

# Die Heizerschule

Vorträge über die Bedienung und die Einrichtung  
von Dampfkesselanlagen und Niederdruckkesseln

Ein Lehrbuch  
zur Ablegung der staatlichen Kesselwärterprüfung

nach den Richtlinien des Herrn Reichs- und  
Preussischen Wirtschaftsministers

von

**F. D. Morgner VDI**

Regierungs-Gewerberat, Leiter der Heizer-  
und Maschinistenkurse in Chemnitz, a. D.

Siebente verbesserte Auflage

Mit 187 Textabbildungen



**Berlin**

Verlag von Julius Springer

1938

ISBN-13: 978-3-642-90123-2  
DOI: 10.1007/978-3-642-91980-0

e-ISBN-13: 978-3-642-91980-0

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

Copyright 1937 by Julius Springer in Berlin.

## Aus den Vorworten zur ersten bis fünften Auflage.

Das vorliegende Buch enthält im wesentlichen meine Vorträge für Dampfkesselheizler und entspricht hierbei den im Reichswirtschaftsministerium aufgestellten Richtlinien für die Heizerkurse.

In eingehender Weise sind die Verbrennungsvorgänge und die Bedienung des Kesselfeuers vom Standpunkte der Rauchverhütung und des möglichst sparsamen Kohlenverbrauches aus besprochen.

Ferner sind mehrere von mir in Fachzeitschriften veröffentlichte Aufsätze über:  
Die physikalischen Vorgänge im Kesselfeuer,

Die Verhütung von Stickschmelzen bei der Verfeuerung von Kohlenchlamm auf Schrägrosten,

Die Lebensdauer und Schonung der Kofststäbe,

Eine Gasexplosion in einem Kohlenfiro (ein Beitrag über die Selbstentzündlichkeit von Braunkohlenbriketts),

vertwertet.

In dem Abschnitt über die Vorgänge im Kesselfeuer habe ich die physikalischen und chemischen Vorgänge voneinander geschieden. Soweit mir die einschlägige Literatur bekannt, ist diese ausdrückliche Form bisher (1918) noch nirgends angewendet worden, so daß ich, obgleich meine Heizerschule in einer durchaus volkstümlichen Fassung geschrieben ist, in dieser Hinsicht wohl die Priorität für mich in Anspruch nehmen darf.

Für die gute Aufnahme und die weite Verbreitung der Heizerschule sprechen nicht nur die wiederholten Neuauflagen, sondern auch der Umstand, daß kurz vor dem Kriege Übersetzungen derselben in die russische, polnische, holländische und rumänische Sprache geplant waren.

## Vorwort zur siebenten Auflage.

Die 1937 erschienene 6. Auflage der „Heizerschule“ war einer eingehenden Umarbeitung auf den zeitlichen technischen Stand des Kesselbetriebes unterzogen worden. Die Abschnitte über Steinkohle und über Feuerungen für Hochleistungskessel, die Zonenwanderroste und Stokerfeuerungen, wurden neubearbeitet. Ferner wurde bei den Kohlenstaubfeuerungen auf die Krämermühlenfeuerung eingegangen und in Erfüllung eines Wunsches aus Leserkreisen auch die Ölfeuerung besprochen, die an Landkesseln selten, an Schiffskesseln aber häufig anzutreffen ist. Im Abschnitt „Armaturen“ wurden die selbstgesteuerten Sicherheitsventile gebracht, da die gewöhnlichen Vollhub Sicherheitsventile den Anforderungen der Hochdruckkessel nicht mehr genügen. Mußte doch ein solcher Kessel mit 17(!) Vollhubventilen ausgerüstet werden, weil sich auf anderem Wege das gesetzliche Maximalgewicht des Belastungsgewichtes — 50 kg — nicht einhalten ließ. Der Vorzug der Hochleistungskessel mit Unterwindzonenrost, Belastungsschwankungen fast augenblicklich folgen zu können, machte eine neue kritische Einstellung zu den Wärmespeichern

und Kohlenstaubfeuerungen erforderlich. Ferner wurden die selbsttätigen Feuerungsregler und die Dampfmengenmesser (Dampfuhren) neu aufgenommen. Der Abschnitt über Niederdruckdampfkessel, über deren Bedienung die Heizer nach den neuen amtlichen Richtlinien zu unterrichten sind, wurde umgearbeitet.

In der nunmehr vorliegenden 7. Auflage der „Heizerschule“ wurde der Abschnitt über die Speisewasseraufbereitung wesentlich erweitert, weil in neuzeitlichen Kesselhäusern ohne die chemische Aufbereitung des Speisewassers und ohne entsprechende fachkundige Bedienung nicht mehr auszukommen ist. Hierbei wurden die üblichen Enthärtungsverfahren ausführlicher als bisher behandelt und auch die sog. Schnelluntersuchungsverfahren, soweit sie vom Wärter mit genügender Genauigkeit gehandhabt werden können und für kleine und mittlere Betriebe genügen, angegeben und erläutert. Für Großbetriebe habe ich auf die exakten und ausführlichen „Einheitsverfahren zur physikalischen und chemischen Wasseruntersuchung“ (Berlin 1937) hingewiesen. Ferner wurde die erhöhte Bedeutung der Economiser und Lufterhitzer im Hinblick darauf betont, daß nach den heutigen Grundsätzen des Kesselbaues die Kesselheizfläche so bemessen wird, daß die Abgase sie mit hoher Temperatur verlassen und die Economiser zu einem organisch angegliederten, selbstverständlichen Zubehörteil des Kessels geworden sind. Von neuen Kesselbauarten wurden ein Großwasserraum-Steilrohrkessel und der La Mont-Kessel neu aufgenommen. Beide haben Eingang in die Praxis gefunden. Sie zeigen, welche verschiedene Wege der Kesselbau geht. Bei den Rauchgasprüfern sind die häufig angewendeten Apparate, die außer dem Kohlenäuregehalt auch die Menge der unverbrannten Gase ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) in den Abgasen anzeigen, in die Neuauflage einbezogen worden. Die schweren Unfälle, die beim Herumstochern in verstopften Abbläfstutzen nichtentspannter Kessel vorkommen, gaben Anlaß, die neuzeitlichen Abschlämmvorrichtungen zeichnerisch darzustellen und in einem Vermerk zu den amtlichen Bedienungsvorschriften für Kesselwärter auf die Unfallgefahr hinzuweisen.

Nach den amtlichen Richtlinien ist den Kursusleitern ausdrücklich freie Hand bei der Einteilung des Lehrstoffes gelassen. Ich habe daher den bisherigen Aufbau der Heizerschule beibehalten. Demselben ist der Weg der Wärme im Dampfkesselbetrieb zugrunde gelegt. Es sind daher die theoretische Verbrennung, die Feuerungen, die Verdampfung usw. zuerst und die Ausrüstung zuletzt besprochen. Gelegenheit, auf das Fundament der Kesselbedienung, die Instandhaltung des Wasserstandsapparates, gleich am Anfang der Lehrgänge eindringlich hinzuweisen, was aus pädagogischen Gründen sehr zu empfehlen ist, bietet sich bereits im ersten Vortrag, in welchem die Aufrechterhaltung der Betriebssicherheit als Hauptaufgabe des Heizers bezeichnet wird.

Dem Einwand, der vielleicht erhoben werden könnte, die neue Heizerschule ginge z. T. über die betrieblichen Anforderungen an den Kesselwärter hinaus, möchte ich im voraus dadurch begegnen, daß im Zuge des technischen Fortschrittes auch höhere Ansprüche an die Berufsausbildung der Kesselwärter zu stellen sind. Auch sollte der Verneiner der Heizer gefördert werden; ist doch die ausführliche Bearbeitung des für eine einfache Auffassung schwierigen Abschnittes über die chemische Aufbereitung des Kesselspeisewassers durch wiederholte Anregung aus ihren Kreisen veranlaßt worden. Im übrigen habe ich keineswegs die Grundlagen für einen elementaren Unterricht hintangestellt.

Den vielen Firmen sowie den Herren aus Fachkreisen, die mich wiederholt in überaus entgegenkommender Weise durch Auskünfte und Anregungen unterstützt haben, sei auch an dieser Stelle mein Dank ausgesprochen.

Glauhau, im November 1938.

**Der Verfasser.**



# Inhaltsübersicht.

## Einführung.

	Seite
Die amtlichen Richtlinien für Heizerturfe . . . . .	1
Die Aufgaben des Kesselheizers . . . . .	1

### 1. Die Brennstoffe im allgemeinen.

Entstehung und innerer Aufbau der Brennstoffe . . . . .	2
Tabelle über die Zusammensetzung der wichtigsten Kohlenforten . . . . .	3

### 2. Die Verbrennungsvorgänge.

Allgemeines über die Verbrennung . . . . .	5
Verbrennungstemperaturen . . . . .	5
Die vier Verbrennungsabschnitte . . . . .	5
Die Entstehung des Rauches . . . . .	7

### 3. Die Zusammensetzung und die Untersuchung der Heizgase.

Die Zusammensetzung der Heizgase . . . . .	8
Der praktische Luftbedarf (Luftüberschuß) des Feuers . . . . .	9
Die Rauchgasprüfer . . . . .	10

### 4. Die einzelnen Brennstoffarten.

Der Heizwert der Brennstoffe . . . . .	16
Die Wärmeeinheit oder Kalorie . . . . .	16
Die festen Brennstoffe . . . . .	18
Die flüssigen und gasigen Brennstoffe . . . . .	21

### 5. Die Bedienung des Kesselheizers.

Das Anzünden des Feuers . . . . .	22
Anforderungen an die Brennschicht . . . . .	22
Die Roßbelastung . . . . .	23
Die Regelung des Feuers bei schwankendem Dampfverbrauch . . . . .	24
Die Beschickung des Planrostes zur Erzielung eines rauchfreien Feuers . . . . .	24
Das Abschlagen . . . . .	26
Das Decken des Feuers . . . . .	27
Hilfsapparate bei der Befuerung, die Zugmesser . . . . .	27
Bergütung für den Kesselheizer . . . . .	30

### 6. Die Feuerungsanlagen der Dampfkessel.

Die Planrostfeuerung . . . . .	30
Die Treppenrostfeuerung . . . . .	36
Halbgasfeuerung . . . . .	38
Die Sägespä- und Holzfeuerung . . . . .	39
Die Muldenrostfeuerung . . . . .	40
Die Unterwindfeuerung . . . . .	41
Die Gasfeuerung . . . . .	42
Die Ölfeuerung . . . . .	43

**7. Die rauchverhütenden Dampfkesselfeuerungen.**

	Seite
Rauchverbrennung durch Zusatzluft . . . . .	44
Die Feuerungen mit mechanischer Beschickung . . . . .	46
Die Wander- und Kettenroste . . . . .	49
Die Stokerfeuerung . . . . .	54
Die Kohlenstaubfeuerung . . . . .	55

**8. Die Feuerzüge und der Schornstein.**

Die Heizfläche . . . . .	58
Feuerzüge und Wasserumlauf . . . . .	58
Der Schornsteinverlust . . . . .	61
Der künstliche Zug . . . . .	61

**9. Die Aufbereitung des Kessel Speisewassers.**

Das Wasser, der Kesselstein . . . . .	62
A. Aufbereitung des Rohwassers . . . . .	63
Die Beseitigung mechanischer Verunreinigungen . . . . .	63
Die Härte des Wassers . . . . .	64
Die Verfahren zur Enthärtung des Speisewassers . . . . .	64
Die Entgasung . . . . .	71
Die Entlösung . . . . .	71
B. Die Pflege des Kesselwassers . . . . .	72
Die Mindestalkalität und die Entsalzung . . . . .	72
Die laufende Untersuchung des Speise- und Kesselwassers . . . . .	73
Die Kesselreinigung . . . . .	77

**10. Die Verdampfung des Wassers.**

Die Aggregatzustände des Wassers . . . . .	78
Die Wärme des Dampfes (mit Tabelle) . . . . .	80
Der Dampfdruck . . . . .	81
Der Luftdruck (Atmosphäre) . . . . .	82
Sattdampf und überhitzter Dampf . . . . .	83
Tabelle über überhitzten Dampf . . . . .	83
Die Dampfüberhitzer . . . . .	83
Die Heißdampf Kühler . . . . .	87
Die Wärmespeicher . . . . .	88

**11. Die gebräuchlichsten Kesselbauarten.**

Allgemeine Anforderungen . . . . .	89
Die Großwasserraumkessel . . . . .	90
Der Flammrohrkessel . . . . .	90
Der Heizrohrkessel . . . . .	94
Stehende Feuerbüchskessel . . . . .	95
Der kombinierte oder zusammengesetzte Kessel . . . . .	96
Der ausziehbare Röhrenkessel (Lokomobile) . . . . .	98
Die Siederohrkessel . . . . .	99
Die Schiffskessel . . . . .	106
Der Strahlungskessel (La Mont-Kessel) . . . . .	108
Der Einrohrkessel . . . . .	109

**12. Bau und Reparatur der Dampfkessel.**

Der Baustoff . . . . .	109
Beschädigungen der Kesselbleche . . . . .	110
Nietung und Schweißung . . . . .	111
Das Einwalzen der Siede- und Rauchrohre . . . . .	113
Die Wasserdruckprobe . . . . .	113

**13. Die Ausrüstung des Dampfkessels.**

Die Wasserstandsanzeiger . . . . .	113
Manometer und Vakuummeter . . . . .	121
Die Sicherheitsventile . . . . .	123

	Seite
Die Speisevorrichtungen (Speisepumpen) . . . . .	125
Die Injektoren . . . . .	128
Die Kreiselpumpe . . . . .	131
Die selbsttätigen Wasserstandsregler . . . . .	133
Das Speise- und Rückschlagventil . . . . .	137
Die Abflaßvorrichtung . . . . .	137
Absperrventile und -schieber . . . . .	139
Die Rohrleitungen . . . . .	140
Der Wärmeschutz . . . . .	141

**14. Die Speisewasservorwärmer und Lufterhitzer.**

Der Abdampfvorwärmer . . . . .	142
Der Rauchgasvorwärmer (Economiser) . . . . .	143
Der Abgaslufterhitzer . . . . .	148

**15. Betriebsvorschriften für die Kesselwärter von Landdampfkesseln.**

Wortlaut der Vorschriften . . . . .	150
-------------------------------------	-----

**16. Wärmewirtschaft und Kesselhausüberwachung.**

Die selbsttätige Feuerregelung . . . . .	153
Die Dampfuhren (Mengenmessung) . . . . .	155
Die selbsttätige Rückspeisung . . . . .	156
Die laufende Überwachung . . . . .	157

**17. Die Heizkessel.**

I. Die Niederdruckdampfkessel . . . . .	158
II. Warmwasserkessel . . . . .	161
III. Merkblatt „Wie spart man Brennstoff bei Zentralheizungen?“ . . . . .	162
<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	164

**Fremdwörter-Erläuterungen.**

**Constige Ausrüstungsteile für Dampfanlagen.**

Kondensstöpfe  
 Druckminderungs- (Reduzier-) Ventile  
 Dampfsentöler  
 Schmierapparate

} sind im Leitfadens  
 „Die Maschinenschule“  
 Vorträge über die Bedienung von Dampfma-  
 schinen und Dampfturbinen von F. D. Morg-  
 ner behandelt.

## Zur Einführung.

Die amtlichen Richtlinien für die Heizerlehrgänge sind vom Reichs- und Preussischen Wirtschaftsminister von neuem erlassen und auch auf die Niederdruckdampf- und die Warmwasserkessel ausgedehnt worden. Ihr Zweck ist nach dem veröffentlichten Wortlaut **eine sicherheitstechnische und wärmewirtschaftliche Ausbildung der Heizer**. Zur Durchführung von Lehrgängen sind von den Schulleitern Schulausschüsse aus Vertretern der Behörden, der Industrie und der Deutschen Arbeitsfront zu berufen. Bedingungen für die Zulassung zu den Heizerlehrgängen sind: 1. Erfüllung des 18. Lebensjahres, 2. Nachweis mindestens einjähriger Tätigkeit als selbständiger Landkesselheizer oder als Heizer und Maschinenwärter oder als selbständiger Heizer auf Binnenschiffahrtsdampfern, 3. Lehrzeugnisse als Maschinenbauer, Schlosser oder Kesselschmied und Nachweis mindestens dreimonatiger Tätigkeit als selbständiger Heizer oder 4. mindestens einjähriger Tätigkeit als Heizer auf Seeschiffen und Nachweis dreimonatiger Tätigkeit als selbständiger Heizer in einer Landdampfkesselanlage.

Mit den Lehrgängen ist eine Abschlußprüfung vor dem Schulausschuß verbunden, worüber die erfolgreichen Teilnehmer ein Prüfungszeugnis mit einheitlich für das Reich festgesetzter Fassung erhalten.

**Die Aufgaben des Kesselheizers.** Der Zweck jeder Dampfkesselanlage besteht in der Erzeugung von gespanntem Dampf, wobei der Heizer 1. für die Betriebssicherheit und 2. für die beste wirtschaftliche Ausnutzung der Kesselanlage zu sorgen hat.

Die Betriebssicherheit muß der Heizer unbedingt wahren, da Verstöße gegen dieselbe schwere Folgen (Kesselschäden, im schlimmsten Falle sogar Kesselexplosionen) haben können. Es ist daher seine unerläßliche Pflicht, die Sicherheitsvorrichtungen (**Wasserstandsanzeiger**<sup>1)</sup> — Abschnitt 13, Sicherheitsventile, Manometer), die Speisevorrichtungen und die sonstige Armatur (Absperrventile, Hähne), sowie den Kessel tadellos in Ordnung zu halten. Außerdem muß er bis in alle Einzelheiten mit seiner Kesselanlage genau vertraut sein, damit er sich im Gefahrenfalle schnell und sicher zu helfen weiß.

Seine volle berufliche Tüchtigkeit muß er jedoch durch die wirtschaftliche Ausnutzung der Kesselanlage, d. h. durch möglichst geringen Kohlenverbrauch beweisen. Die Kohle kann im Kesselbetrieb ohnehin nicht völlig ausgenutzt werden und auch bei gut in Ordnung gehaltenen Kesselanlagen gehen nur 70 bis 75 Prozent des Wärmegehaltes der Kohle in den Dampf über (12 Prozent gehen durch Ausstrahlung durch das eiserne Feuergerüst, das Kesselmauerwerk und die Schlacke und Asche verloren und 18 Prozent ziehen mit den Schornsteingasen ab). In mangelhaften Kesselanlagen wird die Kohle mitunter bloß 50 bis 60 Prozent ausgenutzt.

<sup>1)</sup> Ein eingehender Hinweis auf die große Bedeutung der Wasserstandsanzeiger ist aus pädagogischen Gründen an dieser Stelle am Platze.

Noch geringer ist der Wirkungsgrad der Dampfmaschinen, in denen 13 Prozent der Wärme des eintretenden Dampfes durch Kondensation an den Zylinderwänden und Ausstrahlung verloren gehen, 10 Prozent zur Überwindung der inneren Reibung von der Dampfmaschine verbraucht werden, 65 Prozent im Auspuffdampf verbleiben, so daß nur 12 Prozent der in die Dampfmaschine gelangenden Wärme für die Nutzleistung (Abgabe von Kraft) zur Verfügung stehen, wobei der in der Dampfleitung nach der Maschine auftretende Wärmeverlust durch Ausstrahlung noch nicht berücksichtigt ist (siehe auch „Die Maschinistenschule“).

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 Wärmeschutzverkleidung und der Kontrollinstrumente (Zugmesser, Rauchgasprüfer, Speisewassermesser und Thermometer) den Wirkungsgrad der Dampfanlage auf voller Höhe hält und etwaige Mängel erkennt und Abhilfe schafft.

## 1. Die Brennstoffe im allgemeinen.

**Entstehung und innerer Aufbau der Brennstoffe.** Unsere hauptsächlichsten natürlichen Brennstoffe sind die Steinkohle, die Braunkohle, der Torf und das Holz. Ihr innerer Aufbau ist für die Verbrennungsvorgänge maßgebend. Steinkohlen und Braunkohlen sind die Überreste von Wäldern und Pflanzen, die vor einer unermesslich langen, sich jeder menschlichen Schätzung entziehenden Zeit durch Wetterkatastrophen und Erdumwälzungen entwurzelt, 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 die sie heute der Bergmann zutage fördert.

Diese Entwicklung weist auch ohne wissenschaftliche Untersuchung darauf hin, daß die Kohle aus ähnlichen Bestandteilen wie das Holz aufgebaut sein muß. Das Holz besteht, wie wir beim Betrachten eines Baumstammes sofort ersehen können, aus mehreren verschiedenen Substanzen, und zwar aus der eigentlichen Holzfasern, 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 nach längerem Trocknen der Gewichtsverlust des Holzes bestimmt wird. Ferner enthält das Holz noch einen vierten Bestandteil, der beim Verbrennen als Asche und Schlacke zurückbleibt, und den man auch die steinigten oder mineralischen Bestandteile des Holzes nennt.

Diese vier Bestandteile des Holzes müssen wir, wenn auch in veränder-

tem Zustand, in der Kohle wiederfinden, da ein Stoff wohl eine Veränderung erfahren, aber niemals verloren gehen kann. Die anfänglich weiße oder grünliche, weiche und leichte Holzfaser ist schwarz, glänzend, steinartig, dichter und schwerer geworden und bildet den Hauptbestandteil der Kohle, weshalb er 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 mit zunehmendem Alter der Kohle abgenommen. Ferner mischte 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.

In nachstehender Tabelle ist die Zusammensetzung einiger Kohlenforten in ganz rohen Durchschnittswerten angegeben. Die teerartigen (auch flammbaren oder rauchigen) Bestandteile fehlen im Kofse, da sie bei der Verkofung der Kohle (Glühen in luftdicht geschlossenen Retorten oder Kammern) als Gase austreten.

Hauptbestandteile	Holz %	Stein- kohle %	Kohlen- schlamm %	Braun- kohle %	Koh- braun- kohle %	Kofse %	Braun- kohlen- briketts %
1. Kohlenstoff . . . . .	40—60	66	40	42	31	86	53
2. Teerartige Bestandteile .	15—18	21	14	16	10	—	23
3. Wasser . . . . .	20—40	8	25	32	47	3,5	15
4. Mineralische Bestandteile	1,5—2	4	19	6,5	9	7	} 9
5. Schwefel u. a. . . . .		1	2	3,5	3	3,5	

**Die chemische Zusammensetzung der Brennstoffe.** Für die Beurteilung, ob die Verbrennung der Kohle richtig 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 vom wissenschaftlichen Standpunkte der Chemie aus auf ihren Gehalt an solchen Stoffen untersuchen, die 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. (Blei, Kupfer, Eisen, Antimon, das bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Quecksilber, der Schwefel, das in eisernen Flaschen in den Handel gebrachte Sauerstoffgas und Wasserstoffgas u. a.)

Auch der Hauptbestandteil unserer Brennstoffe, der Kohlenstoff, ist ein solcher Urstoff und nimmt in erster Linie an der Verbrennung teil.

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 und zerfallen 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).

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. Die Zerlegung des Wassers findet im Kesselfeuer zumeist nicht statt, da es als Wasserdampf entweicht. Man begnügt sich deshalb bei den Angaben über die chemische Zusammensetzung der Kohle mit der Feststellung ihres Wassergehaltes.

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 Feuer abspaltet, während die übrigen (die erdigen) Bestandteile zusammensintern 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 für den Verbrennungsvorgang nur von ganz nebensächlicher Bedeutung.

Sonach 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 im wesentlichen aus den teerartigen Bestandteilen abspaltet.

II. aus nicht brennbaren Bestandteilen, nämlich:

a) aus Wasser,

b) aus mineralischen (oder steinigen) Bestandteilen,

III. aus Sauerstoff, soweit er sich bei der Verbrennung der Brennstoffe aus den mineralischen Verbindungen 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.

**Kohlenstoff** in nahezu reiner Form sind die Holzkohle (98 Prozent), der Graphit und der Ruß. Letztere sind schwer brennbar. Graphit wird deshalb zur Verhütung des Festbrennens der Wasserstandshähne als Zusatz zur Hahnsmiere verwendet. Der Ruß entsteht beim Abkühlen der Flammen an den Kesselblechen und bleibt dort bis auf die heißesten Stellen über dem Feuer haften.

**Der Wasserstoff** verbrennt mit dem Sauerstoff der Luft zu hoch erhitztem Wasserdampf, so daß sein Verbrennungsprodukt, auf gewöhnliche Temperatur abgekühlt, das Wasser ist (daher sein Name Wasserstoff). Er entsteht u. a. bei der chemischen Zerlegung des Wassers, beispielsweise beim Laden der elektrischen Akkumulatoren. Da er mit Luft vermischt das heftig explodierende Knallgas bildet, müssen die Akkumulatorenräume gut gelüftet und dürfen nicht mit Licht betreten werden.

**Der Sauerstoff** ist wie der Wasserstoff ein Gas. Lateinisch heißt er Oxygenium (oxydieren = mit Sauerstoff vereinigen, z. B. Rosten, Verbrennen). Man spricht daher auch von Kohlenoxyd, Schwefeloxyd usw.

## 2. Die Verbrennungsvorgänge.

**Allgemeines über die Verbrennung.** Die Verbrennung ist die Vereinigung der Brennstoffe mit dem Sauerstoff der Luft unter Wärme- und Lichtentwicklung. Sie tritt mit der Entzündungstemperatur und bei genügender Luftzufuhr ein. Wird erstere unterschritten, etwa beim Abschlagen, so erlischt das Feuer ebenso wie bei Luftabschluß, wie wir dies aus dem Verlöschen einer Kerze unter einer luftdicht abgeschlossenen Glasglocke ersehen können. Ist ein Brennstoff einmal angezündet, so vermag er auch andere Brennstoffe mit höherer Entzündungstemperatur in Brand zu setzen, z. B. Holz die Steinkohle, oder Holz und Steinkohle den Koks.

**Die Luft** ist ein Gemisch aus mehreren Gasen und Wasserdampf. Für unsere Zwecke genügt die Angabe, daß sie aus 21 Prozent Sauerstoff und 79 Prozent Stickstoff besteht. 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. 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), infolge des Stickstoffgehaltes der Luft beträgt sie nur etwa 2200°. Hierbei ist allerdings vorausgesetzt, daß nur die nach der theoretischen Berechnung nötige Luftmenge zur Feuerung hinzuströmt. Durch den unvermeidlichen Luftüberschuß in der Feuerung ermäßigt sich die Temperatur eines gut in Ordnung gehaltenen Feuers auf 1000 bis 1500° Celsius (d. i. ungefähr die Schmelztemperatur des Eisens).

Verbrennungstemperaturen<sup>1)</sup> einiger Brennstoffe in ° Celsius.

