach zu entscheiden, ob hierbei die Heizgase 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 befindlichen Rauchschiebers, 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

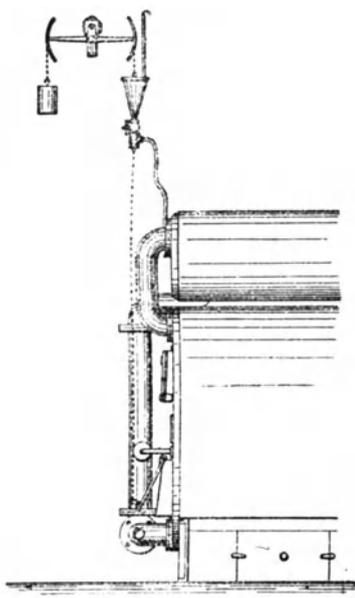


Abb. 164.

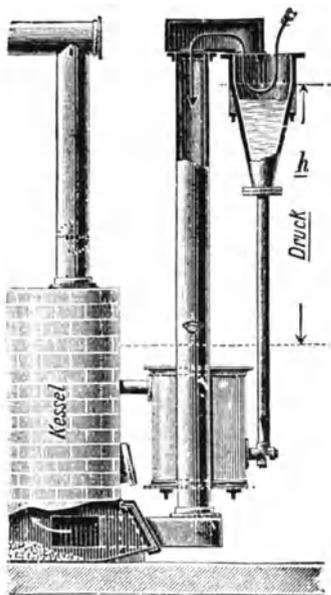


Abb. 165.

Abb. 164 und 165. Die selbsttätigen Verbrennungsregler der Firma Rämisch in Chemnitz.

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 insolgedessen 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 Abb. 163 (Strebekessel) ist der Regler, der durch einen Wasserfad mit dem Dampfraum 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 Reglergehäuses hindurch-

geht, auf einen Hebel übertragen, der mit der Aschenklappe durch eine Kette verbunden ist.

Der Verbrennungsregler der Firma Kämniß in Chemnitz (Abb. 164) 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 schließt. Abb. 165 zeigt einen Verbrennungsregler derselben Firma. Derselbe ist mit dem Sicherheitsrohr h vereinigt, in welchem sich bei ansteigendem Dampfdruck der Wasserpiegel 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 Reinigungsöffnungen 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 Verschußbleche. Die Lücken an den Gliedern sind aus Abb. 156 deutlich ersichtlich. Abb. 163 stellt die Reinigung des Kessels dar. Letztere ist bei Verwendung 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.

Wie spart man Brennstoff bei Zentralheizungen?

Im nachstehenden sind die wichtigsten Regeln über die Bedienung von Zentralheizungen nach dem von Magistratsbaurat Arnold in Dortmund herausgegebenen Merkblatt wiedergegeben.

1. Nur bei Außentemperatur von weniger als 12° Celsius über Null heizen. Bei milderem Wetter die Heizung sofort einstellen. Jeder fortgefallene Heiztag erspart $\frac{1}{200}$ des Jahresverbrauchs.

2. Haustüren, Dach- und Kellerfenster geschlossen halten. Unnötige Abkühlung der Häuser vermeiden. Nur so viel Räume heizen, als unbedingt erforderlich. Aborte, Schlafzimmer, Treppenhäuser nur bei starker Kälte frostfrei halten.

3. Heizflächen des Kessels reinhalten. Siederohre und andere Rauchzüge jeden Sonnabend nachmittag durchstoßen und Flugasche entfernen.

4. Morgens nicht zu rasch anheizen. Nach dem Hochheizen schwachen Zug geben. Bei schnellem Anheizen wird zu viel Brennstoff verbraucht.

5. Beim Anheizen darauf achten, welche Räume in der Temperatur nachhinken. Abhilfe: Vergrößerung der Heizfläche in diesen Räumen oder Aufstellen eines Ofens.

6. Bei mehreren Kesseln die Rauchschieber so einstellen, daß alle Kessel gleichmäßig abbrennen.

7. Die verbrauchte Brennstoffmenge sowie die Außentemperatur täglich notieren. Die zweckmäßigste Füllhöhe richtet sich nach der Außentemperatur. In Übergangszeiten nur wenig Brennstoff aufwerfen. Kessel mit unterem Abbrand können höher aufgefüllt werden als solche mit oberem (durchgehendem) Abbrand.

8. Koksstückchen und brennbare Reste aus Schlacke und Asche auslesen und wieder verwenden. Schlackenstücke hierbei zerbrechen! Ersparnis: mitunter bis zu 40 Prozent.

9. Abbrand im Kessel während der Nacht so klein wie möglich halten!

10. Bei öffentlichen Gebäuden: Nach Abstellung des Kessels am Abend alle Heizkörperventile öffnen. Grund: Räume, in denen die Ventile morgens zu spät geöffnet werden, hinken beim Anheizen nach, die übrigen Räume werden überheizt.