Kohlen säuregehalt <sup>2)</sup> %	Steinkohlen 7300 kcal	Braunkohlen- briffette 4800—5000 kcal	Braunkohle 2700 kcal
9	1050° Celsius	980° Celsius	820° Celsius
10,5	1120° "	1120° "	950° "
12,5	1300° "	1300° "	1080° "
14,0	1550° "	1450° "	1200° "

**Die vier Verbrennungsabschnitte.** Bei der Verbrennung treten an jedem Kohlenstück im Feuer in nachstehender zeitlicher Reihenfolge vier hauptsächlichste 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 kohligten Bestandteile (d. i. der Kohlenstoff),
4. die Bildung der unverbrennlichen Rückstände, der Asche und Schlacke.

Die Verdampfung des Wassers, die Entgasung der Kohle und die Bildung der Rückstände stellen keine eigentlichen Verbrennungserrscheinungen 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 an-

<sup>1)</sup> Nach Herberg: Feuerungstechnik u. Dampfkesselbetrieb. Berlin: Julius Springer.

<sup>2)</sup> Gemessen in der Feuerung. Der am Kesselende gemessene Kohlen säuregehalt ist zu meist um 1 bis 2 Prozent niedriger.



fängliche Form zurückgeführt werden können. Man nennt sie deshalb auch **physikalische Vorgänge**.

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

Die Verbrennung der Kohle besteht demnach aus physikalischen und chemischen Vorgängen, die 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, an der Brennmasse, der Kohle 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 Kohlenmasse.** Letztere entweicht bei der Erwärmung der Kohle bei 100° als Wasserdampf in den Heizgasen und verursacht demnach einen Wärmeverbrauch und Wärmeverlust. Obgleich die Kohle demnach in möglichst lufttrockenem Zustande verfeuert werden sollte, ist doch das vielfach übliche Anfeuchten derselben mitunter vorteilhaft, um das Zusammenbacken der Schlacken und beim Verfeuern von trockener feinkörniger Kohle das Forttreiben von unverbrannten Kohlentteilen in die Feuerzüge zu verhüten. Durch den Wassergehalt kann auch die Entgasung der Kohle vorteilhaft verzögert und hierbei eine Kohlenersparnis erzielt werden, weil bei einer verlangsamten Vergasung die Verbrennung der flüchtigen Kohlengase erleichtert wird. Auch wird die Schädlichkeit der äußeren Feuchtigkeit der Kohle vielfach insofern überschätzt, als die zu ihrer Verdampfung erforderliche Wärmemenge für viel höher gehalten wird, als sie tatsächlich ist.

**Die Entgasung und Verkottung der Kohle.** Nach dem Verdampfen des Wassergehaltes werden die teerartigen Bestandteile, die Kohlenwasserstoffe flüchtig, d. h. sie gehen, wie das Wasser, in Dampfform über und füllen den Feuerraum über dem Rooste aus. Man sagt, die Kohle entgast oder verkott. Sie verbrennen im Raume über dem Roost (Raumverbrennung) mit **hell leuchtender Flamme**, die mit fortschreitender Entgasung abnimmt und schließlich völlig verschwindet, was man in den von Hand beschickten Feuerungen oder bei mechanisch angetriebenen Feuerungen dann gut beobachten kann, wenn die Beschickungsapparate bei vollem Betrieb einmal für 5 bis 10 Minuten abgestellt werden.

Die flüchtigen Bestandteile zerfallen beim Verbrennen (wenn sich also, wie vorstehend erwähnt, die Flamme bildet) in ihre Urbestandteile, Kohlenstoff und Wasserstoffgas, woraus als Verbrennungsprodukt Kohlen Säure und Wasserdampf entstehen.

**Es tritt also im Feuer zweimal Wasserdampf auf:**

1. bei der Verdampfung der Kohlenmasse, die ein rein physikalischer Vorgang, ein Trocknen der Kohle ist, und

2. bei der Verbrennung des Wasserstoffgases, das sich im Feuer aus den teerartigen Bestandteilen (Kohlenwasserstoffen) اسپaltet und mit dem Sauerstoff der Luft zu hocherhitztem Wasserdampf von großer Heizkraft verbrennt, wie dies auch bei der Wasserstoffgaschweißerei der Fall ist. Bei gasförmigen und flüssigen Brennstoffen ist der Anteil dieses Wasserdampfes in den Abgasen größer als bei festen Brennstoffen, weil sie hauptsächlich aus Kohlenwasserstoffen bestehen.

Das Leuchten der Flamme beruht darauf, daß in ihr infolge von Luftmangel fein verteilter Kohlenstoff ausgechieden und auf Weißglut erhitzt wird. Am Rande und an der sonstigen Oberfläche der Flamme, wo die Verbrennungsluft hinzutreten kann, 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.** Die flüchtigen Bestandteile verbrennen nur beim Vorhandensein ihrer Entzündungstemperatur (etwa 300°) und bei genügendem Luftzutritt, andernfalls ziehen sie unverbrannt als Rauch ab. Letzterer besteht demnach aus wärmetechnisch sehr wertvollen brennbaren, mit Ruß durchsetzten Gasen, und es sind bei starker Rauchentwicklung die Wärmeverluste beträchtlich.

Gasarme Brennstoffe, Anthrazit, Koks usw., lassen sich leichter rauchschwach verfeuern als gasreiche. Die Rauchentwicklung beim Braunkohlen- oder Holzfeuer ist leichter vermeidbar als beim Steinkohlenfeuer, weil ihre flüchtigen Bestandteile leichter brennbar sind.

**Die vollständige und unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffes.** Nach der Entgasung 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 auf dem Roß (Schichtverbrennung) **in zwei Abstufungen:** Zunächst an seiner glühenden Oberfläche zu einem Gas, dem **Kohlenoxydgas**, das noch brennbar ist und bei ausreichendem Luftzutritt und bei der verhältnismäßig niedrigen Temperatur von 300° Celsius weiterverbrennt, und zwar zu **Kohlensäure**. Bei Luftmangel in der Feuerung, also bei verschlacktem Roß, bei ungenügendem Essenzug oder zu hoher Feuerschicht, die einen sehr großen Luftbedarf und infolgedessen einen sehr starken Essenzug erfordert, zieht das Kohlenoxyd unverbrannt ab, was natürlich ein Mangel ist, denn die Kohle soll in jedem Falle so weit verbrennen, daß die abziehenden Gase keine brennbaren Bestandteile mehr enthalten. Die Kohlensäure ist nicht weiter brennbar. Man nennt daher die Verbrennung zu Kohlenoxydgas die **unvollständige**, und die Verbrennung zu Kohlensäure die **vollständige** Verbrennung des Kohlenstoffes. Um zu Kohlenläure 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 Verbrennung des Kohlenstoffes wie folgt dar:

1) 1 Kilogramm Kohlenstoff + 1,33 Kilogramm Sauerstoff = 2,33 Kilogramm Kohlenoxydgas.  $C(\text{arbon}) + O(\text{xygenium}) = CO$ .

2) 2,33 Kilogramm Kohlenoxydgas + 1,33 Kilogramm Sauerstoff = 3,66 Kilogramm Kohlensäure.  $CO + O(\text{xygenium}) = CO_2$ .

Im ersten Falle werden rund 2500, im zweiten Falle insgesamt 8100 Wärme-einheiten, also über  $\frac{2}{3}$  mehr erzeugt.

Bei der Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenoxydgas, also bei seiner unvollständigen Verbrennung, entsteht demnach nur etwa der **dritte** Teil der Wärmemenge wie bei der vollständigen Verbrennung zu Kohlensäure. Der Heizer muß daher darauf sehen, daß die Rauchgase kein oder möglichst wenig Kohlen-

oxydgas enthalten; während der Gehalt derselben an der unverbrennlichen Kohlen- säure möglichst hoch sein soll. **Dies ist auch der Grund, weshalb man die Rauchgase im Essenfuchs auf ihren Gehalt an Kohlen- säure und Kohlenoxydgas untersucht.** Der geübte Heizer erkennt das Kohlenoxydgas an der bläulichen, kurzen Flamme, mit der es über der Grundglut des Feuers zu Kohlen- säure verbrennt; doch kann diese Verbrennung auch bereits innerhalb der Glüh- schicht erfolgen und dabei keine Flamme sichtbar sein. Im übrigen sind die Kohlen- säure und das Kohlenoxydgas farblos und geruchlos. Der Heizer muß also, da äußerlich wahr- nehmbar Unterscheidungsmerkmale zwischen diesen beiden Gasen nicht vorhanden sind, darauf achten, daß genügend Luft zum Feuer hinzutreten kann, den Kofst erforderlichenfalls abschlagen, den Luftzug verstärken oder die Feuer- schicht niedriger halten oder mit dem Schüreisen aufbrechen und lockern. Große Mengen von Kohlenoxydgas treten sehr leicht in den Schüttfeuerungen von Niederdruck- kesseln (siehe Abschnitt 17) auf, wenn dieselben mit Kofst betrieben werden und letzterer zum Zusammenbacken neigt oder viel Schlacke absondert. Die beim Öffnen der Feuer- tür über der glühenden Kofstschicht sich bildenden langen blauen Flammen zeigen dann an, daß große Mengen Kohlenoxydgas vorhanden waren.

Tritt die unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffs nicht bloß vorübergehend auf und erstreckt sie sich ferner auf die ganze Feuerung, so macht sich der damit ver- bundene große Wärmeverlust durch schnelles Fallen des Dampfdruckes bemerkbar, so daß der Heizer einen deutlichen Hinweis auf einen Mangel im Feuer erhält. Das Kohlenoxydgas (Kohlendunst) ist übrigens giftig und wirkt, in größeren Mengen eingeatmet, tödlich.

**Die unverbrennlichen Bestandteile** der Brennstoffe bleiben zurück. Je nach- dem 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.

### 3. Die Zusammensetzung und Untersuchung der Heizgase.

**Die theoretische Zusammensetzung des Heizgases** ist nach der vorstehenden Schilderung der Verbrennungsvorgänge folgende:

1. Stickstoff als unverbrennlicher Bestandteil der Luft,
2. Kohlen- säure und Wasserdampf aus der Verbrennung der teerartigen Be- standteile der Kohle,
3. Kohlen- säure als Ergebnis der Verbrennung des festen Kohlenstoffes,
4. schweflige Säure als Ergebnis der Verbrennung des Schwefelgehaltes der Kohle (ist als unwesentlich in nachstehenden Ausführungen vernachlässigt) und
5. Wasserdampf, von der Kohlenmasse herrührend.

Die Heizgase enthalten demnach als Verbrennungsergebnis nur Kohlen- säure (Punkt 1 und 2) und Wasserdampf, soweit zu seiner Entstehung Sauerstoff ver- braucht worden ist. Bei der theoretischen Verbrennung findet keine Vermehrung der Gasmenge statt; die Abgase sind aber dafür dichter, d. h., auf gleiche Tempera- turen bezogen, schwerer als die Verbrennungsluft, da die Kohlen- säure und der Wasserdampf (Punkt 2) an die Stelle der 21 Prozent Sauerstoff der Luft getreten sind. Der Anteil der Kohlen- säure an diesen 21 Prozent wird der maximale Koh-

len-säuregehalt des Brennstoffes genannt. Er ist maßgebend für die Beurteilung des praktisch erreichbaren Kohlen-säuregehaltes und beträgt für Roßs 20,5, für Magerkohle 19,2, für fette Steinkohle 18,6 und für Braunkohle 18,2 Prozent im Durchschnitt, nimmt also mit zunehmendem Gehalt der Kohle an teerartigen Bestandteilen (d. i. Kohlenwasserstoffe) ab. Der restliche Teil jener 21 Prozent entfällt auf das Verbrennungsprodukt des Wasserstoffgases zu Wasserdampf nach Punkt 2 (siehe oben). Im übrigen bestehen die Abgase aus 79 Prozent Stickstoff (wie die Luft) und enthalten den Wasserdampf aus der Kohlenmasse als Feuchtigkeit, der an dem Sauerstoffverbrauch der Luft nicht beteiligt ist und daher keinen Einfluß auf die Höhe des maximalen Kohlen-säuregehalt der Abgase hat.

Maximaler Heizwert an Heizölen und Heizgas (Roßsofengas) siehe Seite 43.

**Die praktische Zusammensetzung der Heizgase.** Die theoretische oder verlustfreie Verbrennung, wie sie auch genannt wird, und mit ihr der maximale Kohlen-säuregehalt sind in der Praxis nicht zu erreichen, da die Luftmenge, die beide voraussetzen, sich im Feuer nicht so verteilen läßt, daß ihr Sauerstoff restlos an die brennbaren Bestandteile der Kohle (Kohlenstoff, teerartige Bestandteile, Wasserstoffgas) gebunden wird. Der Sauerstoff zieht infolgedessen an manchen Stellen des Feuers unverbrannt ab, und es entsteht anderseits in der Brennschicht stellenweise Luftmangel und statt der Kohlen-säure Kohlenoxydgas. Zur Vermeidung des hiermit verbundenen, wie wir sahen, sehr hohen Wärmeverlustes arbeitet man in jedem Kesselfeuer mit einem Luftüberschuß, d. h. mit einer größeren als der theoretischen Luftmenge. Da aber ein Zuviel an Luft ebenfalls einen größeren Kohlenaufwand bedingt, darf der Luftüberschuß nicht zu hoch werden; es könnte sonst der Fall eintreten, daß er größere Wärmeverluste verursacht als das Kohlenoxydgas. Er muß daher möglichst klein sein und entsprechend geregelt werden. Als Maßstab dient hierbei das Aussehen des Kesselfeuers (siehe Abschnitt 5) und die Höhe des Gehaltes der Abgase an Kohlen-säure und unverbrannten Gasen. Je größer der Luftüberschuß ist, um so kleiner ist der Kohlen-säuregehalt und um so größer der Kohlenverbrauch. Man feuert daher so, daß die Heizgase einen möglichst hohen Gehalt an Kohlen-säure und einen möglichst kleinen Gehalt an unverbrannten Gasen haben. Völlig vermeiden lassen sich letztere kaum, da sie auch bei genügendem Luftzutritt an einzelnen Kohlenstücken auftreten. Praktisch bewährt und rechnerisch richtig ist bei festen Kohlen ein Kohlen-säuregehalt von 11 bis 14 Prozent, wobei ein Gehalt an brennbaren Gasen, d. i. an Kohlenoxydgas und Wasserstoffgas, von 0,2 bis 0,3 Prozent mit in Kauf genommen wird.

Größer soll der Anteil der unverbrannten Gase nicht sein. Sind beispielsweise in den Abgasen 14 Prozent Kohlen-säure und 1 Prozent Kohlenoxydgas enthalten (was sehr leicht vorkommen kann), so ergibt nach einer wärmetechnischen Berechnung das Auftreten des Kohlenoxydgases einen Wärmeverlust von 5 Prozent, und die Verbrennung wäre dann nicht günstiger als eine solche mit 10 Prozent Kohlen-säure und keinem Kohlenoxyd. Der Luftüberschuß ist in diesem Falle zu klein, und es werden auch Fälle in der Praxis vorkommen, in denen der Heizer bemerkt, daß er mit einem geringeren Kohlen-säuregehalt den Dampf besser als mit einem höheren halten kann und es richtig war, daß er den Luftüberschuß erhöhte.

So verwickelt diese Darstellung vielleicht dem Heizer erscheint, so einfach und leicht verständlich ist ihre praktische Auswertung, wenn er davon ausgeht, daß die Luftmenge durch die Handhabung des Essenschiebers zu regeln ist, er nach dem Grundsatz: viel Dampf erfordert viel Kohle und viel Luft, und weniger Dampf erfordert weniger Kohle und weniger Luft, verfährt und bei Belastungsschwankungen nicht nur die Kohlenmenge, sondern durch Verstellen des Essenschiebers auch die Luftmenge dem Dampfbedarf anpaßt. Beachtet er dies, so wird er mit einem

gleichbleibenden Kohlenäuregehalt und mit einer Mindestluftmenge arbeiten und ein Mindestkohlenverbrauch sich von selbst ergeben.

**Die Untersuchung der Abgase** bietet eine gute Grundlage dafür, ob das Feuer und die Kesselzüge in Ordnung sind. Die hierzu im praktischen Betriebe benützten **Rauchgasprüfer** dienen gewöhnlich nur der laufenden Feststellung und Aufzeichnung des Kohlenäuregehaltes, außerdem aber auch, wenn auch nicht immer, des Gehaltes an brennbaren Gasen, also an Kohlenoxydgas und Wasserstoffgas. Letzterer wird für beide Gasarten stets gemeinsam, nicht für jedes Gas besonders ermittelt, da dies keine wesentliche Bedeutung hat und die Bauart des Rauchgasprüfers sehr komplizieren würde. **Auf den Anzeigeräten werden die Kohlenäure mit CO<sub>2</sub> und das Kohlenoxyd und der Wasserstoff mit CO + H<sub>2</sub> nach den Anfangsbuchstaben von Carbo (Kohle), Oxygen (Sauerstoff) und Hydrogen (Wasserstoff) mit den chemischen Formeln bezeichnet.**

Die nachstehende Tabelle über die Beziehungen des Kohlenäuregehaltes, des Luftüberschusses und den Wärmeverlusten einer Kesselfeuerung ist für eine mittelgute Steinkohle und eine Abgastemperatur von 270° berechnet.

Bei einem Kohlenäuregehalt 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 wie die theoretische Luftmenge.
Der Kohlenverlust beträgt dann . . .	0	12	13	14	15	18	23	30	45	90 Prozent

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 ausgenützt werden.

Für wissenschaftliche Zwecke, für Einzeluntersuchungen von Dampfkesselanlagen und zur Nachprüfung von anderen Rauchgasprüfern bedient man sich der volumetrischen Messung. Dieselbe besteht darin, daß man mittels einer an den Rauchgasprüfer angeschlossenen Rohrleitung von etwa 20 Millimeter Durchmesser aus dem Essensfuß eine bestimmte Rauchgasmenge — gewöhnlich 100 Kubikzentimeter — herausaugt und diese Rauchgasprobe der Reihe nach durch drei Behälter (Absorptionsgefäße) mit je einer besonderen Flüssigkeit in Berührung bringt. Die eine Flüssigkeit (Alkalilösung) saugt dann die Kohlenäure, die andere (Pyrogallussäure) den Sauerstoff und die dritte (Kupferchlorurlösung) das Kohlenoxydgas 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 aufgesaugt, während die übrigen Gase wieder aus ihr heraustreten. Bleiben dann von der Gasprobe nur noch 88 Kubikzentimeter übrig, so betrug der Kohlenäuregehalt derselben 100 — 88 = 12 Prozent. In den beiden übrigen Absorptionsgefäßen bestimmt man alsdann in gleicher Weise den Gehalt des Gasrestes an Kohlenoxydgas und Sauerstoff.

Ein derartiger Apparat ist der **Orsatapparat**, der mit 2 oder 3 Absorptionsgefäßen hergestellt wird. Die in Abb. 1 dargestellte Bauart hat 2 Absorptionsgefäße, die zur Feststellung des Kohlenäure- und des Sauerstoff- oder an dessen Stelle des Kohlenoxydgasgehaltes dienen.

Im Gefäß  $a_1$  befindet sich Kalilauge zum Auffangen der Kohlen Säure, im Gefäß  $a_2$  Pyrogallussäure oder Phosphor in Stängchenform zum Auffangen des Sauerstoffs. Beide Gefäße sind bis etwa  $\frac{2}{3}$  ihrer Höhe gefüllt. Zum Ansaugen von Gas führt eine Rohrleitung vom Filter nach dem letzten Feuerzug. Mit der Schlauchpumpe und durch wechselnde Einstellung des Dreiweghahnes  $h_3$  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 nach entsprechender Einstellung des Dreiweghahnes  $h_3$  in die Bürette hineingesaugt. Zu feiner 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 Kohlen Säure. Letztere wird hierbei von der Alkalilösung aufgefangen. Senkt man

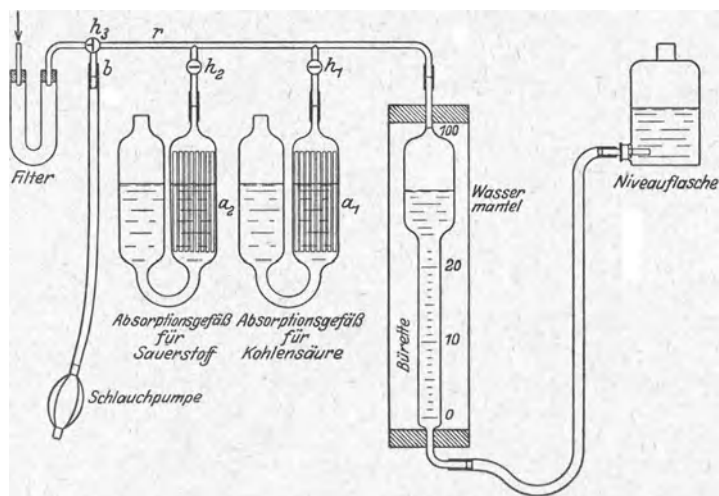


Abb. 1<sup>1)</sup>. Orsatapparat mit 2 Absorptionsgefäßen, die mit verschiedenen Chemikalien gefüllt werden und zur Bestimmung des Kohlen Säure- und des Sauerstoff- oder des Kohlenoxyd- gasgehaltes in den Rauchgasen dienen.

hierauf die Niveauflasche, so strömt das Gas in die Bürette zurück und die Kalilauge wird bis zum Hahn  $h_1$  hochgezogen. Hierauf hebt man die Niveauflasche so weit, bis die Wasserspiegel 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 Kohlen Säure) unter demselben Druck wie die äußere Atmosphäre 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 deren Kohlen Säuregehalt an.

Die Bestimmung des Sauerstoff- oder des Kohlenoxydgasgehaltes erfolgt in der Weise, daß man den verbliebenen Gasrest durch Heben und Senken der Niveauflasche in das Absorptionsgefäß  $a_2$  leitet und wieder zurücksaugt. Hierauf werden die Wasserspiegel 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 zusammengenommen in der Gasprobe enthalten waren. Die Bestimmung des Sauerstoff- und des Kohlenoxydgasgehaltes ist wegen der

<sup>1)</sup> Abb. 1 ist „Franz Seufert: Verbrennungslehre und Feuerungstechnik“, Berlin: Julius Springer, entnommen.

komplizierten Zusammenfözung und des Verhaltens der dabei erforderlichen Chemikalien bei der Beröhrung mit der Luft ziemlich umständlich und schwierig, so daß bei nicht genügender Sorgfalt sehr leicht falsche Angaben entstehen. Untersuchungen dieser Art können daher nur von Fachingenieuren vorgenommen werden.

Nach demselben Grundsatz wie der Orsatapparat sind eine Anzahl Rauchgasprüfer für die laufende und ununterbrochene Untersuchung der Rauchgase auf Kohlenföuregehalt gebaut. Der Apparat (Abb. 2) arbeitet wie folgt:

Durch den kleinen Hahn a fließt ständig Wasser zu, das in dem Rohr R

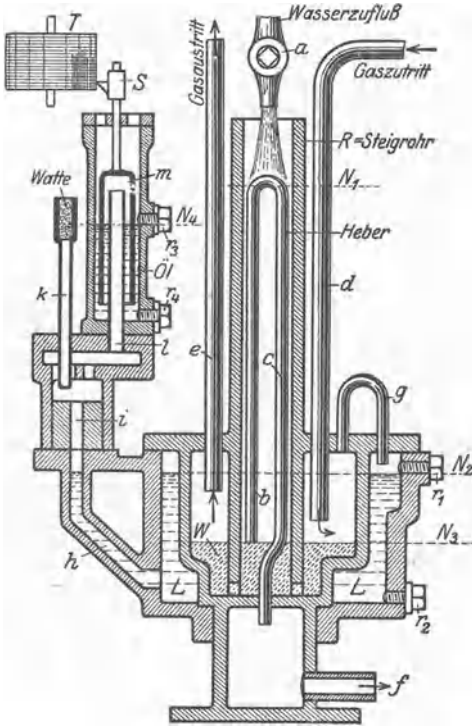


Abb. 2. Schematische Schnittzeichnung eines Rauchgasprüfers. L = der Behälter mit Kalilauge, die die Kohlenföure aus der im Apparat abgesperrten Rauchgasprobe auffaugt.

unteren Mündung des Rohrschenfels b entleert, so daß die Rauchgase wieder durch den Apparat hindurchströmen können und die Lauge wieder in die Lage  $N_2$  zurückkehrt. Zugleich gehen auch die Glocke m und mit ihr der Schreibstift S in ihre Anfangsstellungen zurück.

Die Lauge ist durch das Entlüftungsröhr täglich bis zur Niveauschraube  $r_1$  aufzufüllen; ebenso das Öl im Glockenbehälter bis zur Schraube  $r_3$ . Die Schrauben  $r_2$  und  $r_4$  sind Ablassschrauben. Das Röhr k erhält oben zur Verhütung der Verschmutzung durch Staub einen Wattepfropfen. Das aus dem Heber periodisch abfließende Wasser wird durch das Röhr f abgeleitet. Das Ansaugen der Gase wird durch einen kleinen, mit Wasser betriebenen Injektor im Gasröhr e bewirkt. Bevor sie in den Apparat gelangen, werden sie in einem (nicht gezeichneten) Filter mit Holzwolle vom mitgeführten Staub gereinigt.

und in dem Schenkel b des Hebers in die Höhe steigt. Hierbei wird die Rauchgaszuföhr aus dem Gasröhrd unterbrochen, sobald dessen untere Öffnung vom Wasser verschlossen ist. Die Gase in dem Behälter W können beim weiteren Ansteigen des Wassers zunächst noch durch das Röhr e entweichen, bis auch dieses unten durch das Wasser versperrt wird. Die in dem Behälter W alsdann eingeschlossenen Rauchgase werden nunmehr durch das Röhrchen g hindurch nach dem Behälter L gedrückt, dessen Lauge die Kohlenföure absorbiert. Die Lauge wird hierbei in den Kanälen h und i in die Höhe gedrückt, und zwar um so mehr, je weniger Kohlenföure aufgesaugt worden ist. Beim Ansteigen der Lauge tritt zunächst die Luft durch das Röhr k hindurch aus dem Apparat heraus, bis das untere Ende des Rohres k durch die Lauge verschlossen wird und die im Röhr 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 Röhr R bis zur Höhe  $N_1$  gestiegen, so tritt der Heber in Tätigkeit. Das Röhr R und der Behälter W werden schnell bis zur

Soll auch der Gehalt der Abgase an unverbrannten Gasen ermittelt werden, so wird die von der Kohlen Säure befreite Gasprobe zunächst in einen kleinen in demselben Rauchgasprüfer befindlichen elektrisch beheizten Verbrennungssofen geleitet, in welchem die unverbrannten Gase — Kohlenoxyd und Wasserstoffgas =  $\text{CO} + \text{H}_2$  — zu Kohlen Säure und Wasserdampf verbrennen. Die Gasprobe tritt hierauf zur Aufsaugung der neuen Kohlen Säure und des Wasserdampfes in einen zweiten ebenfalls mit Kalilauge gefüllten Behälter, worauf ihr verbleibender Rest in derselben Weise wie bei der ersten Untersuchung gemessen und aufgezeichnet wird.

Der elektrische Rauchgasprüfer von Siemens & Halske (Abb. 3) beruht

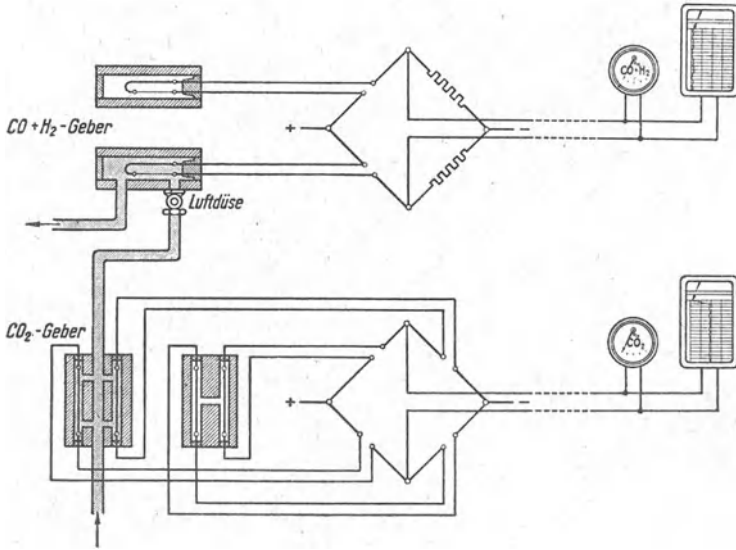


Abb. 3. Schema des elektrischen Rauchgasprüfers von Siemens & Halske auf Kohlen Säure ( $\text{CO}_2$ ) und Unverbranntes (Kohlenoxyd und Wasserstoffgas =  $\text{CO} + \text{H}_2$ ).

darauf, daß die Kohlen Säure die Wärme nahezu doppelt so schlecht (genauer: im Verhältnis von 59 : 100) ableitet wie die Luft.

Der Kohlen Säuregeber besteht aus 2 Metallkloßen mit je 2 Bohrungen mit dünnen Platindrähten, die in einen gemeinsamen elektrischen Stromkreis eingeschaltet sind. Der eine der beiden Kloße enthält auf  $100^\circ$  Celsius erhitzte Platindrähte und wird von einem ständigen Rauchgasstrom durchzogen, wobei die Drähte infolge des schlechten Wärmeleitungsvermögens der Kohlen Säure um so wärmer werden und zugleich ihr Widerstand gegen den elektrischen Strom um so größer wird, je höher der Kohlen Säuregehalt der Rauchgase ist. In den Bohrungen des anderen Metallkloßes ist Luft, und die darin befindlichen nicht beheizten Platindrähte haben infolgedessen eine wesentlich niedrigere Temperatur und einen wesentlich geringeren elektrischen Widerstand als die Drähte des Rauchgasfloßes. Der hieraus entstehende, mit dem Kohlen Säuregehalt der Rauchgase wechselnde Unterschied des elektrischen Widerstandes zwischen den Platindrähten der beiden Metallkloße dient als Maßstab für den Kohlen Säuregehalt und wird mittels einer besonderen Schaltung (Wheatstone'sche Brücke — siehe Abb. 3) vom Anzeigegerät —  $\text{CO}_2$  — angezeigt.

Zur Feststellung des Gehaltes der Abgase an unverbrannten Gasen (Kohlenoxydgas und Wasserstoffgas —  $\text{CO} + \text{H}_2$  —) sind 2 weitere Metallkloße vorhanden.



In dem einen derselben werden die unverbrannten Gase an einem auf etwa  $400^{\circ}$  Celsius erhitzten Platindraht verbrannt, wobei dessen Temperatur und elektrischer Widerstand mit steigendem oder fallendem Gehalt der Abgase an unverbrannten Gasen zu- oder abnehmen. Der andere Metallkloß enthält ebenfalls einen Platindraht und nur Luft. Gemessen und angezeigt wird wieder, wie beim Kohlensäureprüfer, der Unterschied zwischen den elektrischen Widerständen der Platindrähte in den beiden Metallkloßen als Maßstab für die Höhe des Gehaltes an unverbrannten Gasen. Der Verbrennungskloß hat zur Sicherstellung der Verbrennung eine regelbare Luftdüse und wegen der hohen Temperatur und zur größeren Haltbarkeit wesentlich kürzere und dickere Platindrähte als der Kohlensäureprüfer.

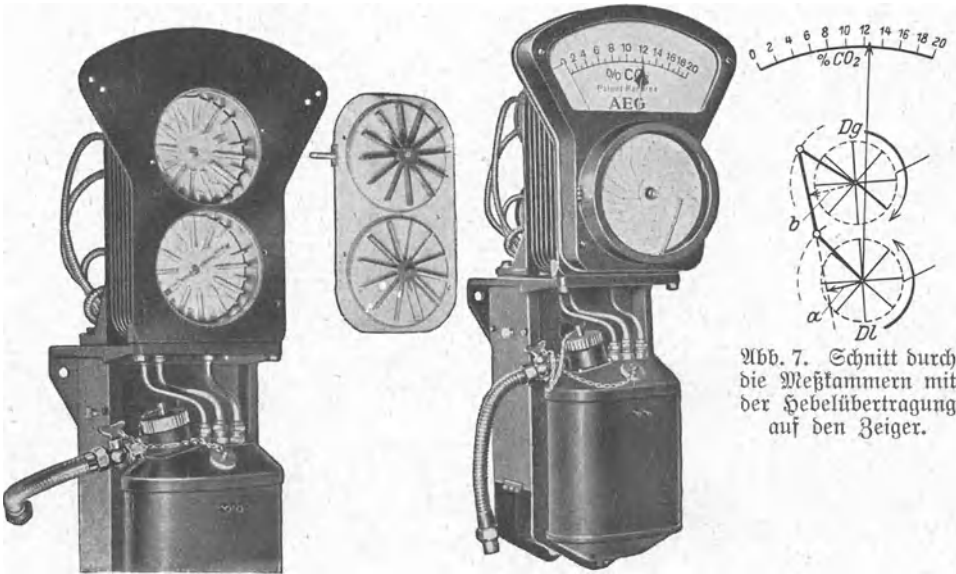


Abb. 4 bis 6. Manarexapparat der AEG, Berlin.

links: geöffnet, rechts: Ansicht.

Im übrigen sind die Apparate mit Gasfilter, Kühler zur Abscheidung des Wassers aus dem Rauchgas, regelbarer Strömungsgeschwindigkeit und Ansaugvorrichtung für dasselbe ausgerüstet.

Abb. 4 bis 8 zeigen den **Manarexapparat** der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, Berlin. Ein Elektromotor in der Kapsel über der Skala treibt zwei Ventilatoren mit entgegengesetzter Drehrichtung an, von denen der obere das Rauchgas, der untere Luft ansaugt. Der hierbei vor jedem Ventilator, in den Meßkammern, entstehende Wirbel bläst oben und unten auf je ein Meßrad und sucht dieses zu verdrehen. Die Achsen der Meßräder durchdringen die Kammerdeckel in kleinen Lagern und sind, wie aus Abb. 5 ersichtlich, gelenkig miteinander verbunden, so daß eine Drehwaage entsteht. Mit der unteren Achse ist außerdem der nach der Skala führende Zeiger verbunden. Da die Kohlensäure schwerer ist als Luft, überwiegt die Drehkraft des Rauchgaswirbels vor dem oberen Meßrad je nach der Höhe des Kohlensäuregehaltes mehr oder weniger die entgegengesetzt gerichtete Drehkraft des Luftwirbels vor dem unteren Meßrad und bewirkt hierdurch einen entsprechenden Ausschlag der Drehwaage mit dem Zeiger auf der Skala. Der untere Ventilator saugt die Luft im ständigen Kreislauf über dem

Wasserspiegel eines Wasserbehälters im Unterteil des Apparates an, um den Einfluß des Feuchtigkeitsgehaltes der Rauchgase auszugleichen.

Werden die Dreiweghähne so eingestellt, daß beide Ventilatoren Außenluft ansaugen, so ist die Drehkraft der Luftwirbel vor den Meßrädern gleich groß und muß sich der Zeiger auf Null einstellen. Damit der obere Ventilator das Rauchgas besser ansaugt, wird es durch eine Rückleitung nach dem Rauchkanal zurückgeführt.

Bei einer in wenigen Stücken zur Ausführung gekommenen **Gaswaage** sollte die Menge der Kohlensäure, die 1,5 mal so schwer wie die Luft ist, durch unmittelbare Wägung festgestellt werden. Da es sich hierbei um äußerst geringe Gewichtsmengen handelt, dürfte wohl die übermäßige Empfindlichkeit der Gaswaage deren Einfüh-

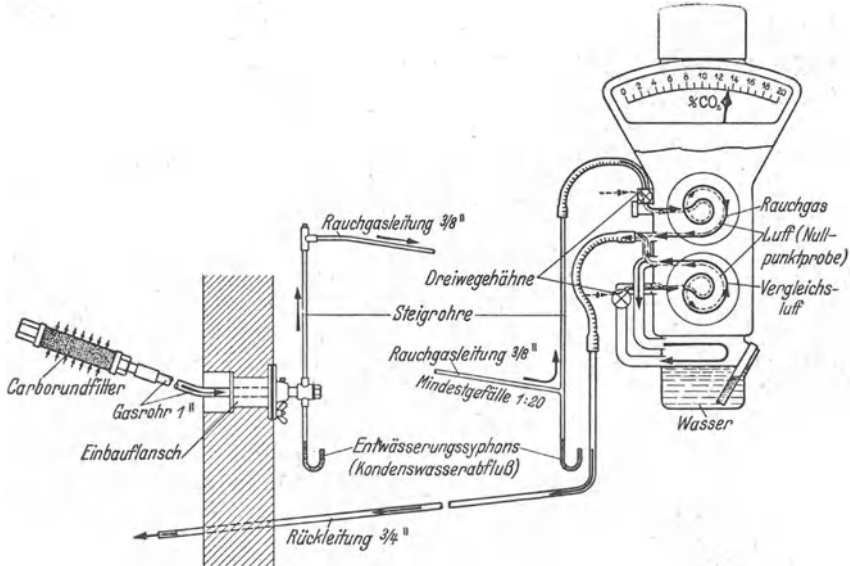


Abb. 8. Der Ranarexapparat mit Rohrleitungen. Der Carborundfilter liegt im Rauchkanal. Alle Rohrleitungen sind so anzuordnen, daß das bei der Abkühlung der Rauchgase sich auscheidende Wasser leicht ablaufen kann.

rung in die Praxis verhindert haben, wie dies auch bei mehreren anderen Bauarten von Rauchgasprüfern der Fall ist.

Außer dem Zeiger erhalten die Apparate eine Registriereinrichtung mit einem Uhrwerk und einem rotierenden Papierstreifen, der alle 24 Stunden erneuert wird und auf dem der Verlauf der Feuerführung (Öffnen der Feuertüre beim Abschlagen, beim Aufbrechen der Grundglut, zu niedrige Feuerschicht usw.) durch selbsttätiges Aufzeichnen der gemessenen Werte ersichtlich gemacht ist.

Der Gebrauch der Rauchgasprüfer erfordert zwar einige Übung, ist jedoch von jedem Kesselheizer leicht erlernbar. **Die Hauptsache ist aber, daß der Heizer die Nutzenanwendung aus den Angaben des Apparates zieht.** Zeigt letzterer zu wenig Kohlensäure 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 Kohlen säuregehalt der Rauchgase auch auf eine Verschlackung des Feuers und somit nicht auf einen Luftüberschuß, sondern auch auf einen Luftmangel im Feuer zurückzuführen sein. **Die Regelung 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 regelt, daß er den Essenschieber so einstellt, wie es die jeweilig erforderliche Dampferzeugung verlangt. Da die Rauchgase für den Rauchgasprüfer aus dem Essensfuchs dicht an dem Essenschieber entnommen werden, kann ein zu geringer Kohlen säuregehalt 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 Verbünnung der Rauchgase mit Luft der Kohlen säuregehalt 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.

In Kesselhäusern ohne solchen Apparat 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 Heizer wird vielleicht mit einer bestimmten Steinkohlenforte den Dampf ganz gut auf gleicher Höhe halten können; ist er jedoch aus irgendeinem Anlaß einmal gezwungen, statt der Steinkohle etwa Braunkohlenbricketts oder Rohbraunkohle zu verfeuern, so wird er bemerken, daß sich alsdann die nötige Dampfmenge auch bei angestrenzter Bedienung des Feuers sehr schwer erzeugen läßt. Die Ursache hierfür liegt daran, daß die Steinkohle besser ist als die übrigen Kohlenforten, 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 verlustfreien 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<sup>1)</sup>: Speist man in einen Dampfkessel stündlich 2500 Kilogramm (= 2,5 Kubikmeter) Wasser und steigt dessen Temperatur in einem Vorwärmer von 12 auf 93° Celsius, so beträgt die ihm im Vorwärmer zugeführte Wärmemenge  $93 - 12 = 81 \times 2500 = 202500$  Wärmeeinheiten.

<sup>1)</sup> 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.

Beträgt der Heizwert einer mittleren Steinkohle 6400 Wärmeeinheiten, so heißt dies, mit 1 Kilogramm derselben kann man 6400 Kilogramm Wasser um  $1^{\circ}$  Celsius, also etwa 10 auf  $11^{\circ}$ , oder 800 Kilogramm Wasser um  $8^{\circ}$ , also etwa von 10 auf  $18^{\circ}$  Celsius erwärmen. Um 1 Kilogramm Wasser in Dampf von atmosphärischem Druck zu verwandeln, müssen ihm 638,2 Wärmeeinheiten zugeführt werden (siehe Spalte 6 der Tabelle Seite 75). Es könnte demnach 1 Kilogramm Kohle von 6400 Wärmeeinheiten rund 10 Kilogramm Wasser verdampfen. Da jedoch ein beträchtlicher Teil des Wärmegehaltes der Kohle in den Schornsteingasen abzieht und Wärmeverluste beim Abschlacken und durch Ausstrahlung entstehen, können nicht mehr als etwa 7 Kilogramm Wasser verdampft werden. Man sagt dann, der Kessel arbeitet mit einer siebenfachen Verdampfung. In der Praxis ist demnach eine vollständige Ausnutzung der Kohle nicht möglich, und es ist schon als günstig zu bezeichnen, wenn 75 Prozent der in der Kohle enthaltenen Wärmemenge in das Kesselwasser oder in Dampf 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 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 Kohlenforte macht sich auch ein öfteres Abschlacken 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 Kost vorhanden und die ganze Feuerung dementsprechend angelegt sein. Der Heizwert der Brennstoffe ist demnach sehr wichtig, und der Heizer sollte über ihn unterrichtet sein, damit er den Feuerungsbetrieb richtig beurteilen kann.

Der Heizwert ist abhängig von der Zusammensetzung des Brennstoffes, d. h. von dessen Gehalt an brennbaren Bestandteilen, an Kohlenstoff und Wasserstoff, und an unbrennlichen Bestandteilen, d. i. Wasser, Asche und Schlacke. Außerdem kommt noch das Verhalten des Brennstoffes im Feuer in Betracht. Haben wir z. B. Kohlenforten, die nach der wissenschaftlichen Untersuchung gleichen Heizwert haben, so kann der Wert dieser Kohlen doch verschieden sein, je nachdem die eine Kohlenforte mehr oder weniger bössartig brennt, schlackt usw. Eine Kohlenforte 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. 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 den Wärmegehalt. Genauere Ergebnisse erhält man bei einer anderen Methode, die darin besteht, daß man eine genau abgemessene Brennstoffmenge in einem geschlossenen Gefäß (Kalorimeter) verbrennt und die Verbrennungsgase in einer vom Wasser umspülten Rohrschlange bis auf die Temperatur der Außenluft abkühlt. Aus der Temperaturerhöhung des

Kühlwassers berechnet man dann den Wärmegehalt der verbrannten Kohlenprobe<sup>1)</sup>.

Ganz genau läßt sich der Heizwert einer Kohle nicht bestimmen; bei aller Gründlichkeit und Gewissenhaftigkeit zeigen sich mitunter in den Untersuchungsergebnissen noch Heizwertunterschiede. 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 verlangen.

Nachstehende Tabelle enthält die Heizwerte einiger Brennstoffe in Wärmeeinheiten je Kilogramm.

Torf (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

Ein Brennstoffgemisch aus gleichen Teilen Braunkohlenbriketts von 4500 und Steinkohlen von 6200 Wärmeeinheiten je Kilogramm hat einen Heizwert von  $4500 + 6200 = 10700 : 2 = 5350$  WE.

**Die Steinkohle** wird nach Handelsbrauch auf Grund der Eigenschaften bezeichnet, die bei der Verkokung und Verbrennung am deutlichsten hervortreten und sich ausschlaggebend nach dem Gehalt an brennbaren Gasen richten. Man spricht daher von langflammigen und kurzflammigen oder fetten und mageren und von badenden und nichtbadenden Kohlen. Die langflammigen, fetten und badenden Steinkohlen weisen hinsichtlich der Menge und Güte der flüchtigen Bestandteile und des Koksrückstandes die beste Zusammensetzung auf. Mit dem hohen Gasgehalt verbunden ist die leichte Entzündbarkeit der Kohle. Dies hat den Vorteil, daß sich die Feuerung schnell hoch heizen, dem schwankenden Dampf- und Wärmebedarf gut anpassen und flott im Gange halten läßt. Ein weiterer Vorzug des Gasgehaltes ist die „Raumverbrennung“. Je gasärmer die Kohle ist, um so mehr Wärme wird in der eigentlichen Brennschicht, also unmittelbar auf dem Roß entwickelt (Schichtverbrennung). Je gasreicher sie aber ist, um so mehr Wärme wird im Feuerraum über und hinter dem Roß erzeugt. Bei einer gasarmen Kohle haben wir demnach hohe Temperaturen in der Gluttschicht auf dem Roß, was mit Rücksicht auf die Schonung der Roßstäbe und deren Verschlackung nicht erwünscht ist, während bei der gasreichen Kohle die Wärme durch die Flamme weit in die Heizflächen des Kessels hineingetragen und besser verteilt wird.

Andererseits ist aber die gasreiche Kohle schwerer rauchschwach als die gasarme zu verfeuern. Mager- und Anthrazitkohlen, die mit kurzer heller Flamme unter starker Wärmeentwicklung rauchlos verbrennen, einen stärkeren Schornsteinzug oder die Anwendung von Unterwind verlangen, eignen sich daher gut zur Mischung mit gasreicher Kohle, um die Rauchentwicklung zu vermindern. Auch sonst ist es

<sup>1)</sup> Bei der Ermittlung des Heizwertes eines Brennstoffes im Kalorimeter (d. i. Wärmemesser) wird auch die Wärme mit angerechnet, die der Wasserdampf der Verbrennungsgase bei seiner Abkühlung zu Wasser abgibt. Man erhält so den „oberen Heizwert“. Der „untere Heizwert“ ist um diese Wärmemenge geringer und wird in der Praxis ausschließlich verwendet, da in den Kesselanlagen der Wasserdampf der Heizgase stets als solcher entweicht.

häufig von Vorteil, verschiedene Kohlenarten zu vermischen; z. B. Kohle mit backender Schlacke zu einem Viertel bis einem Drittel mit Braunkohlenbriketts oder kleinstückiger Braunkohle. Letztere verbrennen hierbei schneller als die Steinkohle, verhindern durch ihre sandartige Asche das Zusammenbacken der Steinkohle und halten infolgedessen das Feuer locker und luftdurchlässig.

Die Förderkohle wird in technisch hochentwickelten Anlagen einem sorgfältigen Aufbereitungsverfahren unterworfen, wobei auf Lesebändern und in einem Waschverfahren die Gesteinsbeimengungen entfernt werden und der Aschegehalt auf 4 bis 5 Prozent heruntergebracht sowie in Sortieranlagen die Kohle nach Korngröße ausgesiebt wird. Für die Dampfkesself Feuerungen werden hauptsächlich Knorpel-Flammkohle I mit Kantenlängen  $15 \times 25$ , Rußflammkohle I und II mit Kantenlängen  $12 \times 15$  und  $8 \times 12$ , Waschflarkohle I und II mit Kantenlängen  $3 \times 8$  und  $1 \times 3$ , sowie (für Staubfeuerungen) gewaschene und scharf getrocknete Gruskohle und Windlichtungskohle mit Korngröße 0—3 und 0—2 Millimeter verwendet. Die gleichmäßige Stückgröße der Kohle ist feuerungstechnisch erforderlich, um gleich hohe Glut, gleichmäßigen Luftwiderstand und gleichmäßigen Abbrand im Kofstbette zu erzielen. Durch den Waschprozeß wird der Wassergehalt der Kohle nicht merkbar erhöht, da das Wasser nicht in den Kern der Kohle eindringt und nur in einer hauchdünnen Schicht an der Oberfläche haftet; wohl aber wird das Stauben der Kohle beim Transport und bei der späteren Verwendung verhindert.

Auf den neuzeitlichen Wanderrosten und auf Kühlstokern auch an Flammrohrkesseln lassen sich im Gegensatz zu den handbedienten Feuerungen auch aschenreiche Kohlen bequem verfeuern. Das Bestreben der Kohlenzechen geht daher dahin, zur Erzielung von Ersparnissen in der Kohlenwäsche gewisse, in große Mengen anfallende Kohlenarten ungewaschen abzugeben, und zwar bei den erwähnten Feuerungen mit großem Verbrennungsraum, wo mit Koksflug nicht zu rechnen ist, Korngröße 1—15, und bei niedrigem Verbrennungsraum (Flammrohrkessel), bei denen bei scharfem Effizienz zug Koksflug zu befürchten ist, Korngröße ab 10 Millimeter.

**Die Braunkohle.** Manche Sorten haben noch deutliches Holzgefüge. 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 flüchtigen 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 und ist zum großen Teil bröcklig. Infolge ihrer Minderwertigkeit erfordert die Braunkohle große Kofstflächen (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 oder unter Anwendung von Unterwindgebläsen verfeuerbar ist.

**Der Torf** ist infolge seines hohen Wassergehaltes, der bei lufttrockenem Torfe ein Viertel bis ein Drittel des Gewichtes beträgt, 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 lohnt sich sein Transport nicht. Häufig ist er mit beträchtlichen erdigen Beimengungen durchsetzt, die beim Verbrennen als Asche zurückbleiben. Er 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 wenig 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. Sein Heizwert wird durch den hohen Wassergehalt sehr herabgedrückt. Die vergasbaren Bestandteile des Holzes sind noch leichter entzündlich als die der Braunkohle, weshalb Holzfeuerungen bei einigermaßen richtiger Anlage sehr wenig rauchen. Große Holzstücke sind zu zerkleinern, wenn ihr Heizwert gut ausgenutzt werden soll. Hartholzsägeespäne sind nach Bedarf mit Holzabfällen zu vermischen, da sie sich allein schwer verheizen lassen (siehe Holzfeuerung S. 35 u. 39).

**Die Braunkohlenbriketts** sind getrocknete und mit einem Druck von 1000 bis 1500 Atmosphären zusammengepreßte Feinkohle. Bei der Erwärmung der Braunkohle wird das darin enthaltene Harz oder Erdpech zähflüssig und verkittet die Kohlenteile beim Erkalten zu einer festen, dauerhaften Masse. Da die Braunkohlen bei der Brikettierung nahezu ihr sämtliches Wasser verlieren, wird der Heizwert der Briketts gegenüber dem der Förderkohle erheblich gesteigert, so daß er dem einer mittleren Steinkohle gleichkommt. Für Dampfkesselfeuerungen sind 30 Millimeter große Würfelbriketts bestimmt, die teils in Mischung mit Steinkohlen teils für sich allein verfeuert werden und mit Rücksicht auf ihre große Brenngeschwindigkeit und weiträumige Schütthöhe hoch aufgeschichtet werden müssen. Sie sind wegen ihrer gleichmäßigen Größe, ihrer gleichartigen Zusammenfügung und ihres erhöhten Heizwertes ein gutes Feuerungsmaterial.

**Die Steinkohlenbriketts** werden aus dem bei der Förderung und Aufbereitung erhaltenen Kohlengrus bis zu 7 Millimeter Korngröße für industrielle Zwecke in Eierform 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.

**Der Koks** entsteht bei der Vergasung der Bad- und Sinterkohlen in den Koksereien und Gasanstalten. 100 Kilogramm Kohle liefern etwa 60 bis 70 Kilogramm Koks. Da er nur die festen Bestandteile der Kohle enthält, verbrennt er fast **rauchlos** und wird deshalb für Dampfkesselfeuerungen verwendet, bei denen eine Belästigung der Umgebung durch Rauchgase unter allen Umständen vermieden werden muß, z. B. bei Straßenwalzen, Dampfkesseln für die pneumatische Düngerabfuhr in den Städten usw. Für Schüttfeuerungen (Zentralheizungsanlagen siehe Abschn. 17) ist er unerläßlich und Kohle wegen der schnellen Veruffung der Heizflächen nicht verwendbar. Seine hauptsächlichsten Anwendungsgebiete sind die Gießereien und Hochöfen. Der Koksabfall hat einen sehr hohen Schlackenengehalt (oft bis zu 20 Prozent seines Gewichts), so daß sein Heizwert beträchtlich niedriger als der des Stückkokes ist und der Koks oft verschlackt.

Der Koks entzündet sich infolge des Fehlens der flüchtigen Bestandteile und weil er schon einmal im Glühen war, sehr schwer, verlangt einen scharfen (künstlichen) Zug bei großer Schütthöhe und wird im Dampfkessel am besten als gebrochener Koks oder Siebkoks verfeuert. Gemische aus Kohlen und Koks müssen sorgfältig ausprobiert werden, wenn er richtig mitverbrennen und nicht in der Schlacke verloren gehen soll. Nach eingehenden Versuchen ist schon eine Koksbeimischung von nur 10 Prozent für den Wirkungsgrad der Feuerung und die Verdampfung nachteilig.

**Der Braunkohlensiebkoks** ist der Rückstand bei der Braunkohlenverschmelzung<sup>1)</sup> und wird seit einigen Jahren in zunehmendem Umfange auch in Dampfkesselfeuerungen verheizt. Er ist bröcklig und leicht zerreiblich, was ihn für Staubfeuerungen (Krämermühlenfeuerungen S. 57) gut geeignet macht. Heizwert: 4000 bis 5000 W.C.

**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. Man darf daher die Kohle nicht in zu hohen Haufen lagern und muß sie vor Regen schützen. Ganz gering sind die Lagerungsverluste und die Gefahren einer Selbstentzündung bei Koks. Er nimmt jedoch viel Wasser auf und ist daher vor Regen zu bewahren.