Fremdwörter-Erläuterungen
Sonstige Ausrüstungsteile für Dampfanlagen

Kondensstöpsfe Druckminderungs- (=Reduzier-)=ventile, Rohrleitungen, Dampfenöler, Schmierapparate	}	sind im Leitfaden „ Die Maschinisten-schule “ Vorträge über die Bedienung von Dampf- maschinen und Dampfturbinen von F. D. Morgner behandelt.
---	---	--

Die Maschinistenschule

Vorträge über die Bedienung von Dampfmaschinen und
Dampfturbinen zur Ablegung der Maschinistenprüfung

Von

Regierungs-Gewerberat **F. D. Morgner**

Leiter der Seizer- und Maschinistencurse in Chemnitz

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage

Mit 140 Textfiguren. (186 S.) 1924

2.70 Goldmark

**Dampfkessel-Feuerungen zur Erzielung einer möglichst rauch-
freien 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 lithographierten Tafeln. (344 S.) 1910. Gebunden 20 Goldmark

Handbuch der Feuerungstechnik und des Dampfkesselbetriebes
mit einem Anhang über allgemeine Wärmetechnik. Von Dr.-Ing. **Georg
Herberg**, Stuttgart. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 62 Textabbildungen
91 Zahlentafeln sowie 48 Rechnungsbeispielen. (350 S.) 1922.

Gebunden 11 Goldmark

**Die Grundgesetze der Wärmeleitung und des Wärmeüber-
ganges.** Ein Lehrbuch für Praxis und technische Forschung. Von Ober-
ingenieur Dr.-Ing. **Heinrich Gröber**. Mit 78 Textfiguren. (279 S.) 1921.
9 Goldmark

Die Wärme-Übertragung. Auf Grund der neuesten Versuche für den prak-
tischen Gebrauch zusammengestellt von Dipl.-Ing. **W. ten Bosch**, Zürich.
Mit 46 Textabbildungen. (127 S.) 1922. 5 Goldmark

Die Ölf Feuerungstechnik. Von Dr.-Ing. **D. A. Effsch**. Zweite, ver-
mehrte und verbesserte Auflage. Mit 209 Textabbildungen. (116 S.) 1921.
4 Goldmark

Die flüssigen Brennstoffe, ihre Gewinnung, Eigenschaften und Unter-
suchung. Von **L. Schmitz**. Dritte, neubearbeitete und erweiterte Auflage
von Dipl.-Ing. Dr. **J. Follmann**. Mit 59 Abbildungen im Text. (215 S.)
1923. Gebunden 7.50 Goldmark

F. Sezner, Die Dampfkessel. Lehr- und Handbuch für Studierende Technischer Hochschulen, Schüler Höherer Maschinenbauschulen und Techniken, sowie für Ingenieure und Techniker. Siebente, erweiterte Auflage von **D. Heinrich**, Studienrat an der Beuthschule zu Berlin. Mit 467 Textabbildungen und 14 Tafeln. (422 S.) 1923. Gebunden 10 Goldmark

Die Dampfkessel nebst ihren Zubehörteilen und Hilfseinrichtungen. Ein Hand- und Lehrbuch zum praktischen Gebrauch für Ingenieure, Kesselbesitzer und Studierende. Von **R. Spalchauer**, Regierungsbaumeister, Professor in Altona a. E. und **Fr. Schneiders †**, Ingenieur in M.-Glabbad (Rhld.). Zweite, verbesserte Auflage unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. **U. Rüster**, Oberingenieur. Mit 810 Abbildungen im Text. (489 S.) 1924. Gebunden 40.50 Goldmark

Technische Wärmelehre der Gase und Dämpfe. Eine Einführung für Ingenieure und Studierende. Von **Franz Seufert**, Studienrat a. D., Oberingenieur für Wärmewirtschaft. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 26 Textabbildungen und 5 Zahlentafeln. (85 S.) 1923. 1.80 Goldmark

Verbrennungslehre und Feuerungstechnik. Von **Franz Seufert**, Studienrat a. D., Oberingenieur für Wärmewirtschaft. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 19 Abbildungen, 15 Zahlentafeln und vielen Berechnungsbeispielen. (132 S.) 1923. 2.60 Goldmark

Anleitung zur Durchführung von Versuchen an Dampfmaschinen, Dampfkesseln, Dampfturbinen und Verbrennungsmaschinen. Zugleich Hilfsbuch für den Unterricht in Maschinenlaboratorien technischer Lehranstalten. Von Studienrat Oberingenieur **Franz Seufert**, Stettin. Sechste, erweiterte Auflage. Mit 52 Abbildungen. (168 S.) 1921. 3.50 Goldmark

Bau und Berechnung der Dampfturbinen. Eine kurze Einführung. Von **Franz Seufert**, Studienrat a. D., Oberingenieur für Wärmewirtschaft. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 54 Textabbildungen. (89 S.) 1923. 2 Goldmark

Bau und Berechnung der Verbrennungskraftmaschinen. Eine Einführung. Von **Franz Seufert**, Studienrat a. D., Oberingenieur für Wärmewirtschaft. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 94 Textabbildungen und 2 Tafeln. (128 S.) 1922. 2.50 Goldmark

Leitfaden der Werkzeugmaschinenkunde. Von Prof. Dipl.-Ing. **Herm. Meyer**, Magdeburg. Zweite, neubearbeitete Auflage. Mit 330 Textfiguren. (204 S.) 1921. 4 Goldmark