Manche Braunkohlenbriketts geraten nach verhältnismäßig kurzer Lagerfrist im Kohlenstilo infolge des eigenen Druckes in Brand. Abhilfe ist in solchen Fällen möglich durch Benutzung eines Kohlenstilos mit Druckentlastung durch schräg gebaute Querwände oder durch Beimischung einer Gruskohle, die die von den Briketts gebildeten Zwischenräume ausfüllt und ein Zerbröckeln und allzugesetztes Zusammendrücken der Briketts verhindert; auch müssen die Kohlen trocken in den Silo gebracht werden, da die Nässe das Zerbröckeln und Zusammenballen der abgebröckelten Braunkohlen begünstigt. Zur Vermeidung der wiederholt in den Dachräumen der Kohlenstilos vorgekommenen Gasexplosionen sind dieselben gut zu entlüften. In Brand geratene Silozellen sind ins Freie zu entleeren, die brennende Kohle ist in dünner Schicht auszubreiten, mit Wasser zu löschen und sofort zu verfeuern. Hören die Silobrände trotz aller Maßnahmen nicht auf, so muß eine andere Brikettforte verwendet werden.

**Als flüssige Brennstoffe** werden in Dampfkesselfeuerungen Steinkohlenteeröle und ausländische Heizöle verfeuert. Sie bestehen aus Kohlenwasserstoffen (Benzin u. a.), haben einen sehr hohen Heizwert (8900 bis 9000 W.C.), beanspruchen einen wesentlich kleineren Raum für die Lagerung als Steinkohle, ergeben sehr hohe Verdampfungsziffern (bis 14,2 Prozent), sind in der Handhabung sehr reinlich und werden wegen dieser Vorzüge auf Seeschiffen viel verfeuert, während sie in Landanlagen wegen des niedrigeren Preises der Steinkohle selten verwendet werden.

Mit **Gas** beheizte Kesselfeuerungen sind ganz vereinzelt anzutreffen. In Hüttenwerken verwendet man die brennbare Koksogase zum Betriebe von Gasmaschinen und (seltener) zur Befuerung von Dampfkesseln. Auch in Glashütten

<sup>1)</sup> Man unterscheidet Verkokung oder Schwelung bei Tiefemperatur bis 600, bei Mitteltemperatur von 600 bis 800 und bei Hochtemperatur von 800 bis 1000° Celsius und darüber. Schwelung ist eine schonende trockene Destillation zur Gewinnung des Teers, der auf Benzin, Heiz- und Treiböle und Paraffin weiterverarbeitet wird. Koks fällt dabei als Hauptprodukt ab, ist aber dem Werte nach Nebenprodukt. Auch Steinkohle und Holz werden verschwelt.



werden die Kessel mitunter mit dem Gas aus den Schachtgeneratoren für die Schmelzöfen befeuert.

## 5. Die Bedienung des Kesselfeuers.

Beim **Anzünden des Feuers** verfährt man nach der Entzündlichkeit des Brennstoffes. Bei Braunkohlen und leicht entzündlichen Steinkohlen genügt ein Holzfeuer, auf welches allmählich einige Schaufeln Kohle zu legen sind, bis eine genügend hohe Brennschicht vorhanden ist. Bei schwer entzündlichen Steinkohlen, Kohlen Schlamm oder Koks würde hierbei sehr viel Holz verbraucht werden. Man legt in solchen Fällen auf das Holzfeuer zunächst einige Schaufeln Braunkohle auf, und erst, nachdem letztere in Brand geraten sind, beginnt man mit dem Verfeuern des Kokes oder der schwer entzündlichen Steinkohle. Man erspart hierdurch nicht nur Holz, sondern das Anzünden geht auch schneller vonstatten. Dies ist namentlich bei den mit Koks beheizten Niederdruckkesseln für Zentralheizungen in Schulen, Kirchen, Krankenhäusern usw. zu beachten, wobei man sich aber wegen der schnellen Verzungung der Heizflächen vor zu großem Verbrauch von Braunkohlen hüten muß.

**Die gleichmäßige und lockere Beschaffenheit der Brennschicht.** Der Heizer hat 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. Sie 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. Bemerkt der Heizer derartige Unregelmäßigkeiten, so muß er das Feuer besser beschicken oder öfters mit der Krücke ausgleichen. Dies ist auch bei Feuerungen mit mechanischen Kofstbeschickungsapparaten erforderlich, wenn die Schütthöhe nicht gleichmäßig 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 beträchtliche Rauchentwicklung, da bei demselben die noch nicht völlig durchgebrannten Kohlenstücke mit der Grundglut durcheinander gerührt werden und sehr schnell entgasen. Der Heizer muß also darauf sehen, daß das Feuer von vornherein gleichmäßig bedeckt ist. Bei Kohlengrus und Braunkohlenbricketts fällt beim Rühren außerdem ein großer Teil Unverbranntes in den Aschefall. Die Brennschicht ist ferner locker und luftdurchlässig zu halten und, wenn sie zusammengefintert ist, mit dem Schüreisen aufzubrechen.

**Das Aussehen der Flamme.** Das Feuer soll mit heller Flamme brennen. Starke Abkühlung des Feuerraumes beim Beschicken und Luftmangel verhindern die Flamme. Luftmangel liegt auch bei dunkelroten Flammen mit Rauch (Ruß)-wolken vor. Im übrigen siehe Seite 7.

**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 Kohlen säure entstehen, wird die Flamme hierbei 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 Stichflammen, die beim Heraus schlagen aus der Feuerung für den Heizer gefährlich sind. Solange das Feuer noch mit heller Flamme brennt, ist die Feuertüre überhaupt geschlossen zu halten. Muß der Heizer aber in 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 Essenchiebers oder durch Schließen der Klappe vom Aschefall, so daß, falls wirklich eine Stichflamme gebildet wird, diese nicht zur Feuertüre heraus schlägt, sondern in das Flammrohr oder in den Feuerzug hineingesaugt wird.

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

Will der Heizer trotzdem mit einem offenkundig zu großen Kofst feuern, indem er die Brennschicht dünn und niedrig hält und den Zug stark drosselt, so sind ein flammenloses, mattes schwelendes Feuer mit hohem Gehalt an unverbrannten Gasen in den Abgasen und niedrige Feuertemperaturen kaum zu vermeiden.

**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 reichlicheres 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 zu erzielen, öfter abschladen muß, was für den Kohlenverbrauch 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 Schornsteinzug 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 Kofstbelastung, d. h. Vergrößerung der Kofstfläche ist.

**Die Kofstbelastung** wird nach der stündlich je Quadratmeter Kofstfläche verfeuerten Kohlenmenge ermittelt und beträgt auf dem gewöhnlichen Plankofst bei Steinkohlenfeuer 80 bis 100 Kilogramm, bei Braunkohlenbrikettfeuer 120 bis 150. Bei Koks und anderen gasarmen Brennstoffen ist sie wegen deren schwereren Entzündlichkeit geringer, wie auch bei Brennstoffen mit großem Schlacken gehalt. Durch Anwendung von Unterwind, von Wanderrosten und Stokerfeuerungen ist die praktisch erreichbare Kofstbelastung auf das doppelte bis dreifache des angegebenen Wertes gesteigert worden. Sie wird auch nach Wärmeeinheiten bemessen: Werden

stündlich 100 Kilogramm Steinkohle mit einem Heizwert von 6700 Wärmeeinheiten je Quadratmeter Kofstfläche verfeuert, so sagt man, die Kofstwärmebelastung beträgt  $100 \times 6700 = 670\,000$  Wärmeeinheiten ( $\text{kcal/m}^2\text{h}$ ) ( $h = \text{hora} = \text{stündlich}$ ).

**Die Höhe der Brennschicht** richtet sich in erster Linie nach der Stückgröße der verfeuerten Kohle. Bei großstückiger Kohle und großstückigem Koks sowie bei Briquets muß sie hoch sein, da diese Brennstoffe weiträumig auf dem Kofst lagern und eine sehr luftdurchlässige Brennschicht ergeben. Markkohle liegt dichter, erhöht den Luftwiderstand und muß daher in niedriger Schicht verfeuert werden. Stark bakende Kohle erfordert ebenfalls eine niedrige, vor dem Beschicken aufzulockende Brennschicht. Bei der üblichen Kesselfohle (siehe Seite 19) liefert eine etwa 10 Zentimeter hohe Brennschicht gute Ergebnisse. Im übrigen ergibt sich die richtige Schichthöhe von selbst aus der Regelung der Luftzufuhr mit dem Essenschieber nach Maßgabe des jeweiligen Dampfbedarfes.

**Die Beschidungszeit.** 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 Regelung des Feuers** muß nach dem Dampfverbrauche erfolgen. 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 des größeren Kohlenverbrauches 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 zwar den Feuerraum sofort stark abkühlt und ein weiteres Steigen der Dampfspannung verhütet; aber durch den schroffen Temperaturwechsel Blechriffe und undichte Niete verursachen kann. Da das Speisewasser in der Regel kälter als das Kesselwasser ist, muß die Speijung 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 Beschidung des Planrostes.** Der Heizer kann das Feuer auf verschiedene Weise beschiden. Die hauptsächlichsten Bedienungsarten des Planrostes sind:

1. gleichmäßige Beschidung der ganzen Kofstfläche,
2. Beschidung des vorderen Teiles der Kofstfläche nach vorherigem Zurückziehen der Glut, das sog. Kopfheizen,
3. abwechselndes Beschicken einzelner Stellen des Rostes.

Bei der ersten Bedienungsart kann die Kofstfläche am höchsten beansprucht werden und ist der Kessel am leistungsfähigsten. 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 Aufseuern 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. 9 und 10), weil hierbei die nach jeder Beschidung aus der

Kohle entweichenden Gasmengen gering sind und leicht verbrennen. Sie werden besser verteilt. 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 stark abgekühlt, und es treten im Feuer-

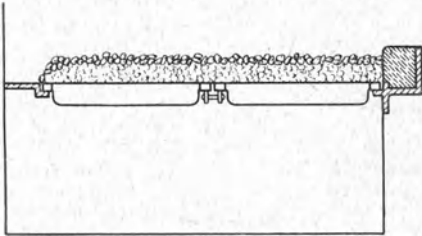


Abb. 9. Dünn bestreute, gleichmäßig hohe Feuerficht.

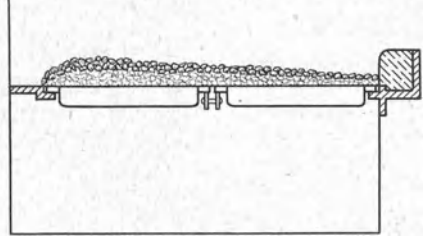


Abb. 10. Die Feuerficht ist hinten niedriger als vorn.

raum plötzlich so große Gasmengen aus, daß sie nicht verbrennen können und der Schornstein stark raucht. Bei der zweiten Beschickungsart, dem sog. **Kopfheizen**, wirft der Heizer den Brennstoff nicht gleichmäßig auf das Feuer, sondern schiebt zunächst die im vorderen Teile der Feuerung liegende obere Kohlen-

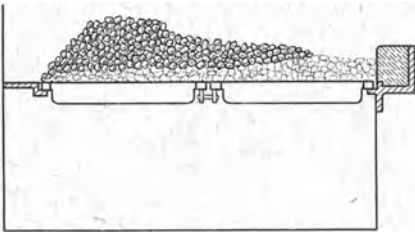


Abb. 11. Das Kopfheizen.

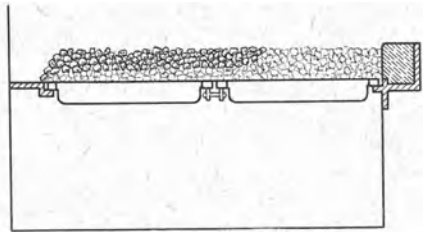


Abb. 12. Eine andere Art des Kopfheizens.

glut nach hinten und legt die frische Kohle in Form eines Haufens vorn auf die Kohlenglut auf. Die Rauchgase werden dann nur allmählich aus der frischen Kohle frei und sind beim Abzuge gezwungen, über das Feuer auf der hinteren Hälfte des Rostes hinwegzustreichen, wobei sie verbrannt werden (Abb. 11

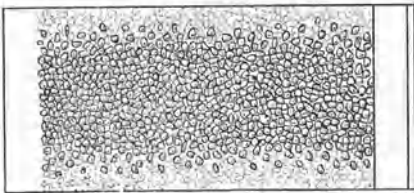


Abb. 13.

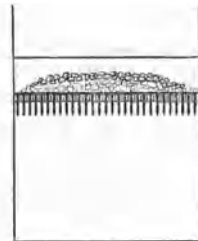


Abb. 14.

Die Feuerficht ist der Rauchverbrennung halber an den Längsseiten niedriger als in der Mitte.

und 12). 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. 15 u. 16)<sup>1)</sup>.

Diese beiden Heizmethoden haben sich bei nicht allzu hoch beanspruchten Feuerungen gut bewährt. Ihr Vorteil beruht in einer merklichen Kohlenersparnis und in der wesentlichen Verminderung des Rauches. Es sollte daher kein Heizer ver säumen, beide Heizmethoden gründlich auszuprobieren. Dabei hat er insbesondere zu beachten, daß die frisch aufgeworfene Kohle schnell genug entgast und sich während dieser Entgastung keine leeren Stellen auf dem hinteren Teile der Rostfläche bilden.

Da bei diesen Beschickungsarten der vordere Teil des Rostes nicht für die eigentliche Verbrennung der Kohle mit ausgenutzt wird,

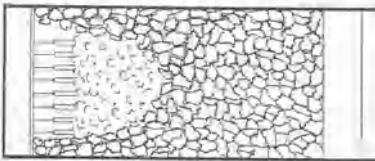
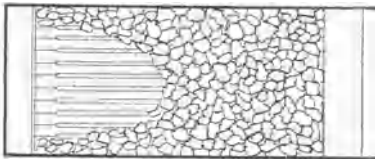


Abb. 15 und 16. Abart des Kopfheizens vor und nach dem Beschicken des Rostes.

muß die hintere Rostfläche mehr leisten oder der ganze Rost vergrößert werden. Auch mit einer dritten Beschickungsart, abwechselnd nur gewisse Teile der Rostfläche mit frischer Kohle zu bewerfen, oder bei der Beschickung die Seiten des Rostes nur teilweise zu bedecken (Abb. 13 und 14), will man eine sparsame und rauchfreie Verbrennung erzielen. Eine weitere, bei breiten Rostflächen mit mehreren Feuertüren gebräuchliche Bedienungsart, die auch bei Zweiflammenkesseln zur Rauchverminderung angewendet werden kann, besteht darin, daß durch die einzelnen Türen abwechselnd beschickt wird.

**Bei allen diesen Heizmethoden muß der Heizer darauf achten, daß das Feuer hinten**

**hell brennt.** Für Kessel mit sehr stark beanspruchten Feuerungen eignen sie sich insofern weniger, als sie für den Heizer beträchtlich mehr Arbeit verursachen und dessen Aufmerksamkeit fortgesetzt in höherem Maße erfordern als die gewöhnliche gleichmäßige Beschickung des ganzen Rostes. Sie sind daher nur bei nicht stark beanspruchten Kesselanlagen anwendbar.

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

**Das Abschladen.** Die Verbrennungsrückstände der Kohle auf dem Roste, die Schlacken, müssen zeitweilig entfernt werden, da sie den Luftzutritt durch die Rostspalten verhindern. Die Stellen, wo sie lagern, kann der Heizer einmal durch Stochern mit dem Schüreisen ausfindig machen, er erkennt sie aber auch an den dunklen Stellen zwischen den Roststäben im Aschefall, der sonst gleichmäßig hell beleuchtet erscheinen muß. Beim Abschladen wird dem Feuer eine beträchtliche Menge Wärme entzogen. Damit sich dieser Stillstand der Verdampfung nicht allzu fühlbar macht, muß der Heizer während der Betriebspausen oder zu einer anderen Zeit mit geringem Dampfverbrauche abschladen. Vorher läßt er das

<sup>1)</sup> Abb. 9 bis 16 sind aus „Gaier, Dampfkesselfeuerungen, 2. Aufl.“, Berlin: Julius Springer, entnommen.

Feuer etwas weiter als sonst herunterbrennen und muß der Kessel möglichst hoch mit Wasser gefüllt sein, da der Speiseraum als Wärmespeicher wirkt. Dann schiebt er die auf der Schlacke liegende Kohlen- und Schlackenglut nach dem hinteren Teile der Feuerung, zieht die Schlacke mit der Krücke heraus und breitet die zurückgeschobene Kohlen- und Schlackenglut auf dem Roste aus. Sind mehrere Feuerungen in einer Dampfkesselanlage vorhanden und wird Klarkohle bei niedrig zu haltender Brennschicht verfeuert, so läßt der Heizer das Feuer vor dem Abschladen ganz niederbrennen, räumt die Feuerung völlig mit der Krücke aus und bestreut den leeren Rost wieder mit einigen Schaufeln glühender Kohle aus einer anderen Feuerung. 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 Roste wieder eine genügend hohe Grundglut gebildet hat. Das Abschladen soll nicht öfter als ein- bis zweimal täglich nötig sein. Eine Kohle, die ein öfteres Abschladen nötig macht, eignet sich nur für einen wenig angestregten Kesselbetrieb.

Die Arbeiten bei geöffneter Feuertüre, das Beschicken, Abschladen oder Aufbrechen des Feuers müssen möglichst schnell 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 er jedoch 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. Sie sind nur für Kessel mit Einzelfeuerungen anwendbar und bieten für Dampfkessel mit mehreren Feuertüren keinen Vorteil.

**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 Roste 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 oder mit Schlacke über Nacht ist nur gestattet, wenn der Kessel unter sachkundiger Aufsicht bleibt und der Rauchschieber nicht ganz geschlossen wird. (Siehe amtliche Vorschriften Abschnitt 15.) Es wird auch ohnehin in jedem ordentlich geleiteten Betriebe nicht geduldet, da beim Ansachen des Feuers schwere Explosionen der in den Kesselzügen sich ansammelnden Heizgase entstehen können. In solchen Fällen bedarf es vor dem Anzünden eines neuen Feuers unbedingt einer gründlichen Durchlüftung der Kesselzüge. 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 für die Bedienung des Feuers, die Höhe und die gleichmäßige und lockere Beschaffenheit der Brennschicht, über deren Ver-

schlackung 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. 17). 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 Wasserspiegeln 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“ (mm W.-S.) 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.

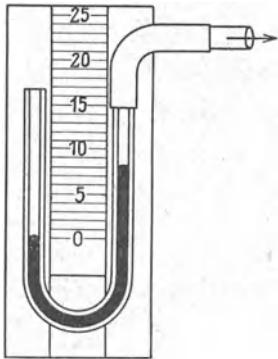


Abb. 17. Einfachster, aus einer Glasröhre bestehender, mit Wasser gefüllter Zugmesser. Die Skala ist in senkrechter Richtung verschiebbar und wird mit dem Nullpunkt auf den tieferen Wasserstand eingestellt.

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 heraussaugt. Während des Abbrandes wird die Brennschicht allmählich niedriger, es tritt insolge dessen 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, machen 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 desselben, wodurch ein zu großer Luftüberschuß im Feuer angezeigt wird.

Der senkrechte Abstand zwischen den beiden Wasserspiegeln in der Glasröhre zeigt somit die jeweilige Zugstärke im Feuerraum an, und man kann daraus ersehen, ob dem Feuer viel oder wenig Luft zuströmt. **Aufgabe des Heizers ist es nun, durch genaue Beobachtung des Zugmessers diejenigen Schieberstellungen ausfindig zu machen, bei welchen er zu den verschiedenen Tagesstunden den Dampf mit der kleinsten Zugstärke (also mit den geringsten Luft- und Kohlenmengen) zu halten vermag.** 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 ihnen werden beide Schenkel der Glasröhre mit den Feuerzügen in Verbindung gebracht, und zwar der eine wieder mit dem Feuerraum, der andere aber mit dem Essensfuchs, und zwar kurz vor dem Essenschieber, so daß man mit demselben den Unterschied zwischen der Zugkraft im Essensfuchs und im Feuerraum mißt. Im Essensfuchs 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 Essensfuchs 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 Zahlen einem normalen Feuerungsbetrieb entsprechen, im übrigen aber nicht etwa für jede Dampfkesselfeuerung gelten und nur einen Anhalt für die allgemeine Bewertung der Zugmessergangaben geben sollen. In Feuerungen, die mechanisch beschickt werden, verändert sich die Zugstärke im Feuerraum nur bei der Verstellung des Essenschiebers und nimmt sie außerdem mit der zunehmenden Verschlackung des Rostes ab.

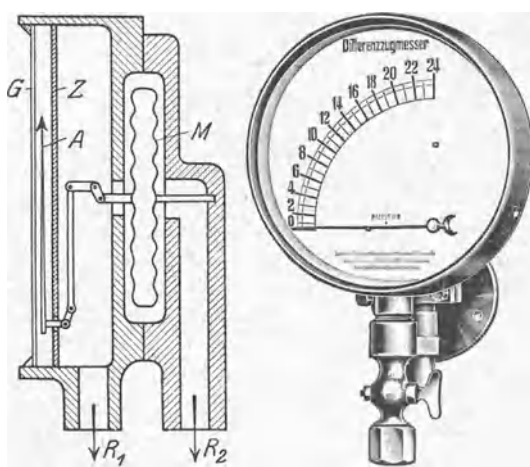


Abb. 18 und 19. Differenzzugmesser der Manometerfabrik Max Schubert, Chemnitz.  $R_1$  = Rohranschluß nach der Feuerung;  $R_2$  = Rohranschluß nach dem Essensanal. Die Membran M (eine hohle Messingkapfel) wird durch die Zugkräfte mehr oder weniger zusammengedrückt und bewegt hierbei den Zeiger A vor dem Zifferblatt Z. Die Glascheibe G muß luftdicht schließen, soll der Zugmesser nicht falsch anzeigen.

Die Zugstärke beträgt	am Differenzzugmesser	im Essensfuchs	im Feuerraum
bei frisch beschicktem Feuer . . .	$20 - 12 = 8$ mm	20 mm	12 mm
bei abgebranntem Feuer . . . .	$20 - 6 = 14$ mm	20 mm	6 mm
bei stark verschlacktem Feuer . .	$20 - 16 = 4$ mm	20 mm	16 mm
bei schlecht bedecktem Feuer, undichtem Kesselmauerwerk . . . . .	$20 - 3 = 17$ mm	20 mm	3 mm

Um die Zugstärken im Essensfuchs 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.

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 Differenzzugmesser werden in verschiedenen Bauarten ausgeführt (Abb. 18 bis 20, Zugmesser mit Membran, ferner mit beweglichem Flügel in einem Gehäuse u. a.).

Die Festsetzung von **Heizervergütungen** für Kohlenersparnisse ist nicht so einfach, wie es auf den ersten Blick aussieht. Die Feststellung des täglichen Kohlenverbrauches genügt nicht für sich allein und veranlaßt den Heizer auch leicht, zu sparsam mit der Dampfabgabe (für Heizzwecke) umzugehen, so daß er fortwährend

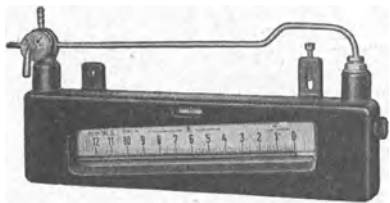


Abb. 20. Differenzzugmesser mit schrägliegender Meßröhre von Schäffer & Poeschl, Magdeburg-Buckau.

im Widerspruch mit der Betriebsleitung steht. Legt man eine mittlere Verdampfungsziffer zugrunde, so muß der Heizwert der Kohle bekannt sein und sind täglich Kohlen- und Wassermengen und Kesselhaustemperatur aufzuschreiben. Eine Schwäche dieses Verfahrens ist, daß die Verdampfungsziffer auch von der Kesselbelastung und der Kesselsteinverkrustung abhängt, auf die der Heizer keinen Einfluß hat. In wissenschaftlich geleiteten Kesselhäusern mit selbst aufzeichnenden Rauchgasprüfern wird die Heizerprüfung

auch nach einem mittleren Kohlenäuregehalt bemessen, den die Betriebsleitung durch einen Versuch ermittelt hat und dessen Einhaltung mit einem gewissen Spielraum den Heizer zur wirtschaftlichen Bedienung des Feuers anhalten soll.

Für die Einschränkung des Kohlenverbrauches ist es vorteilhaft, wenn der Heizer den Kohlenverbrauch, die Dampfspannung, die verdampfte Wassermenge und die Kesselhaustemperatur laufend aufschreibt. Bei Handbedienung muß der Heizer zählen, wieviel Schaufeln Kohle er auswirft, und sich deren durchschnittlichen Gewichtes vergewissern.

## 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. Kleine Feuerräume haben den Nachteil, daß Fluglots mitgerissen wird und Verlüfte durch unverbrannte Gase entstehen können. Im übrigen sind die Abmessungen und die Form des Feuerraums von der Kesselbauart und der Brennstoffsorte abhängig und ihnen anzupassen.

**Die Blausäurefeuerung.** Die gebräuchlichste Dampfkesselheizung, die unter allen Umständen und auch bei jedem Dampfkesselsystem anwendbar ist, ist die mit einem

waagerechten ebenen Rost, 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, die 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 Rostträgern oder Rostbalken. Die Verstärkungen an den Köpfen der Roststäbe sowie die Rostbalken müssen so sein, daß sie das Durchfallen der Asche und den Durchtritt der Brennlust an keiner Stelle des Rostes verhindern. 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 abschlacken lassen.

5. Die Roststäbe sollen möglichst haltbar sein, im Feuer nicht verbrennen und nicht krumm werden.

Am gebräuchlichsten sind der einfache Flachstab und der Wellen- oder Schlangenroststab, die den nötigen Anforderungen in den meisten Fällen voll auf genügen. Außerdem gibt es eine sehr große Anzahl verschiedener Roststabkonstruktionen, die die Luft dem Feuer durch kreuz und quer laufende Spalten zuführen. Im allgemeinen erfüllen jedoch auch die einfachen Roststäbe diesen Zweck, wenn ihre Spalt- und Bahnbreite richtig gewählt sind. Die Verteilung der Luft im Feuer wird schließlich am besten durch die Kohlerschicht selbst besorgt, deren gleichmäßige Beschaffenheit daher sorgfältig vom Heizer zu überwachen ist.

Die Weite der Rostspalten richtet sich nach der Stüchtigkeit und Schlacke des Brennstoffes. Sie beträgt für grobstückige Kohle mit fließender Schlacke 10—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 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

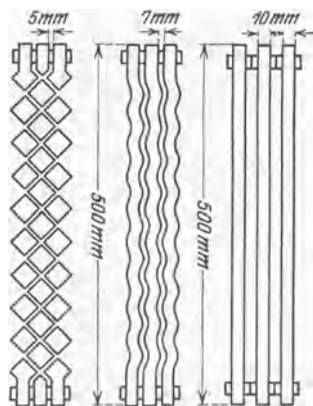


Abb. 21 bis 23. Die drei Grundarten der Roststäbe. Die Spaltfläche ist in allen drei Fällen gleich groß und beträgt:

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 infolgedessen enger gemacht werden kann, ohne daß die freie Rostfläche kleiner wird als beim geraden Roststab.

Planrost beträgt die freie Roßfläche gewöhnlich die Hälfte bis ein Drittel der Gesamtroßfläche, das heißt, man wählt die Breite der einzelnen Roßspalte gleich der ganzen bis halben Breite der Roßbahn. In bezug auf die Form der Roßspalten kann man drei Grundarten unterscheiden; nämlich Roste mit geraden, gewellten oder gekreuzten Roßspalten. Bei gleicher Länge des Roßstabes und gleich großer Fläche der Roßplatten ergeben die geraden Roßspalten eine große, die gewellten Roßstäbe eine schmalere und die gekreuzten Roßspalten die kleinste Spaltbreite. Die Roßstäbe mit gekreuzten Roßspalten nennt man auch *Vielseck-* oder *PolYGONROßSTÄBE*.

Der Roß muß oben glatt sein und eine harte Bahn besitzen, damit ihn die Schlacke nicht angreift. Die Härte der Roßbahn wird erreicht, indem man die Stäbe aus Hartguß macht und in Roßkannen (das sind eiserne Gießformen) gießt. Der Roßstab muß auf seiner Länge zwischen den Auflagern gleichmäßig hoch sein, damit er zum Anwärmen der Brennluft und zu seiner Kühlung große seitliche Flächen hat. Es ist daher nicht richtig, die Höhe des Rostes nach den Enden zu abnehmen zu lassen. Die Höhe des Roßstabes macht man gewöhnlich ein Fünftel bis ein Sechstel der Länge, etwa in den Grenzen von 70 bis 120 Millimeter (Abb. 28 u. 29)<sup>1)</sup>. Die gebräuchlichste Länge des Roßstabes ist 500 Millimeter; sehr dünne Roßstäbe mit engen Spalten (für Kohlengrus, Lohe und Sägespäne) macht man



Abb. 24 bis 27. Planroßstäbe typischer Bauart.

fürzer, etwa 300 bis 400 Millimeter lang; während sehr starke Roßstäbe mit weiten Roßspalten (für grobstückige Kohle) eine Länge bis zu einem Meter erhalten. Damit die Asche nicht hängen bleiben kann, müssen die Roßspalten nach unten weiter werden; man macht deshalb die Roßstäbe unten dünner als oben. Sie müssen genügenden Spielraum haben, damit sie sich beim Erhitzen im Feuer ausdehnen können und nicht krumm werden. Vielfach verzieht man aus diesem Grunde die Roßstäbe nur mit einem hakenförmigen Ende, während man das andere Ende abschrägt. Der Roß soll bei Handbeschickung nicht über zwei Meter lang sein, weil längere Roste hinten schwieriger zu beschicken sind, das Abschlagen erschweren und die Übersichtlichkeit der Feuerung beeinträchtigen. Der Roß muß ferner in einer bequemen Höhe, etwa 80 Zentimeter, über dem Fußboden des Heizerstandes liegen. Zweckmäßig ist es, ihn hinten etwas tiefer zu legen, weil er dadurch übersichtlicher und leichter bedienbar wird. Die Neigung des Rostes nach hinten kann auch deshalb notwendig sein, damit der freie Raum über der Feuerbrücke nicht zu sehr eingeengt wird, wie dies namentlich bei den Lokomobilkesseln mit ausziehbarem Röhrensystem der Fall ist (s. S. 99).

**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 Kühlung der Roßstäbe auf, sie erhalten **Stauhitze**, werden in kurzer Zeit sehr heiß und glühend und verbrennen und verziehen sich. Die Folgen sind dann ungleichmäßig weite Roßspalten, durch die viel unverbrannte Kohle hindurchfällt und das

<sup>1)</sup> Abb. 28 und 29 sind aus „Gaier, Dampfkesselfeuerungen“, 2. Aufl., Berlin: Julius Springer, entnommen.

Abschlacken erschwert wird. Auch bei den Feuerungen mit Luftzufuhr durch die Feuerbrücke (Abb. 41) und bei Schrägrosten mit abstehendem Schlackenrost tritt ein schneller Verschleiß der Roßtstäbe durch Stauhize ein, wenn die durch die Feuerbrücke hinzutretende Luftmenge zu groß oder durch eine zu niedrige Schlackenansammlung auf dem Schlackenrost nicht gehemmt wird. Da die Erneuerung der Roste beträchtliche Kosten 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. 31) von etwa 25 Zentimeter Länge 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 Roßtteil noch in bequemer Reichweite für den Heizer bleibt, anderseits soll sie aber auch — und das ist nämlich ihr Hauptzweck — eine zu hohe Erhitzung der Feuertüre, des Feuergeschränkens und der vom Kesselwasser nicht gefühlten Flammrohranschlüssen verhindern.

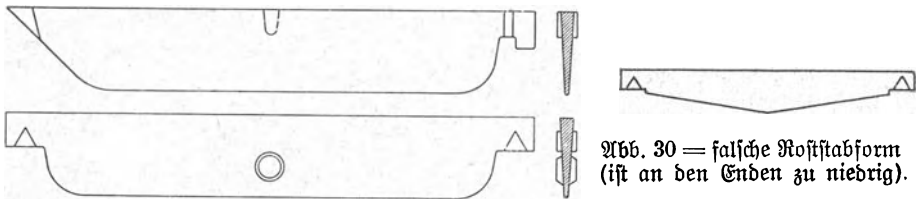


Abb. 30 = falsche Roßtstabform  
(ist an den Enden zu niedrig).

Abb. 28 und 29 = die richtige Form des Roßtstabes.

An die Schürplatte schließt sich vorn das **Feuergeschränke** oder der gußeiserne Rahmen mit der **Feuertür** an. Damit letztere 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 sie auf der Innenseite entweder einen Schuttschirm, oder man führt sie doppelwandig aus und versieht sie mit Öffnungen, so daß sich durch ihren Hohlraum ständig ein kühlender Luftstrom bewegt. Zur Beobachtung des Feuers wird sie mit Schaulöchern oder Rosetten versehen.

Hinten wird der Feuerraum durch die **Feuerbrücke** begrenzt. Sie soll dem Feuerraum und dem Roste einen Abschluß sichern und verhindern, daß beim Verschicken oder Schüren des Feuers Kohle oder Schlacke vom Roste herunter in den ersten Feuerzug fallen. 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 Untergestell, das bei der Planrostfönnenfeuerung zugleich den Aschefall hinten abschließt. Ihre obere Kante verläuft meist waagerecht; bei Unterfeuerungen wird sie der Kesselrundung entsprechend abgerundet (Abb. 76). Bei Unterwindfeuerungen wird die Feuerbrücke im allgemeinen höher gemacht als bei gewöhnlichen Feuerungen, da der Essenzug bei diesen Feuerungen nur die Heizgase aus dem Feuerraum abzusaugen 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 bei geschlossener Klappe und geöffnetem Essenschieber

der volle Schornsteinzug in den Kesselzügen geltend macht, durch das Mauerwerk hindurch **sehr viel kalte Luft** angefaugt wird und die Heizgase abgekühlt werden. Die Aschefallklappen sind daher nur unter gewissen Umständen, z. B. beim Abschladen, Schüren und Ausgleichen des Feuers, zu benutzen, damit die Flamme bei diesen Arbeiten nicht aus der Feuerung herausgeschlagen und den Heizer verletzen kann. Über ihre Handhabung bei stark gedrosseltem Essenzuge vergleiche die Regelung der Luftzufuhr bei selbsttätigen Feuerreglern Abschnitt 16. 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.

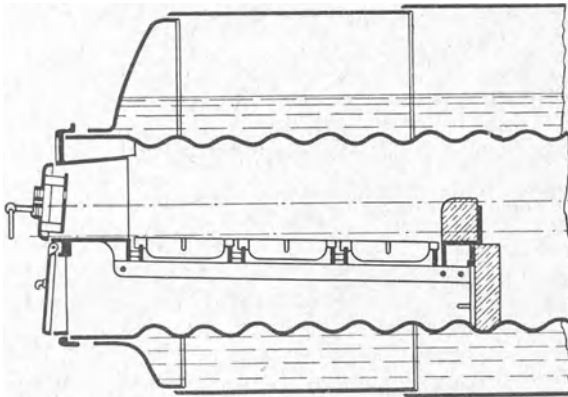


Abb. 31. Die Planrostinnenfeuerung.

Im übrigen ist darauf zu achten, daß sich die Asche nicht zu nahe den Roststäben ansammelt und den Luftzutritt zum Feuer erschwert oder gar versperert. 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 Planrost-

innenfeuerungen 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 **Planrostinnenfeuerung** (Abb. 31)<sup>1)</sup> ist entweder in das Flammrohr oder in die Feuerbüchse eingebaut. Die Decke und die Seitenwände des Feuerraumes sind vom Wasser bespülte Heizflächen. Die strahlende Wärme des Feuers wird daher sehr gut ausgenutzt, während die Verluste durch Wärmeausstrahlung nach außen (durch das Feuergeschränk) sehr gering sind. Die kühlen Kesselwände haben jedoch zur Folge, daß der Feuerraum beim Beschicken leicht unter die Entzündungstemperatur der Rauchgase abgekühlt wird und die ganze Feuerung stark raucht. Durch die bereits besprochenen Beschickungsarten kann man jedoch die Rauchentwicklung erheblich vermindern. Da die Planrostinnenfeuerung außerdem sehr einfach, übersichtlich und billig ist und wenig Reparaturen erfordert, ist sie die verbreitetste Feuerung überhaupt.

Die **Planrostunterfeuerung** (Abb. 32) 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

<sup>1)</sup> Abb. 31 bis 33 sind aus „Gaier, Dampfkesselheizung“, 2. Aufl., Berlin: Julius Springer, entnommen.

60 Zentimeter betragen, damit sich die Flammen frei entwickeln können, und die Bleche nicht durch die Feuerhitze beschädigt werden. Bei neueren Anlagen (Wanderrosten, Kohlenstaubfeuerungen) wird der Feuerraum jedoch beträchtlich höher gemacht. Bei Walzenkesseln wird der untere Teil der vorderen Rundnaht zum Schutze gegen die Flammen mit Mauerwerk verkleidet. Unterfeuerungen mit sehr breiten Rostflächen teilt man zur Erleichterung ihrer Bedienung durch eine auf dem Rost aufgesetzte Mauerung in zwei Hälften.

### Die Planrostvorfeuerung

(Abb. 33) ist dem Kessel vorgebaut. Ihre Wände sind immer aus feuerfestem Schamottegemäuer hergestellt, das viel Wärme aufzunehmen vermag und im Betriebe rot- oder weißglühend wird. Im Verbrennungsraum herrscht daher eine

höhere Temperatur als bei Innen- und Unterfeuerungen, so daß die beim Beschicken des Rostes unvermeidliche Abkühlung der Feuerung schnell wieder ausgeglichen und bei genügender Luftzufuhr eine sehr gute Verbrennung der Kohle erreicht wird. Trotzdem ist die Planrostvorfeuerung nicht wirtschaftlich und wenig eingeführt. Ihre Nachteile bestehen darin, daß zum Anheizen viel Kohle verbraucht wird, daß das Mauerwerk viel Wärme nach außen strahlt, teuer ist und infolge des Abbrandes 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. 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

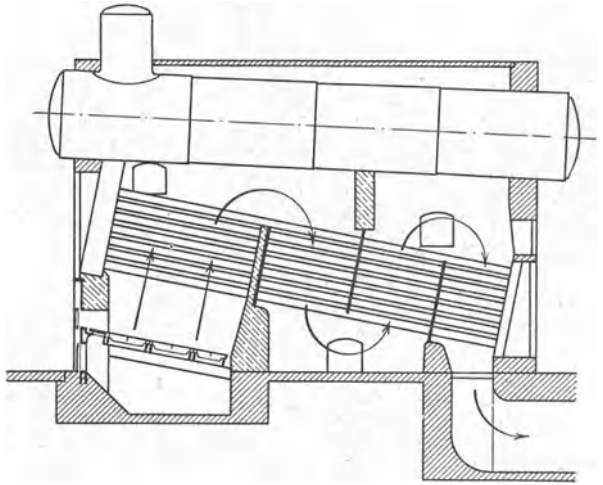


Abb. 32. Planrostunterfeuerung, senkrechte Gasführung.

vorderen Seite der Feuerung angebrachten Fülltrichter angesammelt, aus dem es durch zeitweiliges Hochziehen einer beweglichen eisernen Verschlussklappe vor den Feuerraum fällt, von wo aus es vom Heizer auf den Rost geschoben wird. Doch wird auch für derartige Brennstoffe die reine Planrostvorfeuerung selten angewendet, sondern man gibt den Schüttfeuerungen mit muldenförmigem Roste oder

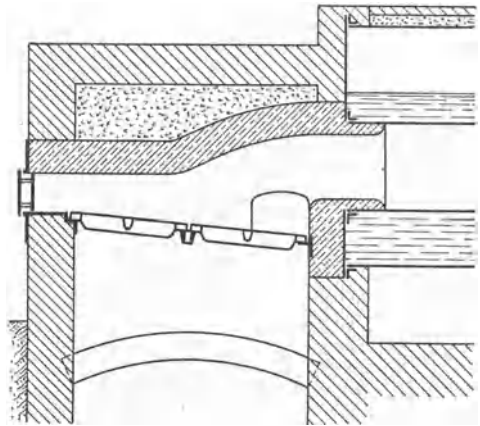


Abb. 33. Die Planrostvorfeuerung an einem Flammrohrkessel. Nur für minderwertige Brennstoffe (Sägespäne, Holzabfälle, Braunkohle) verwendbar.

der Treppenrostfeuerung (Abb. 34) 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.

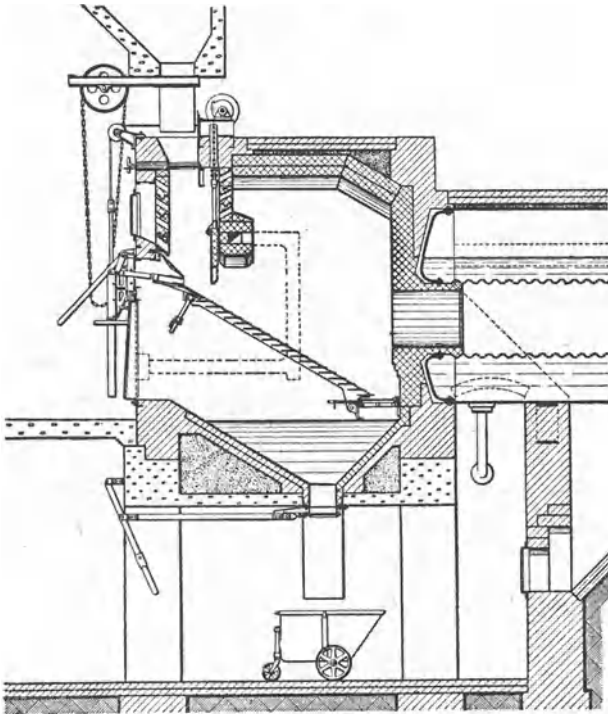


Abb. 34. Treppenrost neuerer Bauart von Lopp & Söhne, Erfurt, für Rohbraunkohle an einem Zweiflammrohrkessel. Im Füllsack über dem Rost wird die Rohbraunkohle z. T. entgast und getrocknet; die Gase ziehen durch kurze Kanäle des Kohlentwehres hindurch nach dem Verbrennungsraum. Im Bogen des Kohlentwehres münden ferner die Kanäle für die regelbare Zweitluft. Bunterauslauf und Füllsack der Feuerung sind bei Betriebschluß zu schließen, der Füllsack ist außerdem leer brennen zu lassen.

Die Treppenrostfeuerung (Abb. 34). Bei der Planrostinnenfeuerung ist die Rostgröße durch die Flammrohrabmessungen begrenzt und beschränkt. Sollen 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 waagrecht oder schräg liegen und einfache, etwa 12 Millimeter dicke und 400 bis 600 Millimeter lange, mit den flachen Seiten nach oben angeordnete Platten sind. Die lichte Weite zwischen ihnen, also die Spalt-

weite des Rostes, beträgt 20 bis 30 Millimeter. An den Enden ruhen die Roststäbe auf gußeisernen Treppenwangen, die wieder auf eingemauerten, quer gelegten Rostträgern aus Rund Eisen von etwa 40 Millimeter Durchmesser lagern. Am oberen Ende des Rostes ist ein eiserner, trichterförmiger Kasten angebracht, in welchem 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 waagerechten oder auch schrägen Planrost abgeschlossen, auf dem das etwa heruntergerutschte Brennmate-

rieße 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. 34). Bei der Planrostinnenfeuerung ist die Rostgröße durch die Flammrohrabmessungen begrenzt und beschränkt. Sollen 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 waagrecht oder schräg liegen und einfache, etwa 12 Millimeter dicke und 400 bis 600 Millimeter lange, mit den flachen Seiten nach oben angeordnete Platten sind. Die lichte Weite zwischen ihnen, also die Spalt-

rial noch vollständig durchbrennen und die Schlacke und Asche sich ansammeln soll. Damit sich letztere beseitigen lassen, muß der Schlackenrost vom unteren Ende des Treppenrostes abstehen und nach vorn geneigt liegen oder als Schieber ausgebildet sein. In letzterem Falle besteht er aus einzelnen, ausziehbaren gußeisernen Platten, die man namentlich für Brennmaterial mit geringem Asche- und Schlacken- gehalt, wie Sägespäne, Lohe usw. anwendet. Soll die Schlacke aus dem Feuerraum entfernt werden, so schiebt der Heizer die einzelnen Platten der Reihe nach heraus, wodurch die Schlacke in den Aschefall herunterfällt. Die Plattenschieber erhalten vorn eine Verlängerung mit einem Loche, in welchem sie vom Heizer mittels eines Hakens erfaßt werden können. Hinterläßt die Kohle viel Schlacke, so ist es am zweckmäßigsten, einen schrägen Schlackenrost anzulegen und die darauf sich anhäufende Schlacke zeitweise mit dem Schürhaken herunterzuziehen.

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 Rostspalten hindurch herunterstochert. Andernfalls entsteht ein ungleichmäßiges, stellenweise durchgebranntes Feuer. Beim Reinigen des Rostes von Asche und Schlacke hat der Heizer im Roste von unten nach oben, beim Nachhelfen der Kohle von oben nach unten zu stochnern. Das Feuer ist insbesondere vom Aschefall aus zu beobachten, die innerhalb der Brennzone gelegenen Rostspalten müssen hell erscheinen. Dunkle Stellen zeigen an, daß der Rost mit Schlacke bedeckt ist.

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

Die Neigung oder Schräge des Treppenrostes muß derart sein, daß der Brennstoff möglichst selbsttätig oder ohne viel Nachhilfe nachrutscht. Bei nassen Brennstoffen, wie wasserhaltiger Braunkohle, Sägespänen usw., muß er steiler sein als bei trockenen Brennstoffen. Treppenrostfeuerungen für zeitweilig wechselnde Brennstoffe haben daher verstellbare Schräge. Die Treppenwangen werden dann unten drehbar und oben auf einer waagerechten Stange gelagert, die an den Enden auf zwei Schrauben ruht (siehe Abb. 34). Durch Auf- und Niederdrehen der Schrauben kann man die Schräge des Rostes verändern. Die Rostschräge soll so eingestellt sein, daß die Kohlenschicht unten dünner liegt als oben. Ist sie zu steil, so stürzt die Kohle nach seinem unteren Teil; ist sie flach, so fällt die Kohle nicht von selbst nach, und der Heizer muß zuviel nachhelfen. Doch kann er in diesem Falle den Abperrschieber des Fülltrichters mehr öffnen, so daß auf dem oberen Teile des Rostes eine sehr dicke Kohlenschicht lagert.

Der Treppenrost läßt bedeutend weitere Rostspalten zu als der Planrost, ohne daß hierdurch etwa größere Verluste an durchfallendem Brennstoff entstehen. Er eignet sich daher sehr gut für klares, leicht zerbröckelndes Brennmaterial, wie erdige Braunkohle, Torf, Sägespäne und Lohe, Kohlenschlamm und Rohbraunkohle. Bei ihm setzen sich aber die Schlacken leichter zwischen den Stufen fest als beim Planrost. Ferner nützen sich die Roststäbe beim Verfeuern von hoch-



wertiger Kohle durch Verbrennen stark ab, weil sie der Glutschicht eine größere Berührungsfläche darbieten. Es sind daher immer einige Kroststäbe vorrätig zu

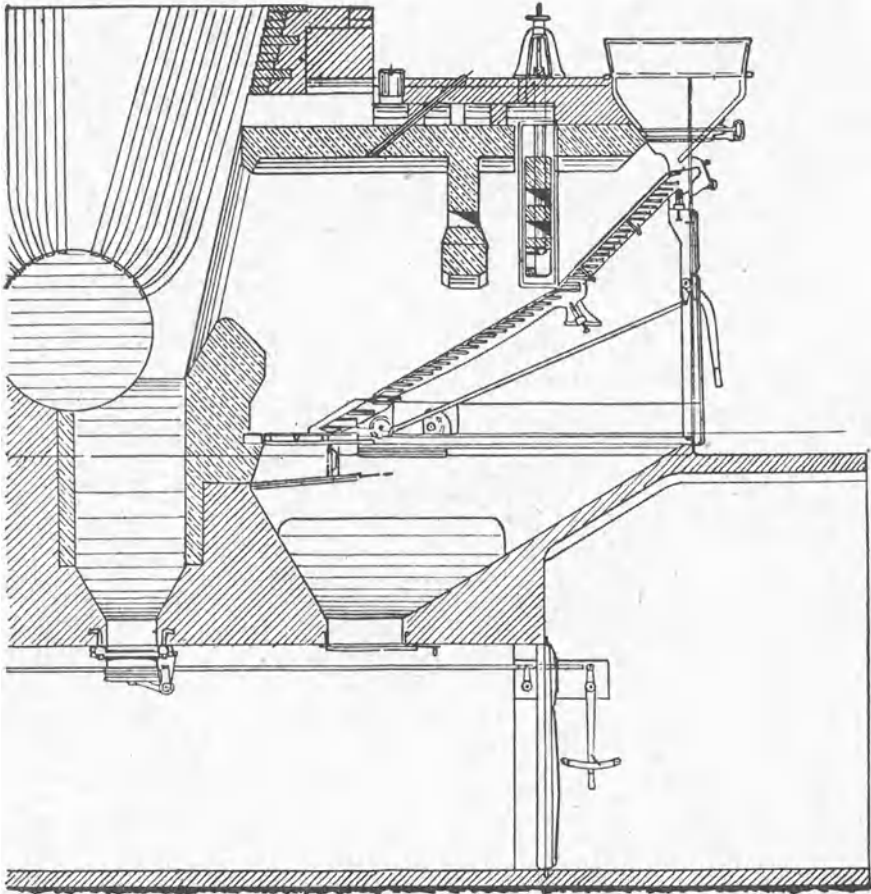


Abb. 35. Die Halbgasfeuerung von Keilmann & Bälker, Bernburg, ist durch ein senkrecht verstellbares Kohlenwehres und eine feststehende senkrechte Mauerzunge in drei Einzelräume zerlegt: den Schmeltraum unterhalb des Kohlentrichters, den kleinen Mischraum und den großen Verbrennungsraum. Im Schmeltraum trocknet und verschwelt die Kohle ohne Brand bei verhältnismäßig geringer Luftzufuhr. Der steile Neigungswinkel des Schmeltraufes entspricht dem Schüttwinkel der verfeuerten Kohle. Die Schmelgase treten durch waagerechte Öffnungen des Kohlenwehres hindurch in den Mischraum, wo sie mit Luft gemischt werden, die an einem verstellbaren Schieber geregelt und in Kanälen in der hocherhitzten Feuerraumbede erwärmt wird. Auf dem Krost im Mischraum findet die Verkokung der entschwelten Kohle und weiter unten die Verbrennung derselben statt, wobei die heißen Verbrennungsgase die Entzündung des Schmelgasluftgemisches aus dem Mischraum bewirken. Beim Entschladen werden der waagerechte Schlackentrost und der untere Teil des Verbrennungsraumes an Hebeln ein- und ausgezogen. Die Halbgasfeuerung wird auch in sehr großen Abmessungen ausgeführt, arbeitet bei richtiger Einstellung rauchschwach und mit geringem Luftüberschuß, also mit guter Brennstoffausnutzung. Die Kohlenzufuhr wird durch Verstellen des Kohlenwehres geregelt.

halten, und namentlich die unteren Kroststufen müssen leicht auswechselbar sein. Im übrigen ist es völlig verkehrt, auf dem Treppenrost badende, schlackende oder hochwertige Kohle zu verfeuern.

Bei der Treppenrostfeuerung ist das Anheizen infolge der schrägen Lage des Rostes schwieriger als bei der Planrostfeuerung; auch dauert es längere Zeit, bis der Feuerraum auf die genügende Temperatur gebracht ist. Das Feuer ist ferner nicht übersichtlich, und es können auch die ersten, der größten Hitze ausgesetzten Kesselplatten 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 Kohbraunkohle. Bei Verwendung von Kohbraunkohle oder eines anderen leicht entzündlichen Brennstoffes kann das Anzünden des Feuers in der Weise erfolgen, daß im Aschefall ein Holz- oder Papierfeuer angebrannt wird, dessen Flamme durch den Essenzug in die Brennstoffschicht auf den Rost hineingesaugt wird und diese anzündet.

Die Treppenrostfeuerung ist in den Braunkohlengebieten in sehr großen Abmessungen anzutreffen (Rostflächen bis 30 Quadratmeter) und alsdann mit mechanisch bewegten Rosten versehen, die den Brennstoff von oben nach unten befördern, da er auf langen Rosten nicht selbsttätig nachrutscht. Der obere Teil des Rostes, auf dem sich die Trocknung und im wesentlichen auch die Entgasung der Kohle vollzieht, erhält hierbei eine steilere Lage als der untere Rostteil, auf den die Kohle in wasserfreiem Zustand gelangt und daher einen flacheren Schüttwinkel erfordert (Abb. 34 und 35).

**Die Sägespä- und Holzfeuerung mit Treppenrost.** Zum Anheizen sind trockene sperrige Abfälle zu verwenden, wie Hobelspäne, da Sägespäne zu dicht auf dem Rost liegen und allein schlecht anzünden. Der Rost ist hierbei gleichmäßig zu bedecken und das Feuer an mehreren Stellen zugleich anzubrennen. Hartholzspläne lassen sich besonders schwer allein verheizen und sind mit Holzabfällen zu vermischen. Die Brennschicht soll bei Gatterspänen aus Weichholz etwa 200, aus Hartholz etwa 100 und bei Hobelspänen und Holzabfällen etwa 300 bis 400 Millimeter hoch sein. Eine zu dicke Brennschicht versperrt der Luft den Durchzug, verhindert die Flamme und erstickt das Feuer. Zu große Rostflächen verkleinert man durch Verstopfen einiger Reihen der oberen Rostspalten mit Lehm, so daß auf diesem Rostteil keine Verbrennung stattfinden kann. Mattes Feuer ist ein Zeichen für die zu hohe Brennschicht, geringen Essenzug oder das Einströmen von falscher Luft und hat leicht ein Verbrennen der Roststäbe zur Folge. Die beste Ausnützung erreicht man in der Regel mit der kleinsten praktisch noch zulässigen Rostfläche. Feuchte Sägespäne verlangen einen steilen, trockene einen flachen Neigungswinkel des Rostes, sollen sie beim Öffnen des Schütt-Trichters in gleichmäßiger Höhe auf den Rost fallen. Durchschnittlich ist der Schüttwinkel für Gatterspäne 35 bis 40°. Der untere waagerechte Rost soll stets mit glühendem Brennmaterial bedeckt sein, damit sich die vom Treppenrost abziehenden Gase daran entzünden und verbrennen. Die Beschickung hat zu erfolgen, sobald der obere Teil des Rostes sichtbar wird, und geschieht durch volles Öffnen des Auslauffchiebers am Schüttkasten, damit sich der Brennstoff mit Wucht auf der gesamten Rostfläche verteilt. Kahle Roststellen sind durch Nachstoßen mit einer Latte abzudecken. Beim Abstellen des Betriebes ist dafür zu sorgen, daß im Trichter und auf dem Rost alles Brennmaterial ausgebrannt ist, ferner sind Türen und Öffnungen an der Feuerung und der Essenschieber zur Vermeidung der Abkühlung der Feuerung und des Kessels zu schließen. Die Feuerung ist mit Schamottesteinen mit engen Fugen (nicht mehr als 3 Millimeter) auszumauern. Erhauströhre für die Zuführung der Holzabfälle dürfen nicht in den Schütt-Trichter an der Kesselfeuerung münden, da hierbei zuviel kalte Luft in die Feuerung geblasen wird.

**Zorffeuernngen.** Die Treppenrostfeuerung wird auch für die Verfeue-

rung von Torf angewendet. Die sperrige Lage der Torffoden auf dem Kof, 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 Torfffeuerungen. 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,

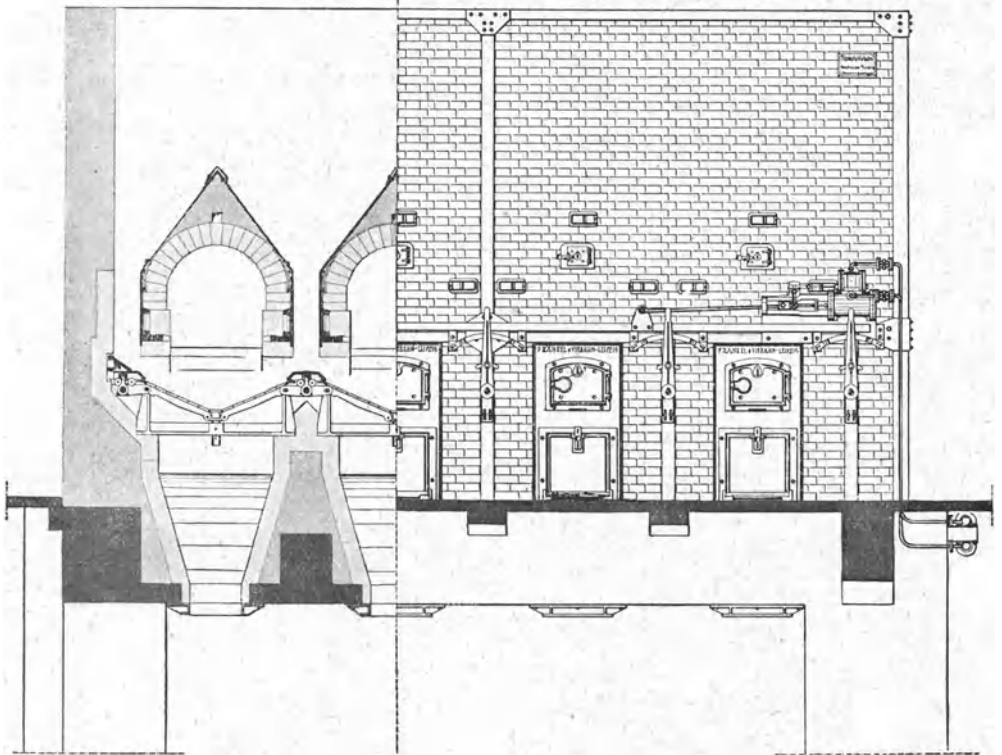


Abb. 36. Häufig angewendeter Muldenrost für Rohbraunkohle von Fränkel & Wiebahn, Holzhausen-Leipzig. Unter den Kohlenzulaufschächten zwischen den Gastammern über dem Muldenrost befinden sich die von Hand oder Oldruckmotor betätigten, auf Rollen gelagerten, waagrecht verschiebbaren Kohlennachschubvorrichtungen, mit denen der Brennstoff gleichzeitig auf der ganzen Rostlänge zur Muldenrostmitte in die eigentliche Brennzzone vorgeschoben wird. Die Gastammern werden in Bogenmauerung oder als Hängende ausgeführt, haben zur Erleichterung des Kohlennachrutschens spitz zulaufende eiserne Abdeckungen und sind mit Kühlungskanälen für regelbare Zweitluft versehen. Die Entaschung erfolgt augenblicklich durch einen handhebelbetätigten Kipprost längs der tiefliegenden Rostmitte.

verlangt keine größeren Rostflächen als ein anderer Brennstoff, nur der Feuerraum muß wesentlich erweitert werden, um die großen Torfmengen aufnehmen zu können. 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 Torfffeuerungen an Dampfkesseln nicht gefunden, da der Versand des Torfes über gewisse Entfernungen hinaus zu teuer ist.

**Die Muldenrostfeuerung.** Bei dieser Feuerung bildet der Rost eine Mulde, auf welcher die Kohle infolge des Abbrandes zum Teil selbsttätig nachrutscht oder heruntergeschoben werden muß. Der stärkste Brand findet an der tiefsten Stelle des Rostes statt, während die von oben nachstürzende Kohle zuerst an die höher gelegenen Seiten der Rostmulde gelangt und hier zunächst entgast (Abb. 36).

**Die Unterwindfeuerung** wird bei ungenügendem Essenzug, bei der Verfeuerung von geringwertigen Brennstoffen, Kohlenruß, Koks und Rohbraunkohle verwendet und hat seit einigen Jahren zur Erzielung von Höchstleistungen bei Wander- und Stokerrosten große Bedeutung und Verbreitung erlangt, während sie früher nur als Behelf diente. Ihr Mischfall muß dicht abgeschlossen sein, so

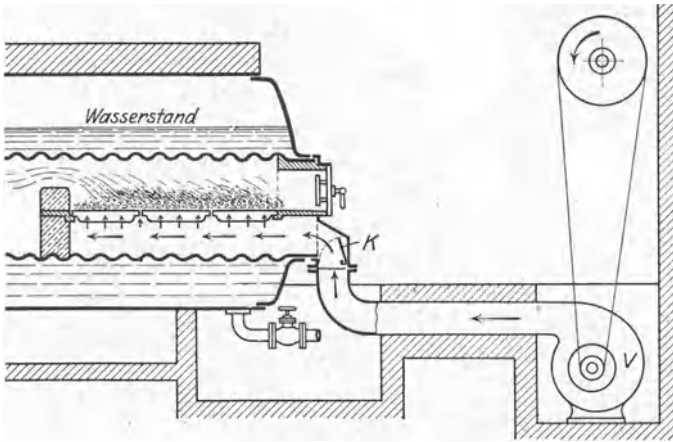


Abb. 37. Unterwindfeuerung der gebräuchlichsten Bauart mit Ventilatorbetrieb. K = Klappe, die beim Öffnen der Feuertüre selbsttätig schließt, hierdurch den Unterwind abstellt und das Herausfliegen der Flamme aus der geöffneten Feuertüre verhindert.

daß der mit einem Gebläse eingeblasenen Luft als alleiniger Ausweg die Rostspalten verbleiben. Dampfstrahlgebläse werden wegen des hohen Dampfverbrauches kaum noch benützt. Bei der einfachen Planrostfeuerung beträgt der Luftdruck im Mischfall etwa 50 bis 60 Millimeter Wasserfäule (W. S.), der die Brennschicht gut durchdringt, so daß ein lebhaftes Feuer entsteht. Der Rost besteht hierbei häufig nur aus gußeisernen, etwa 30 Millimeter dicken Platten mit düsenartigen Löchern, die oben 3 bis 7, unten 20 bis 30 Millimeter weit sind. Doch sind auch Roste mit ungefähr 3 Millimeter Spaltweite im Gebrauche. Sie sind meist nur 700 bis 1000 Millimeter lang. Um den Heizwert vor dem Verbrennen durch herausschlagende Stichtflammen zu bewahren, muß die Unterwindfeuerung eine Vorrichtung zum selbsttätigen Abstellen des Unterwindes beim Öffnen der Feuertüre haben.

Zur Vermeidung von Flugascheansammlungen in den Feuerzügen ist bei den

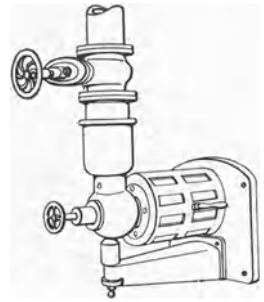


Abb. 38. Gasfeuerung der Maschinenbau-A.-G. Balcke, Abt. Moll, Neubredum. Die Feuerung ist mit feuerfesten Steinen auszumauern. Der Rost fällt selbstverständlich fort. Die gebräuchlichsten Gasarten, die für die Befuerung von Dampfkesseln, Öfen und Apparaten in Betracht kommen, sind:

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

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

Koksogengas mit einem unteren Heizwert von etwa 3500—4500 W. S.

Erdgas mit einem unteren Heizwert von etwa 8000—9000 W. S. je Kubikmeter.

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. S. des Heizgases muß annähernd 1 cbm Verbrennungsluft kommen; hat demnach 1 cbm Heizgas einen Heizwert von 4000 W. S., so sind pro cbm Gas 4 cbm Luft zuzuführen (nach Angaben der Firma Moll).

Unterwindfeuerungen möglichst mit ausgeglichenem Feuerzuge zu arbeiten, d. h. die Zugstärke über dem Rost soll nicht größer sein, als zur Abfugung der Feuer- gas erforderlich ist.

Bei den **Gasfeuerungen** ist zur Verhütung von Gasexplosionen darauf zu achten, daß sich während der Betriebsstillstände in den Gaskanälen und Feuerzügen keine Gas-Luft-Gemische bilden können. Die Absperrschieber für die Gasleitungen sind daher sorgfältig dicht zu halten. Das Feuer wird nach dem Aussehen der Flammen einreguliert. Stark rußende Flammen beweisen, daß zu wenig Luft und zu viel Gas zugeführt werden. In solchen Fällen ist durch teilweises Schließen der Absperrschieber die Gaszufuhr zu verringern, bis die Flamme keine Rußwolken mehr ausstößt. Beim Anheizen muß der Heizer zunächst den Essenschieber aufziehen, die Feuerzüge entlüften und erst hierauf das Gas anzünden. In Abb. 38 kann das Anzünden nur erfolgen, wenn der Apparat von der Feuerung abgeschwenkt ist. Gas und Luft strömen in abwechselnder Reihenfolge durch eine große Anzahl von Öffnungen des

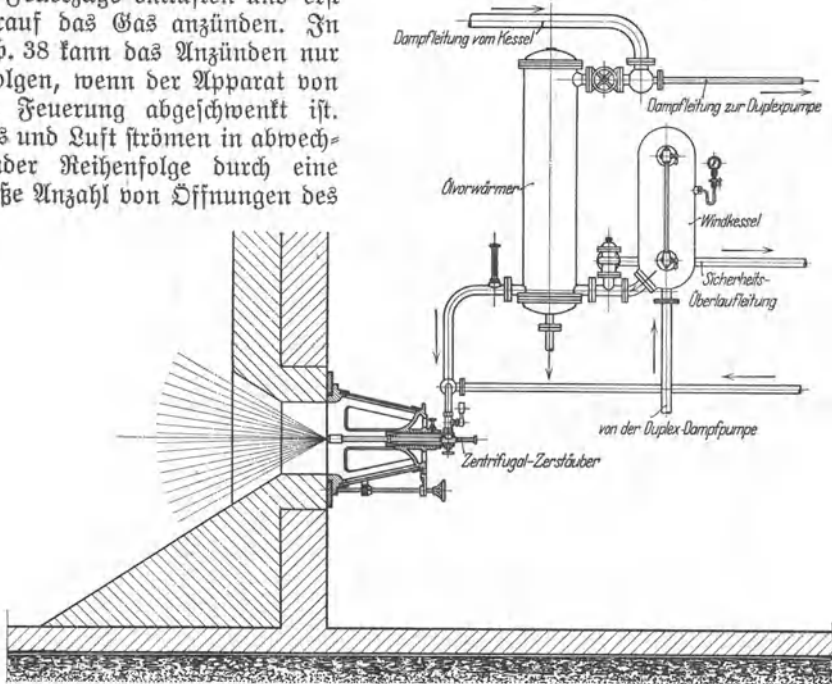


Abb. 39<sup>1)</sup>. Schema einer Gasfeuerungsanlage.

Apparates in den Brennraum, vermischen sich hierbei gut miteinander und verbrennen bei geringem Luftüberschuß mit hoher Temperatur und langer, in die Feuerzüge hineinschlagender Flamme. Die zuerst betroffenen Kesselheizflächen werden zum Schutze gegen eine Überhizung der Kesselbleche und zur Erhaltung der Verbrennungstemperatur mit Schamottemauerwerk verkleidet. Die Gasfeuerungen werden nur angewendet, wo das Gas in erster Linie für sonstige Feuerungen (Glaschmelzöfen) erzeugt werden muß oder billige Gase (Hoch- und Koksosengas, Erdgas) zur Verfügung stehen.

Die brennbaren Bestandteile des Hoch- oder Koksosengases sind Kohlenwasserstoffe (zersehte teerartige Bestandteile), Wasserstoffgas und Kohlenoxydgas. Der Kohlenstoffanteil ist geringer als bei Steinkohlen, die an festem Kohlenstoff (Koks)

<sup>1)</sup> Abb. 39 ist aus „Essich, Gasfeuerungs-technik“, Berlin: Julius Springer, entnommen.

reicher sind. Der maximale Kohlen säuregehalt der Abgase (Seite 8) ist daher niedrig, etwa 12 bis 14 Prozent, dafür tritt hoch erhitzter Wasserdampf als hochwertiges Verbrennungsprodukt des Wasserstoffgases in größerer Menge auf.

**Die Ölfeuerung.** Verwendet werden Rohöl (Erdöl) und Steinkohlen- und Braunkohlenteeröle. Der Heizwert der Rohöl: 9500 bis 11500, der Teeröle: 8100 bis 10000 W. E. je Kilogramm. Die Heizöle, besonders das Steinkohlenteeröl, enthalten das wertvolle Naphthalin, das beim Abkühlen auskristallisiert und die Rohrleitungen verstopft, aber beim Erwärmen auf etwa 60° wieder flüssig wird. Die Ölbehälter erhalten daher eine Heizrohrschlange; Ölleitungen werden durch eine parallel und in einer gemeinsamen Isolierung verlegte Dampfleitung heizbar gemacht. Durch die Erwärmung wird das Öl auch dünnflüssiger und seine Zerstäubung und Verbrennung erleichtert. Ihre obere Grenze (je nach der Ölart etwa bis zu 110°) soll unter dem Siedepunkt des Öles liegen, damit sich in den Rohrleitungen kein Öldampf bildet.

Bei den Dampfkesseln wird das Heizöl in fein zerstäubtem Zustand in die Feuerung geblasen. Benützt werden hierzu feststehende Brenner mit Druckzerstäubung und rotierende Öl-brenner mit Zentrifugalzerstäubung (Saake, Berlin). Bei der Druckzerstäubung wird das Öl mit einem Drucke von etwa 5 bis 20 Atmosphären durch eine 0,8 bis 2 Millimeter große Öffnung einer Metallscheibe gepreßt. Erforderlich sind hierbei: 2 Heizölbetriebspumpen (davon eine als Reserve) zur Erzeugung des Zerstäubungsdruckes, ein Windkessel gemeinsam für diese beiden Pumpen zur Erzielung eines gleichmäßigen Öl-druckes, 2 Heizölvorwärmer (davon einer als Reserve) zur Erwärmung des Heizöles auf die zur Zerstäubung günstigste Temperatur, je ein umschaltbares Doppel-Sauge- und Druckfilter zur Reinigung des Heizöles und nötigenfalls für die Inbetriebnahme des Kessels mit Gasöl eine elektrisch oder von Hand bediente Anheizpumpe. Die Ölmenge wird entsprechend dem jeweiligen Dampfbedarf durch Einlegen von Zerstäuber-Vochscheiben mit verschiedener lichter Öffnung und durch Änderung des Öl-druckes geregelt.

Bei kleinen Kesseln wird das Heizöl mittels Preßluft oder Dampf zerstäubt, da mit Öl-druckzerstäubern keine einwandfreie Zerstäubung der geringen Öl-mengen erzielt wird. Die Preßluft wird durch Gebläse erzeugt und hat einen Druck zwischen

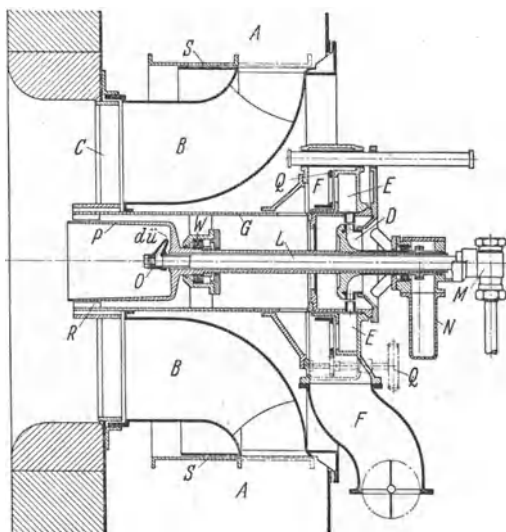


Abb. 40. Rotierender Öl-brenner von Saake, Berlin, auch bei sehr großen Schiffskesseln im Gebrauch. LM = Heizöl-zuführung; das Heizöl tritt aus der Düse *dü* aus und wird am äußeren Rande des schnell rotierenden Zerstäuberbechers *P* durch Zentrifugalkraft als feiner Schleier in die Feuerung geschleudert. *D* = kleine Turbine, welche *P* antreibt und von der mit Preßluft eintretenden Hauptluft, die bei *F* eintritt, angetrieben wird. Die Hauptluft tritt auch durch die Drallbleche *R* auf der Innenseite des feststehenden Mantelrohres *G* hindurch wirbelförmig an den Ölschleier heran. *Q* = Ringschieber zum Regeln der Primärluft. *E* = Hauptluftvorlage. *A* = Zweitlufteintritt mit Absperrschieber *S* und Kanälen *B*. *W* = Fügel-lager. *C* = Staurost. *M* hat auch den (nicht gezeichneten) regelbaren Absperrschieber für das Heizöl.

80 Millimeter W. S. (Niederdruck) und 0,6 Atmosphären (Hochdruck). Niederdruckbrenner leisten weniger, doch genügen einfache, billig arbeitende Ventilatoren und es wird ein großer Teil oder auch die gesamte Verbrennungsluft zur Zerstäubung herangezogen. Hochdruckbrenner ergeben große Leistungen, haben eine größere Regelfähigkeit und nur ein kleiner Teil der Verbrennungsluft dient der Zerstäubung. Die übrige Verbrennungsluft wird entweder durch natürlichen Zug angesaugt oder, bei hoch beanspruchten Kesseln, durch besondere Gebläse dem Brenner mit etwa 200 bis 500 Millimeter W. S. zugeedrückt.

Zur Dampferstäubung ist nur Dampf mit möglichst hoher Überhitzung zu verwenden, weil hierdurch der Dampfverbrauch verringert und die Flamme heißer wird. Raßdampf ist zu vermeiden.

Das zerstäubte Heizöl muß verdampfen, damit es rasch und vollkommen mit der Verbrennungsluft gemischt wird, der Luftüberschuß also möglichst gering ist. (Kohlensäuregehalt im allgemeinen 12,5 bis 13,5 Prozent). Die Verdampfung erfolgt durch die Hitze der Flamme und die Wärmeausstrahlung des glühenden Mauerwerks. Bei schlechter Zerstäubung und Verdampfung gelangen Öltropfen an das glühende Mauerwerk und bilden Koksnester, da die meisten Heizöle auch festen Kohlenstoff enthalten, der in schwebendem Zustande verbrennen soll.

Die Feuergefährlichkeit des Heizöles macht größte Sauberkeit im Kesselhause und besondere Schutzvorrichtungen erforderlich (Tropfschalen an der Feuerung, dichte Flanschenverbindungen — keine Gummidichtungen, sondern in Leim getränkte Pappe oder Asbest — Entlüftungsröhre der Bunker mit Drahtgazesicherung u. a.).

## 7. Die rauchverhütenden Dampfkesselfeuerungen.

Der Rauch muß der Brennstoffersparnis halber und aus Rücksichtnahme auf die Umgebung der Feuerungsanlage vermieden werden.

Die **Brennstoffersparnis bei der Rauchverbrennung** ergibt sich daraus, daß der Rauch aus brennbaren Bestandteilen 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. Besteht eine Steinkohle aus 66 Prozent festem Kohlenstoff, 9 Prozent Wasser, 5 Prozent Schlacken und 20 Prozent teerartigen Bestandteilen (Kohlenwasserstoffen), so würde im ungünstigsten Falle, wenn letztere 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, wie auch in keinem Falle eine vollständige Rauchverbrennung zu erzielen ist, 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 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 Fluoräure 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.

Soll dem Rauchen einer Dampfkesselfeuerung abgeholfen werden, so ist vor allem die eigentliche Fehlerquelle ausfindig zu machen; entweder ist die Feuerung abzuändern, der Kofst zu vergrößern, der Ofenzug zu verstärken, Kofst statt Kohle zu verwenden oder das Feuer sorgfältiger zu bedienen.

**Die Verbrennung des Rauches durch Zusatzluft** besteht bei den Plan- und Treppenrostfeuerungen darin, daß man dem Feuer außer dem Luftstrom durch die Kofstspalten noch einen zweiten Luftstrom, die sog. Zusatzluft, über dem Kofst zuführt. Der Hauptluftstrom durch die Kofstspalten soll die Verbrennung der festen, kohligten Bestandteile auf dem Kofste, der andere Luftstrom die Verbrennung der flüchtigen, rauchigen Bestandteile über dem Kofste und hinter dem Feuerraum bewirken. Man geht hierbei davon aus, daß der Luftbedarf im Verbrennungsraume gleich nach dem Verschicken des Feuers und während der darauf folgenden Entgasung der Kohle wesentlich größer ist als nach beendeter Entgasung. Während der Luftstrom zwischen den Kofstspalten von einer Beschickung zur anderen nahezu gleichstark bleiben kann, muß die Zusatzluft nach dem Verschicken am reichlichsten zuströmen und dann allmählich in demselben Maße wie die Entgasung der Kohle abnehmen und abgestellt werden.

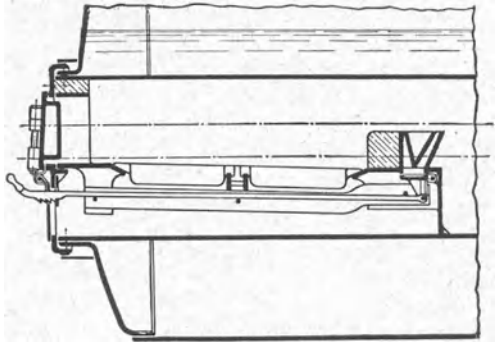


Abb. 41<sup>1)</sup>. Rauchverzehrende Feuerbrücke mit Luftschlitzen vom Aschefall nach dem Feuerraum und einer Klappe mit Zugstange nach dem Heizstand zur Regelung der Zusatzluft.

Wesentlich ist, daß die Zusatzluft nicht zu reichlich zugeführt wird, daß sie sich ferner mit den Rauchgasen innig mischt und letztere tatsächlich verbrannt werden. Anderenfalls verdünnt sie nur den Rauch und kühlt die Feuergase beträchtlich ab, so daß die rauchverzehrende Feuerung keine Kohlenersparnis, sondern eine Kohlenvergeudung zur Folge hat. Die gewöhnliche Feuerung mit einfacher Luftzufuhr ist dann der Feuerung mit doppelter Luftzufuhr vorzuziehen. Werden aber die Rauchgase durch die Zusatzluft wirklich verbrannt, so arbeitet die Feuerung nicht nur rauchschwach, sondern auch sparsam.

Damit die Rauchverbrennung sicherer erzielt wird, erhöht 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 wird auf verschiedene Weise zugeführt: durch Klappen in der Schürplatte oder durch Schlitze in der Feuerbrücke. Rosetten, Gitterschieber und Klappen an der Feuertüre ermöglichen auch bis zu einem gewissen Grade eine Regelung der Zusatzluft, dienen jedoch auch zur Beobachtung des Feuers und zur Kühllhaltung der Feuertüre.

<sup>1)</sup> Abb. 41 ist mit Genehmigung des Verlages aus „Gaier, Dampfkesselfeuerungen“, 2. Auflage, Berlin: Julius Springer, entnommen.



Bei Feuerungen mit selbsttätiger und ununterbrochener Kohlenbeschickung wird die Kohle durch mechanische Kraft ununterbrochen in einer dünnen Schicht auf den Kofst 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.

#### Der Leachapparat (Abb. 42).

Jedes Flammrohr hat zwei Schleuderräder e, die 300 bis 400 Umdrehungen in der Minute machen und die Kohle in das Feuer schleudern, dabei fliegt die Kohle gegen die vor dem Wurfrade befindliche, langsam auf- und niederschwingende Prellklappe f, so daß sie von der freien Flugbahn abgelenkt wird und auf alle 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. 43), der mit einer Klinke in ein Klinkenrad auf der Speisewalze eingreift, in Umdrehung versetzt. Zwischen Klinke und 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 Kohle verbrannt werden soll. Um zu vermeiden, daß grobe oder harte Kohlenstücke die

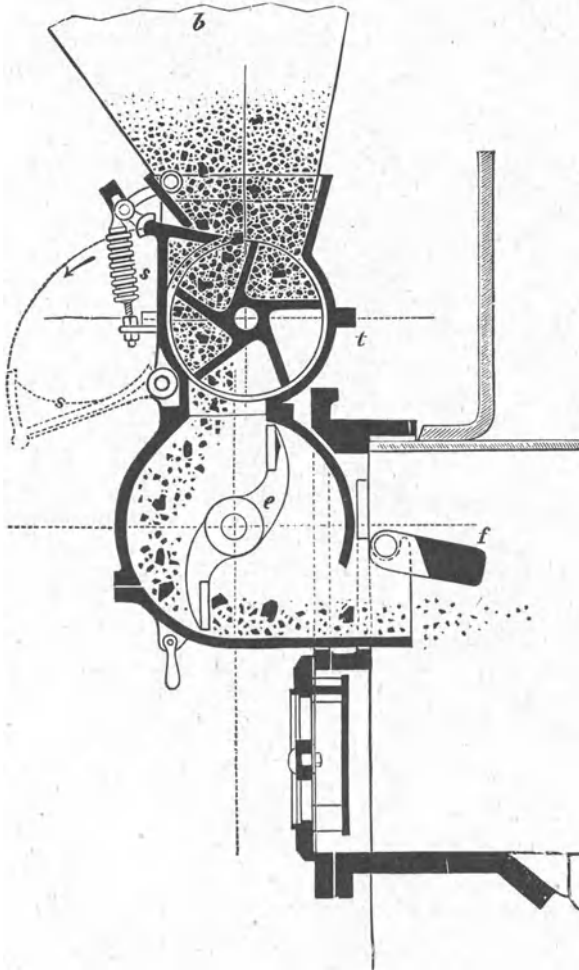


Abb. 42. Leachapparat der Maschinenfabrik Wilhelm Wenger, Chemnitz, wurde früher von der inzwischen aufgelösten Sächsischen Maschinenfabrik gebaut.

Flügel der Speisewalze beschädigen, wird die äußere Gehäuswand vor der Speisewalze mit einer Feder s festgehalten; beim Einklemmen größerer Kohlenstücke, Steine usw., klappt die Wand auf, so daß dann das Hindernis und die Kohle herausfallen. Damit die Flügel der Speisewalze die Kohle leichter abstreifen, macht man sie schraubenförmig, so daß die Vorderkante der Zelle 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 Plattsfeder sichert die Wand gegen selbsttätige Lockerung. Der

Feuerungsapparat ist mit Feuertüren versehen, welche gestatten, daß der Kessel angeheizt, das Feuer abgeschlact und nötigenfalls auch mit der Hand bedient werden kann.

Der Apparat eignet sich für die Verfeuerung von Rußkohle bis 30 Millimeter Korngröße, von Feinkohle, Briketts und Mischungen dieser Kohlenarten.

Werden die Kohlen nicht bis auf den hinteren Teil des Kofes 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 Kohlen-

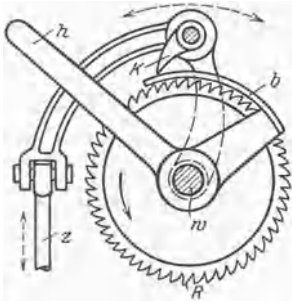


Abb. 43. Regelvorrichtung am Beschapparat. Das Klinkenrad R sitzt fest auf der Welle w der Speisewalze und wird durch die Klinke K ruckweise in Umdrehung versetzt. Durch Verstellen des Handhebels h bewirkt der Heizer, daß die Klinke mehr oder weniger auf dem Blech b gleitet, die Speisewalze langsamer oder schneller eine Umdrehung vollendet und sich infolgedessen die Kohlenzufuhr zum Feuer ändert.



Abb. 44. Kragenscheibe zur Wurf- feuerung mit 3 Wurfweiten. Bei neueren Apparaten sind je nach der Koflänge und dem Feuerungs- material bis zu 8 Wurf- weiten vorhanden.

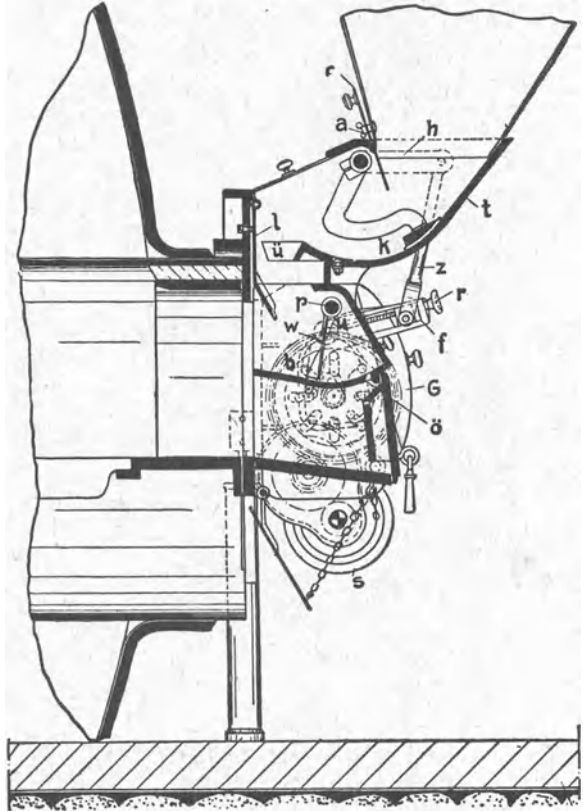


Abb. 45. Feuerungsapparat von C. S. Wedl, Greiz-Dörlau. w = Wurfschaufel, k = Zubringeschieber, c = Schieber und l = Leitblech sind nach der Korngröße der Kohle einzustellen.

stücke mit größerer Umdrehungszahl arbeiten, da grobe Kohlenstücke mehr Kraft, also eine größere Geschwindigkeit der Wurfschaufeln erfordern, um sie bis an das Kof- ende zu schleudern. Die aufgeworfene Kohlenmenge kann der Heizer, falls sie infolge des schnellen Ganges des Apparates zu groß wird, durch langsamen Lauf der Speisewalze c verringern. Das Feuer muß daher gut beobachtet werden. Das Anpassen des Feuerungsbetriebes an den Dampfverbrauch erfolgt dadurch, daß der Heizer die Zellenwalze oder den ganzen Apparat schneller oder langsamer laufen läßt und die Stellung des Essenschiebers hierbei entsprechend ändert. Der Apparat arbeitet rauch- schwach, wenn er auf schnellen, die Speisewalze c auf langsamen Gang eingestellt ist.

Die **Wurfffeuerungen** (Abb. 45 bis 48) haben zum Beschießen des Feuers eine schwingende Schaufel, die durch eine langsam rotierende Scheibe mit drei, bei langen Rosten bis zu acht Knaggen (Abb. 44) allmählich zurückgedreht wird und hierbei zwei mit ihr fest verbundene Federn anspannt. Sobald eine Knagge frei wird, schnellst die Schaufel infolge der Federkraft nach dem Feuer zu und wirft die vor ihr liegenden Kohlen auf den Rost. Dadurch, daß die Knaggen in drei verschiedenen Höhen ausgeführt sind, erhalten die Federn an den Wurffschaufeln während einer Umdrehung der Knaggenscheibe drei verschieden starke Spannungen und wird die

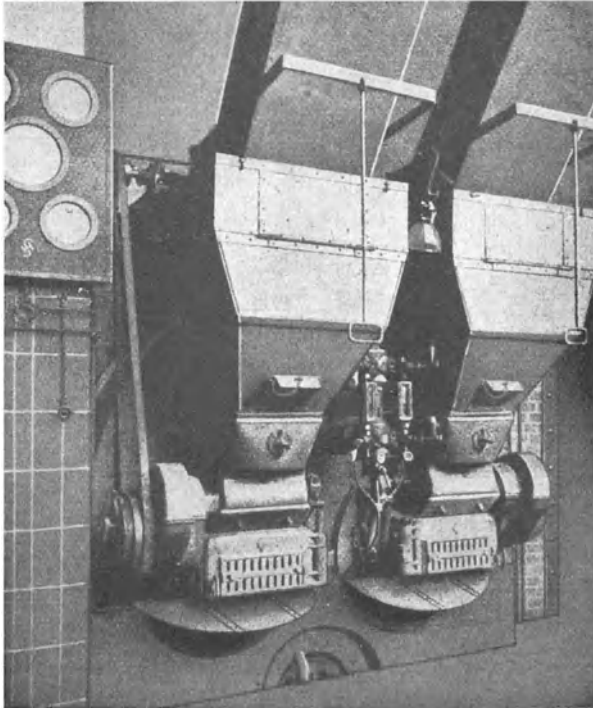


Abb. 46. Ansicht einer Wurff Feuerung für Braunkohlenbrifettfeuerung von Topp & Söhne, Erfurt.

Kohlenmenge abwechselnd einmal auf den hinteren, den mittleren und den vorderen Teil des Rostes geworfen. Damit sich die Kohle auch gleichmäßig auf der Rostbreite verteilt, verfährt man die Schaufeln auf der Wurffseite mit einem in der Mitte spitz zulaufenden Ansatz, dessen Form und Größe nach der Art der Kohle und der Länge und Breite des Rostes zu wählen ist.

Die Zuführung der Kohle aus dem Kohlenrichter nach dem Gehäuse der Wurffschaufel wird durch den hin- und hergehenden Schieber k (Abb. 45) besorgt. Der Schieber ist so angeordnet, daß er die Kohle der Wurffschaufel 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 durch Drehen an der Spindel r den Hub des Verteilungsschiebers k, wodurch derselbe mehr Kohle vor die Wurffschaufel befördert. Es ist besonders darauf zu achten, daß die Federn an den Schaufeln nicht locker sind, sonst wirft der Apparat die Kohle nur auf den vorderen Teil des Rostes, während die hintere Rostfläche unbedeckt bleibt. Der Heizer muß dann das Feuer so oft ausgleichen, daß die eigentlichen Vorteile der mechanischen Feuerungen zum größten Teile zunichte werden. In solchen Fällen sind daher die Federn zu spannen oder zu erneuern.

**Feuerungen mit wandernder Brennstoffschicht.** Zu diesen Feuerungen gehören der Wander- oder Kettenrost und die Stoker- oder Vorschubfeuerungen. Bei ihnen wird die Kohle in der richtigen Schütthöhe auf den vorderen Teil des Rostes aufgegeben und im Feuer allmählich nach hinten befördert. Die Schlacke wird am Ende

des Kofteſes ſelbſttätig abgehoben oder von den in der Längsrichtung langſam hin- und herſchwingenden Koſten heruntergeſtoßen. Daſ Feuer iſt bei dieſen Koſtanlagen keinerlei Störungen durch Abſchladen uſw. ausgeſetzt, ſo daß andauernd eine ſehr hohe Temperatur im Feuerraume herrſcht. Da außerdem die Kohle langſam entgaſt wird und die aufſteigenden brennbaren Rauchgaſe über der hellbrennenden Kohlenglut hinwegſtreichen müſſen, ſind bei dieſen Feuerungen die Vorbedingungen für rauchfreie Verbrennung ohne weiteres erfüllt.

Die **Wander- und Kettenroſte** haben an Steilrohr- und ſonſtigen Waſſerrohrkesseln mit großer Heizfläche raſch Verbreitung gefunden, da die großen Koſtflächen dieſer Kessel weder mit der Hand noch mit den beſprochenen mechaniſchen Feuerungsapparaten beſchickt werden können und ein ſelbſttätiges Abſchladen erfordern.

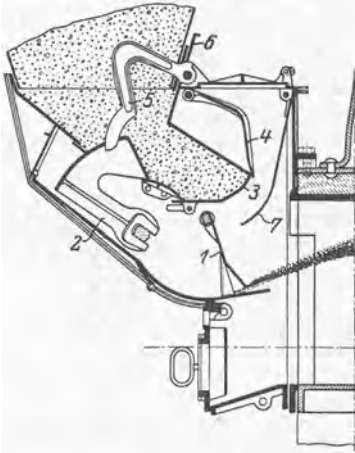


Abb. 47.

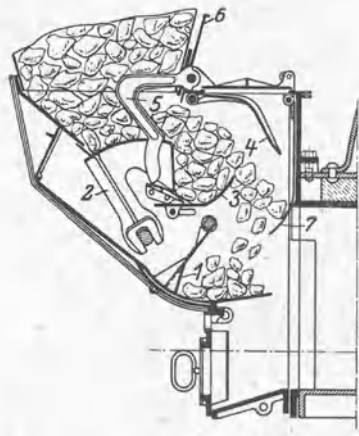


Abb. 48.

Wurfapparat für feinkörnige und für grobkörnige Brennstoffe, von Wilhelm Wenger, Chemnitz, früher von der inzwischen aufgelösten Sächs. Maschinenfabrik angefertigt.

Abb. 47. 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 Voderungshebel 5 stehen am Beginn ihrer Bewegung nach rechts bzw. nach unten; die Absperreklappe 4 beginnt sich zu heben und den Weg für die vom Vorschubtisch 3 herabfallende Kohle freizugeben.

Abb. 48. Es wird Brennstoff von Faustgröße (Britetts) 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 Absperreklappe 4 ist geöffnet und gibt den Weg für die herabfallenden Kohlenstücke frei; Vorschubwange 2 und Voderungshebel 5 bewegen sich nach rechts bzw. nach unten und stoßen die Kohle durch die Öffnung zwischen 3 und 4 hindurch.

Der Kettenrost besteht aus einem endlosen Band mit kurzen, etwa 25 Zentimeter langen Koſtſtäben (Abb. 50 bis 52), die wie beim gewöhnlichen Planroſt reihenweiſe nebeneinander liegen und an den Enden auf Querſtangen geſteckt ſind. Beim Wanderroſt, der den Kettenroſt wegen ſeiner konſtruktiven Vorzüge nahezu völlig verdrängt hat, ſind die Koſtſtäbe auswechſelbar auf Querträger aufgereiht.

Die Roſte laufen über zwei Kettenräder, von denen das vordere, außerhalb der Feuerung gelegene, mittels elektriſchen Antriebes langſam gedreht wird, ſo daß der obere Teil des Koſtes fortwährend in die Feuerung hinein- und der untere herauswandert. Über dem vorderen Teil iſt der Fülltrichter angeordnet, aus dem

die Kohle auf die ganze Roßbreite herunterrutscht. Hinter der Auslauffstelle des Fülltrichters befindet sich der mit Schamottesteinen verkleidete Schichtregler, unter dem hinweg die Kohle auf dem Roße in den Feuerraum wandert. Durch Vorstellen desselben in senkrechter Richtung, wozu seitlich zwei Schraubenspindeln vorhanden sind, ist die jeweils erforderliche Höhe der Kohlschicht einzustellen. Ferner kann durch Hochschrauben des Schichtreglers und durch Öffnen der vorderen Klappe des Kohlentrichters der Feuerraum für das Anheizen zugänglich gemacht werden. Der vordere Teil des Feuerraumes ist mit Schamottemauerwerk überdeckt, das im Betriebe erglüht und bei kleinen Feuerungen bis zu 4 Quadratmeter Roßfläche als Zündgewölbe ausgeführt wird. Das Zündgewölbe muß genügenden Abstand von den Siederohren haben, da letztere andernfalls durch die strahlende Wärme des Gewölbes Haarrisse bekommen, ausbeulen und aufreißen. Da es an seinen Widerlagern niedriger als im Stiche ist, würde die Kohlschicht an den Seiten schneller herunterbrennen; um dies zu verhüten, macht man die untere Kante des Schichtreglers nach beiden Seiten schräg ansteigend, so daß die Kohlschicht auf dem Roße nach den Seiten zu höher als in der Mitte ist.

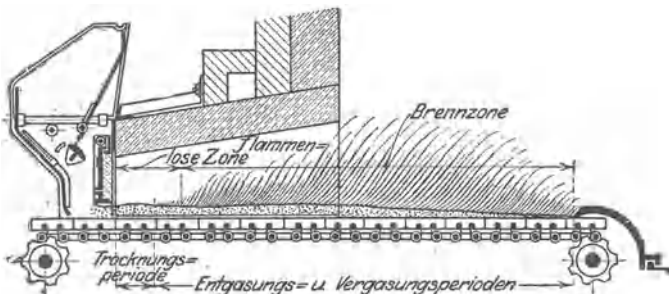


Abb. 491). Verbrennungsverlauf von feuchter oberbahriger Grustkohle mit hohem Gas- und geringem Kohlenstoffgehalt auf einem Kettenrost.

Bei großen Roßbreiten wird das Zündgewölbe als waagerechte Hängendecke und sehr kurz ausgeführt, weil ein Gewölbe zu große Stichweite erhalten müßte und die strahlende Wärme des Feuers sich ungehinderter auf die Kesselheizfläche auswirken kann. Entsprechend der waagerechten Hängendecke muß auch die Kohlschicht auf dem Roß gleichmäßig hoch sein.

Am Ende der Roßbahn befindet sich ein gußeiserner Schlackenabstreifer, der mit seiner Unterkante auf einer Schiene gelagert ist und mit seiner oberen messerartigen Kante vermöge seines Gewichts dicht über dem Roß liegt (Abb. 49). Die Schlacke und nicht ausgebrannte Herdrückstände stauen vor dem Abstreicher und werden über ihn hinweg in den Schlackenraum gestoßen, der unten durch eine von außen drehbare Klappe abgeschlossen wird, mittels welcher man die Herdrückstände in den Aschfall unter dem Kessel fallen lassen kann. Die Klappe muß immer dicht schließen, damit keine falsche Luft in die Feuerung einströmt. Auch bei verstärktem Betriebe ist darauf zu achten, daß der Brennstoff vor dem Schlackenstau gut durchgebrannt ist, da andernfalls letzterer sowie die hinteren Eisenteile der Feuerung trotz einer mitunter angebrachten Dampfkühlung durchgebrannt werden können. Andererseits hat die niedergebrannte dünne Brenn- oder Schlackenschicht auf dem hinteren Roßende den großen Nachteil, daß viel über-

1) Abb. 49 ist mit Genehmigung des Verlags aus der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1934 entnommen.

schüssige Luft einströmt. Auch mit Luftdrosselklappen an der unteren Seite der oberen Kofsbahn an diesen Stellen, die vom Heizerstande zu betätigen sind, hat man keine genügende Abhilfe erreicht.

Der gußeiserne Schlackenstauer ist daher allgemein durch eine pendelnde Feuerbrücke (Abb. 54) ersetzt worden. Bei derselben kann der Kofst voll ausgenützt oder, was bei seinen großen Abmessungen sehr wesentlich ist, kleiner gehalten werden. Außerdem kommt das Kostende außerhalb des Feuerraumes zu liegen und wird

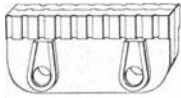


Abb. 50.

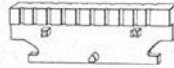


Abb. 51.

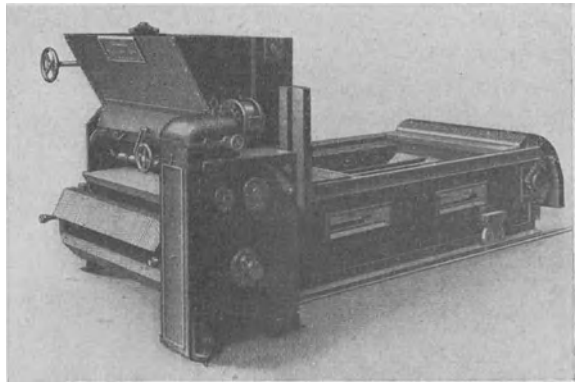


Abb. 52.

Kofsttabformen.

Abb. 50 für Kettenroste, Abb. 51 u. 52 für Wanderroste.

der Beobachtung zugänglich. Die Feuerbrücke besteht aus beweglich aufgehängten, bequem austauschbaren gußeisernen Staupendeln, die leicht auf dem Kofst aufliegen und einzeln und unabhängig voneinander durch den Druck der angestauten Herdrückstände ausschwingen und hierbei der Schlacke den Weg nach dem Schlackenraum frei geben. Für kleine Wanderroste werden Staupendel aus feuerfesten Steinen verwendet. Die Feuerbrücke kann für gewisse Zwecke, z. B. wenn der Kofst rückwärts gedreht werden soll, angehoben werden. Eisenteile, an denen sie befestigt ist, erhalten Luft- oder Wasserkühlung oder werden durch Verkleidung mit hochfeuerfesten Schamottesteinen geschützt. Die einzelnen Pendel werden hohl mit rostartigen Luftschlitzen für einen kühlenden Luftstrom nach dem Feuer, der zugleich dem Ausbrande der Stauansammlung dient (Steinmüller), oder zur Erhöhung ihrer Feuerbeständigkeit massiv ohne Luftkühlung ausgeführt (Wed-Grütz-Dörlau). Bei der Steinmüller-Feuerbrücke ist jedes einzelne Pendel mit einem verstellbaren Gegengewicht versehen, um den Andruck an die Schlacke regeln zu können.



In einer freiliegenden Wand des Feuerraumes sind Schaulöcher zur Beobachtung des Feuers vorhanden, damit der Heizer die Kostgeschwindigkeit, die Höhe der Brennschicht und die Luftzufuhr richtig einstellen und bei ungünstiger Schlackenbildung auf dem Kofst mit dem Schürhaken nachhelfen kann. Bei kleinen Wanderrosten wird auch die Schürstange vorn unter dem Kohlenrichter hinweg durchgeschoben.

Abb. 53. Wanderroste von C. F. Wed, Grütz-Dörlau, für kleinere und mittlere Kesselgrößen, mit 8stufigem Antrieb und angeflanschem Drehstrommotor. Der hintere Kofsteil ist herausgenommen. Der Schlackenstauer hat Luftschlitze.

Das Regeln des Feuers nach Maßgabe des Dampfverbrauches erfolgt durch Veränderung der Höhe der Brennschicht und des Kostvorschubes. Der Kofst hat zumeist elektrischen Antrieb mit Schnecken- oder Stirnradgetriebe mit 5 bis 10 Geschwindigkeitsstufen (100 bis 200 Millimeter in der Minute.) Kleinere Kofste er-

halten mitunter auch Klinkenradgetriebe. Große Wanderroste werden im Gegensaße zu kleinen nicht ausfahrbar eingerichtet, da sie und ihr Antriebsmechanismus zu schwer sind. Für etwaige Reparaturen sind sie durch Mauerlöcher in den Seitenwänden zwischen dem oberen und dem unteren Rostbande zugänglich.

Die Rostketten sind zum Spannen eingerichtet, und zwar befindet sich die Spannvorrichtung bei großen Rosten am hinteren, bei kleinen Rosten am vorderen Kettenrad. Sie dürfen nicht zu straff und nur in kaltem Zustande gespannt werden, da dies schweren Gang des Rostes und Beschädigung der Rostketten durch Zusammenziehen beim Erkalten zur Folge haben kann. Vor jeder Ingebrauchnahme ist der Rost an der Handturbel zu drehen, falls letztere vorgesehen ist. Während der Betriebspausen ist der Kohlenauslaß am Schüttkasten zu schließen, der Rost ein kurzes Stück laufen zu lassen und mit Asche zu bedecken, um das Vorbrennen des Feuers zu verhüten. Beim Anheizen muß der Rost still stehen, bis der Feuerraum auf genügend hohe Temperatur gebracht ist, soll das Feuer beim Einrücken des Rostantriebes nicht verlöschen. Der Brennungsverlauf auf den Wanderrosten entspricht gut den theoretischen und praktischen Anforderungen:

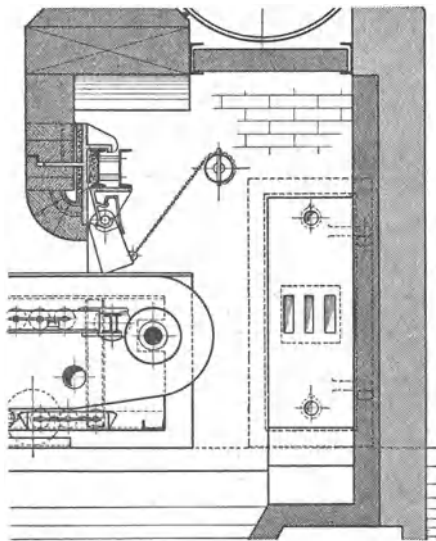


Abb. 54. Feuerbrücke mit Staupendeln von C. S. Weck, Greiz-Döblau.

Worn, hinter dem Kohleneinlauf, befindet sich eine flammenlose Zone, in der der Brennstoff getrocknet wird und an die sich die Entgasungszone mit der Flamme und die Verglühzzone des verkokten Brennstoffes anschließen (Abb. 49). Die Zonen laufen selbstverständlich ohne scharfe Grenzen ineinander über und ergeben bei normalem Luftüberschuß ein rauchschwaches Feuer. Die Wanderroste nützen die Kohle sehr gut aus. Dadurch, daß das Feuer keine Unterbrechungen beim Beschießen und Abschladen erleidet und die Brenn-

luft zunächst durch den unteren Teil des Rostes hindurchströmt oder auf andere Weise vorgewärmt wird, entsteht eine hohe Feuertemperatur und eine große Rost- und Dampfleistung.

**Hochleistungswanderroste.** Bei großen Dampfkesseln erfordert die übliche Rostbelastung von 100 bis 150 Kilogramm Steinkohle je Quadratmeter und Stunde sehr große Rostflächen<sup>1)</sup>. Den baulichen und betriebstechnischen Schwierigkeiten sowie den hohen Unkosten, die diesen großen Rostflächen und Feuerungen entgegenstehen, ist man durch den Bau von Hochleistungswanderrosten entgegengetreten. Wesentlich waren hierbei: die Schaffung der bereits erwähnten Feuerbrücke zur vollen Ausnützung auch des hinteren Rostteiles, der Wegfall bzw. die erhebliche Verkürzung des Zündgewölbes über dem vorderen Rostteil, wodurch die Wirkung

<sup>1)</sup> Rechnet man auf 1 Meter Kesselbreite 200 Quadratmeter Heizfläche mit einer stündlichen Verdampfung von je 50 Kilogramm (was heute als normal gilt), so ergibt sich unter Annahme einer achtfachen Verdampfung und der durchschnittlichen, bisher üblichen stündlichen Rostbelastung von 125 Kilogramm Steinkohle je Quadratmeter Rostfläche eine Rostlänge von 10 (!) Meter. Im Falle einer Verdoppelung der Rostleistung, also von 125 auf 250 Kilogramm Kohle, würde statt des 10 Meter langen Rostes bereits ein 5 Meter langer genügen.

der strahlenden Wärme des Feuers auf die Kesselheizfläche und auf die vorn liegende, noch nicht brennende Kohlschicht erhöht wurde, und schließlich die Anwendung von Unterwind. Die stündliche Belastung je Quadratmeter Kofstfläche wurde hierdurch gesteigert: in Steinkohlenfeuerungen bei Hochlast auf 215, bei Höchstlast auf 275 Kilogramm, und in Versuchsanlagen mit Steinkohle auf 313 und mit Braunkohlenschwefelkots auf 380 Kilogramm. Die stündliche Dampfleistung je Quadratmeter Heizfläche stieg hierbei von 30 auf 87 und 105 Kilogramm. Die Leistungssteigerung der Höchstleistungswanderroste ist demnach ganz gewaltig und ermöglicht große Ersparnisse an Kesselheizfläche und Kesseln. Hierdurch sind auch die Wanderroste im Wettbewerb mit der Kohlenstaubfeuerung wesentlich günstiger geworden, zumal sie durch An- und Abstellen des Unterwindes den Schwankungen des Dampfbedarfs zwischen Höchstlast und Halblast ohne Verzug folgen können.

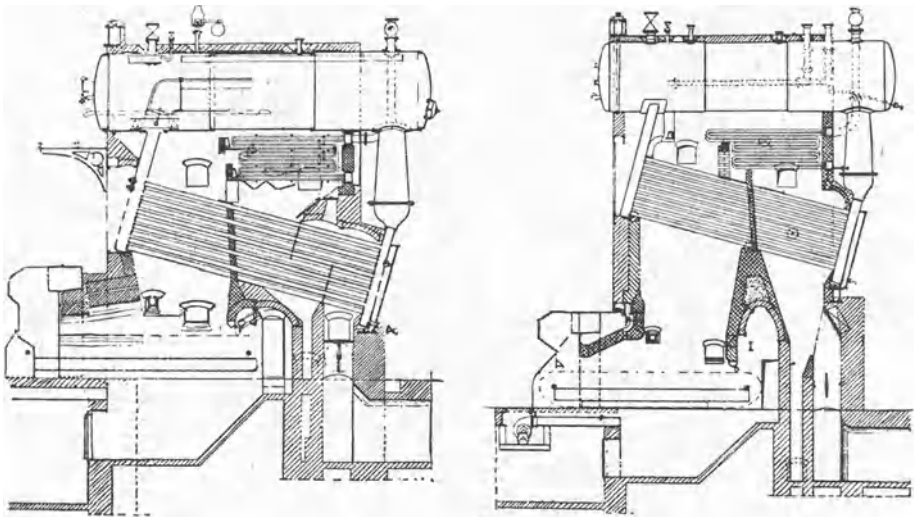


Abb. 55 u. 56. Sektionalkessel der Firma Steinmüller, links vor, rechts nach einem Umbau, wobei durch Erhöhung des Feuerraumes, Vereinfachung der Zugführung und Anwendung eines Zonenwanderrostes mit Unterwind die stündl. Kesselleistung von 25 auf 60 kg/m<sup>2</sup> gesteigert und die Verwendung geringwertiger, billiger Kohle ermöglicht wurde.

Der Unterwind bzw. der natürliche Zug wird diesen Kofsten in mehreren Windkästen oder Zonen, in der Regel 4 oder 5, zugeführt, weshalb man diese Kofste auch **Zonenwanderroste** nennt. Diese Windkästen sind unterhalb der oberen Kofsbahn eingebaut, gut abgedichtet, so daß die Luft nur durch die Kofstspalten ins Feuer entweichen kann, und zum Entfernen des Kofstdurchfalles mit Transportschnecken oder Handlöchern versehen. Die Zoneneinteilung bezweckt, die Luftzufuhr dem Verbrennungsstadium des zugehörigen Kofstabschnittes anzupassen. Sie muß auf den vorderen Kofstabschnitten, auf denen die Kohle getrocknet und entgast wird, größer sein als auf den nächsten und hinteren Abschnitten, wo der Brennstoff verglüht und die Brennschicht niedergebrannt ist und einen geringeren Luftbedarf hat. Durch die Zonenanordnung wird also der Uebelstand des übermäßigen Luftüberschusses auf dem hinteren Kofsteile vermieden. Die Luftmenge ist an den einzelnen Windkästen durch Schieber oder Klappen mit seitlich des Mauerwerks angebrachter Stellhebel regelbar und vom Heizer nach dem Aussehen des Feuers einzustellen. Die Stellvorrichtungen für die beiden hintersten Zonen sind meist miteinander verbunden, so daß die Zone dicht vor der Feuerbrücke, wo die Feuerlicht am



weitesten niedergebrannt ist, zwangläufig die geringste Luftmenge erhält. Die Höhe der Brennschicht schwankt bei Zonenrosten mit Unterwind zwischen 90 und 150 Millimeter, steigt aber in besonderen Fällen auf 200 bis 250 Millimeter an (Förderkohle).

Auf den Zonenwanderrosten mit Unterwind können alle festen Brennstoffe von etwa 3000 W. G. unterem Heizwert an verfeuert werden, also Rußkohle, Klarkohle, Braunkohlenbriketts, Roßgras und Braunkohlenschwefels. Bei Verwendung feinkörniger Brennstoffe entsteht viel Flugstaub (bis zu 20 Prozent), der in den Feuerzügen aufgefangen und in einer Rückführanlage, die etwa zweimal in jeder Schicht anzustellen ist, dem Feuer wieder zugeführt wird. Klare Kohle erfordert eine besondere Roßtstabform mit nahezu waagerechter Lage des oberen Auslaufs der Roßspalten, die das Durchfallen von Feinkohle fast völlig verhindert. Einer Verstopfung der Roßspalten wird durch die Reinigung der Roßglieder abgeholfen, indem letztere im unteren Roßteil selbsttätig ausschwingen und gegen einen Anschlag schlagen oder mittels einer besonderen Vorrichtung am vorderen Roßende gerüttelt werden (Patent Steinmüller).

**Die Roßklappelung** besteht in dem luftdichten Abschluß des vorderen Roßteiles, hat Türen zum Befahren und Fenster zur Beobachtung des Roßes und wird angebracht bei Unterwindbetrieb zur Verhütung der Belästigung der Heizer und der Verschmutzung des Kesselhauses durch austretende verstaubte Luft und bei Roßen mit natürlichem Zug, wenn häufig mit Schwachlast gefahren wird. Sie erhält dann Luftklappen zur Regelung des Luftzutritts zum Roß, weil auch der stark gedrosselte Essenschieber nicht verhindern kann, daß infolge des natürlichen Auftriebes der Gase im Feuerraum ein weiterer Luftzutritt stattfindet, hierdurch der Wirkungsgrad der Feuerung verschlechtert wird und die Feuergase aus den Mauerwerksfugen herausqualmen.

**Die Stokerfeuerungen.** Der waagerechte Planrost-Kühlstoker von Graafen (Abb. 57) besteht aus gußeisernen Roßstäben von der Länge des Roßes, die durch ein Exzenter oder durch Eldruck in der Längsrichtung mit regelbarer Geschwindigkeit langsam vor- und rückwärts bewegt werden und hierbei durch ihre sägezahnartige obere Fläche die Brennschicht locker halten und nach dem Roßende befördern. Der Verbrennungsverlauf ist daher derselbe wie beim Wanderrost (Abb. 48) mit einer vorderen flammenlosen Trockenzone, einer anschließenden Entgasungszone mit der Flamme und einer abschließenden Verglühzzone des verkohnten Brennstoffes. Die Zonen sind selbstverständlich ohne scharfe Grenzen und ergeben bei normalem Luftüberschuß ein rauchschwaches Feuer. Nach dem Roßende zu wird die Brennschicht infolge des Abbrandes niedriger und endet als Schlackenschicht, die selbsttätig über das Roßende hinweg in einen Schlackenraum gestoßen wird, aus dem sie nach Öffnen einer Klappe herausfällt oder (beim Flammrohrkessel) mittels Transportschnecke oder von Hand herauszuziehen ist.

Zwischen je zwei Roßstäben befindet sich in der ganzen Roßlänge ein feststehendes Kühlrohr zur Kühlung der Roßstäbe und zur Verhütung des Aufschmelzens und des Anbackens der Schlacke. Diese Rohre sind miteinander verbunden und zur Rußharmachung ihrer Wärme entweder in den Wasserumlauf des Kessels oder in die Speiseleitung eingeschaltet oder an einen Erhitzer für die Verbrennungsluft angeschlossen. Der Stoker ist an Steilrohr- und Wasserkammerkesseln in großen Abmessungen (z. B. bis 28 Quadratmeter Roßfläche) ausgeführt worden und für Höchstleistungen unter Anwendung von Unterwind als Zonenrost ausgebildet. Bei Innenfeuerungen an Flammrohrkesseln erhält er 3,5 bis 4 Meter Länge gegenüber der Maximallänge von 2 bis 2,25 Meter der gewöhnlichen Planroste mit Hand- oder Apparatebeschickung. Er ermöglicht daher eine wesentliche

Leistungssteigerung des Kessels oder, falls es dieser nicht bedarf, die Verfeuerung geringwertiger Kohlenorten, auch der billigen ungewaschenen Kohlen und von Braunkohlen. Bei Belastungsschwankungen sind die Höhe der Brennschicht mittels eines von Hand verstellbaren Schichtreglers am Kohleneinlauf oder die Umlaufgeschwindigkeit des Feuerungsapparates und der Kostvorschub zu ändern. Bei Steilrohr- und Wasserkammerkesseln kann das Feuer durch Schaulöcher in den Seitenwänden, bei Flammrohrkesseln durch Schaulöcher in den Feuertüren hindurch beobachtet werden.

**Die Kohlenstaubfeuerung** war nach der letzten amtlichen Statistik an rund 230 Dampfkesseln mit rund 80000 Quadratmeter Heizfläche, und zwar an Steil- und Schrägrohrkesseln vorhanden. Ihr wesentlichster Vorzug liegt in der bedeutenden Leistungssteigerung der Feuerung und des Kessels sowie in der schnellen Anpassung an Belastungsschwankungen. Dem stehen jedoch die hohen Anlage-, Betriebs- und Unterhaltungskosten für die Kohlenmüllerei und die aus bestem Material herzustellende Feuerkammer (Segerfegel 32/33 — 1710°) gegenüber. Die Entwicklung ist daher noch nicht abgeschlossen, und in den letzten Jahren haben die Kohlenstaubfeuerungen in den Höchstleistungsrosten mit Unterwind einen scharfen Wettbewerber erhalten.

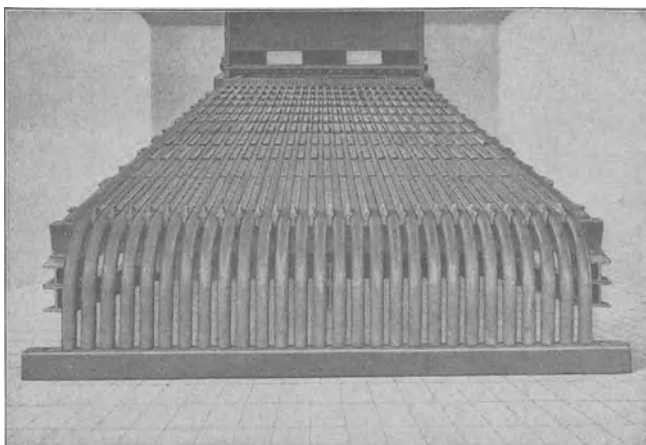


Abb. 57. Stokerfeuerungsrost von Graafen vom Kostende aus gesehen. Die Kühlrohre zwischen den Roststäben münden am Kostende in ein Sammelrohr für den Wasserumlauf.

Verfeuert werden Steinkohle, Braunkohl und Schwellkoks in gemahlenem Zustande.

Der Brennstoff wird getrocknet (zur Verbilligung möglichst mit Abdampf), gemahlen und gebunkert (Zentralmahlanlagen) oder auch unmittelbar aus der Kohlenmühle in die Feuerung geblasen (Einzelmühlen) (Abb. 58). Der Kohlenstaub soll so fein sein, daß er in kürzester Zeit im schwebenden Zustande verbrennt, damit der Kesselzug nicht durch Ansinterungen an den Siederohren beeinträchtigt wird. Die Mahlfineinheit muß bei gasarmen, aschereichen Brennstoffen sehr hoch sein, richtet sich also nach den feuerungstechnischen Eigenschaften des Brennstoffes und nach der Größe des Feuerraumes und der Temperatur der vorgewärmten Verbrennungsluft. Sie wird zur Verminderung der hohen Mahlkosten nicht zu weit getrieben und auf genormten Sieben nach der Menge des Rückstandes ermittelt. Letzterer soll auf Siebnorm 70 — 4900 Maschen je Quadratzentimeter — bei Braunkohlenstaub nicht mehr als 30 bis 40, bei gasreichem und bei gasarmem Steinkohlenstaub nicht mehr als 15 bis 18 bzw. 10 bis 12 Prozent betragen. Die Verbrennung findet in einer großen, dem Kessel vorgelagerten großen Kammer statt. Bei einem Kessel von 2200 Quadratmeter Heizfläche ist sie 8 Meter hoch, 10,5 Meter breit und 7,5 Meter tief, also 630 Kubikmeter groß. Auf 10 Quadratmeter Heizfläche sind etwa 1,8 bis 2,9 Kubikmeter Feuerraum zu rechnen. Drei Seiten der Feuerung sind mit Wasserrohren verkleidet, die die strahlende Wärme des Feuers aufnehmen

und die Temperatur des Feuers unter dem Schmelzpunkt der Schamotteausmauerung (1300 bis 1600°) halten. Die Kühlrohre steigern die Dampferzeugung ganz erheblich und bringen die teuren gemauerten Hohlwände in Wegfall. Sie sind durch freiliegende Fallrohre an der Außenseite des Kesselgemäuers mit der unteren Kesseltrummel und zur Dampfableitung durch Steigrohre mit den Oberkesseln verbunden und mitunter mittels Pumpen zwangsläufig in den Kreislauf des Wassers im Kessel eingeschaltet. Reservepumpen müssen in letzterem Falle bereit stehen und beim Versagen der anderen Pumpen in wenigen (3) Minuten in Gang gebracht werden. Die vordere Wand der Feuerbrücke wird, sofern sie ohne Kühlrohre ist,

als Hohlwand ausgeführt und mit Luft, die als Zweitluft in die Kammer hineinströmt, gekühlt.

Der Kohlenstaub wird dem Feuerraum mittels Brenner (Abb. 59) zugeführt, die an Zuteilern, das sind Gehäuse mit Transportschnecken, am Bunkerauslauf angebracht sind. In den Zuteilern wird der Kohlenstaub mit Erstluft gemischt. Die Erstluft ist zum Teil Heißluft aus dem Lusterhitzer, zum Teil Kaltluft; da die Zuteilschnecken Temperaturen über 65 bis 70° nicht vertragen. Die Zuteiler haben eine gemeinsame Antriebswelle mit Elektromotor, dessen Drehzahl zur Regelung der Kohlenstaubzufuhr zu den Brennern nach Maßgabe der Kesselbelastung in weiten Grenzen geändert werden kann. Jeder Zuteiler kann mit seinem zugehörigen Brenner mittels eines Schiebers nach Bedarf vom Bunker völlig abgeschaltet werden. In dem Großkraftwerk Klingenberg hat jede Feuerung 10 Brenner, die in der Decke der Feuerkammer angebracht sind und die Staubkohle senkrecht nach unten in dieselbe hineinblasen. Doch

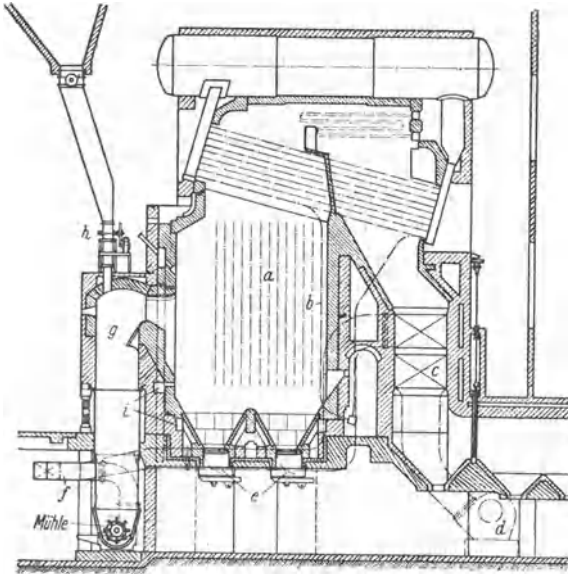


Abb. 58. Die in letzter Zeit mehrfach angewendete Krämermühlenfeuerung der Firma Steinmüller, Gummersbach, an einem Schrägrohrwasserkammerkessel derselben Firma. a und b = seitliche und hintere, mit Wasserrohren gekühlte Feuerraumwände. d = Gebläse, welches die Verbrennungsluft durch den Lusterhitzer c und die Rohrleitung f zur Schlagsmühle bläst. h = Zuleitung des Brennstoffes (feinkörnige Steinkohle, Braunkohlenchwekots u. a.), der in der Mühle zu Staub zer schlagen und im Raum g getrocknet und gesichtet wird. e = Nachverbrennungsroste, i = regelbare Kanäle für die Verbrennungsluft (Zweitluft). Bei neueren Anlagen liegt der Kohlenlauf h wesentlich tiefer in der Vordwand des Schachtes g.

werden sie auch an den Wänden mit schräger oder waagerechter Blasrichtung angeordnet. Die Brennerdüse ist von einem Mantel mit ein oder zwei Luftklappen umgeben, durch die hindurch noch Frischluft angesaugt und die Staubflamme zur Regelung der Verbrennung beobachtet werden kann.

Der Luftüberschuß kann bei den Kohlenstaubfeuerungen sehr klein sein. Selbst bei kleinen Leistungen der Kessel, wenn mit wenigen Brennern gefeuert wird, werden 12 bis 14 Prozent Kohlen säuregehalt erreicht; bei voller Belastung kann er auf 16 bis 17 Prozent gesteigert werden, ohne wesentliche Verluste durch unverbrannte

Gase befürchten zu müssen. Dementsprechend ist auch die Temperatur des Feuers sehr hoch, etwa 1350 bis 1500°. Die Temperatur und der Ausbrand des Kohlenstaubes müssen geregelt werden, da das Mauerwerk bei hohen Temperaturen zu sehr angegriffen wird und die erweichten Mchenteile aus dem Kohlenstaub sich an den Siederöhren ansetzen. Die Brenner werden auch als Wirbelbrenner ausgeführt (Lopulko-Brenner), um eine gute Mischung des Staubes mit der Brennluft zu erzielen. Eine günstige Verbrennung wird noch dadurch erreicht, daß die Zweitluft aus vielen flachen Schlitzen des Hohlraumes der vorderen Wand der Feuerkammer

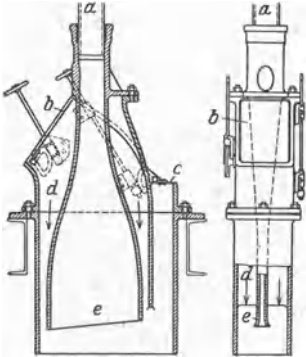


Abb. 59. Lopulko-Brenner<sup>1)</sup>. a = Zuführungrohr für das Staub- und Luftgemisch. b = Regellappe für die Zweitluft nach dem Gehäuse d mit der Zündöffnung e des Brenners (der Mündung von a).

in waagerechter Richtung in den Verbrennungsraum eintritt, die senkrecht nach unten gerichteten Flammen aus den Brennern umbiegen und sich mit ihnen vermischt.

Bei Belastungsänderungen werden einzelne Zuteiler und Brenner zu- oder abgeschaltet und die Luftmenge entsprechend geregelt. Die Temperatur des Feuerraumes nimmt hierbei mit der Verminderung der Kohlenstaubzufuhr rasch ab und bei schwachem Betriebe, etwa bei einem Viertel der Vollast, reißt die Flamme des Feuers ab. Die Kohlenstaubfeuerungen haben daher im Gegensatz zu vielen Kofffeuerungen eine ziemlich hohe untere Belastungsgrenze.

Zum Anheizen der Kohlenstaubfeuerungen bedient man sich besonderer Gaszündbrenner in der Feuerkammer (Abb. 60), doch genügt mitunter auch das Anbrennen öligler Puzlappen oder ein kleines Feuer in derselben. Zu beachten sind

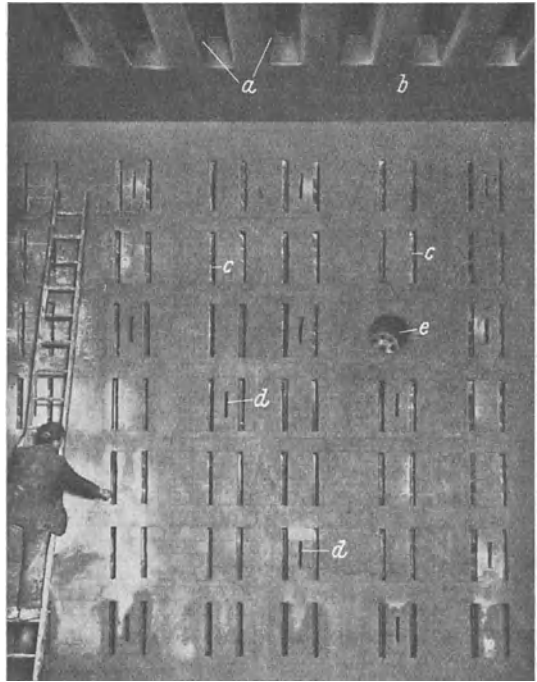


Abb. 60<sup>2)</sup>. Vorderwand der MS-Staubfeuerung. a = Staubbrenner, b = Feuerraumbede, c = Schlitze für Zweitluft, d = Beobachtungsslitze, e = Gaszündbrenner. Die Größe des Feuerraumes ist durch das Bild des Mannes auf der Leiter gut veranschaulicht.

<sup>1)</sup> Abb. 59 ist aus „Dubbel, Taschenb. f. d. Maschinenbau“, Berlin: Julius Springer, entnommen.

<sup>2)</sup> Diese Abbildung hat Herr Dr. Münzinger aus seinem Werke „Kesselanlagen für Großkraftwerke“ gütigst zur Verfügung gestellt.

die leichte Selbstentzündlichkeit des Kohlenstaubes beim Bunkern und die Explosionsgefahr stauberfüllter Luft. Die maschinellen Einrichtungen (Transportschnecken, Rohrleitungen usw.) müssen daher staubdicht sein. Im Mahlraum dürfen keine offenen Flammen sein, elektrische Anlagen müssen den besonderen Sicherheitsvorschriften entsprechen.

Die Kohlenstaubfeuerungen werden mit Meßapparaten für den Kohlen säuregehalt, für unverbrannte Gase in den Rauchgasen, für die Temperaturen des Dampfes, der Verbrennungsluft, der Rauchgase und der Flammen, für die Zugstärke in der Verbrennungskammer und am Kessellende, für die Menge des verfeuerten Kohlenstaubes und des verdampften Wassers und mit selbsttätigem Feuerungsregler ausgerüstet. Die Feuerführung erfordert daher eine gut eingerichtete Bedienungsmannschaft.

Kohlenstaubzusatzfeuerungen werden auch an den mit Treppen- und Wanderrost versehenen Schräg- und Steilrohrkesseln zur Deckung von Spitzenleistungen eingebaut.

## 8. Die Feuerzüge und der Schornstein.

Bei der Einmauerung des Kessels und der Führung der Heizgase ist Bedacht zu nehmen auf

1. die Wärmeentziehung bis an die technisch vertretbare Grenze;
2. die Förderung des Wasserumlaufes im Kessel,
3. die Vermeidung von Zugverlusten,
4. die Zugänglichkeit der Feuerzüge,
5. die Haltbarkeit des Mauerwerkes.

1. Die Feuergase werden in Kanälen (den Flammrohren, Rauchrohren, gemauerten Feuerzügen) durch den Kessel hindurch oder um ihn herum geleitet, wobei sie den größten Teil ihrer Wärme abgeben. Die innen vom Wasser, außen von den Heizgasen bespülten Kesselwandungen nennt man die **Heizfläche** des Kessels. Nicht zur Heizfläche werden die im Dampfraum gelegenen Kesselwandungen gerechnet, auch wenn sie von den Heizgasen bestrichen werden, sowie die Heizflächen der Dampfüberhitzer und Wasservorwärmer, obgleich sie die Leistung der Kesselanlage beträchtlich steigern. **Strahlungsheizfläche** 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. **Berührungsheizfläche**. Die Heizgase geben ihre Wärme um so schneller ab, je höher ihre Temperatur über der Siedetemperatur des Wassers im Kessel liegt. Bei neuzeitlichen Kesseln bemißt man die Heizfläche so groß, daß sie die Heizgase mit 100 bis 200° Celsius über der Temperatur des Sattdampfes = Siedetemperatur des Wassers im Kessel verlassen. Dektore ist abhängig vom Dampfdruck; bei 10 Atmosphären beträgt sie 183,2, bei 29 Atmosphären 232,9° Celsius (siehe Spalte 3 Tabelle Seite 80). Die Restwärme der Heizgase nützt man in einem Rauchgasvorwärmer für das Kesselpeisewasser aus, wobei dasselbe bis nahe an seine Siedetemperatur im Kessel erhitzt werden kann.

2. Ein selbsttätiger, kräftiger **Wasserumlauf** entsteht in jedem Kessel schon dadurch, daß auf der Heizfläche über dem Rost das meiste Wasser verdampft und eine Strömung nach dieser Stelle hin auftritt, durch die der natürliche Kreislauf des Wassers im Kessel bestimmt ist und die bei der Anlegung der Heizgaskanäle nach Möglichkeit unterstützt wird. Die Feuerzüge können jedoch nicht ausschließlich nach diesen einseitigen Gesichtspunkten angelegt werden, sondern es ist auch die

Bauart des Kessels zu berücksichtigen, so daß die Anforderungen zur folgerichtigen Herbeiführung des Wasserumlaufs nicht immer streng durchgeführt sind.

Der Wasserumlauf ist bei den engrohrigen Siederohrkesseln (Abb. 58, 91, 93) zur Verhütung von Dampfstaunungen in den verhältnismäßig engen Siederohren über dem Feuer sehr wichtig. Strömt der in der untersten Rohreihe dieser 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 bekommen Beulen. Kesselsteinanfaß vermag der Wasserumlauf nicht gänzlich zu verhüten, obgleich dies vielfach behauptet wird. Durch einen kräftigen Wasserumlauf wird ferner die Verdampfung erhöht, da er die kleinen Dampfblasen fortspült, die bei ruhendem Wasser die Kesselwand in einer dichten, die Wärme schlecht leitenden Schicht überziehen.

Schließlich bewirkt der Wasserumlauf einen Ausgleich der ungleichmäßig erwärmten Wasserschichten. Das Wasser ist bei 4° Celsius am dichtesten und schwersten, dehnt sich bei der Erwärmung 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, wodurch Dehnungsspannungen auftreten, die zu undichten Nietverbindungen oder Rantenrissen in den Blechen führen können. Diese ungleichmäßige Erwärmung des Wassers im Kessel ist namentlich beim Anheizen der Zweiflammrohrkessel durch Befühlen der vorderen Stirnwand in augenfälliger Weise wahrnehmbar.

Besondere Einbauten im Kessel zur Förderung des Wasserumlaufs haben keine allgemeine Verbreitung gefunden, weil sie zumeist bei der Reinigung und Befahrung des Kessels hinderlich sind.

3. Unter **Zugverlusten** versteht man die Verminderung der Auftriebskraft der Schornsteingase. 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). Umkehranten in den Zügen sind daher gut abzurunden; Züge müssen in schlankem Bogen ineinander überlaufen. Alles Mauerwerk ist gut dicht zu halten, namentlich bei künstlichem Saugzug. Im **Essenfuchs** rechnet man je Meter Länge eine Temperaturabnahme von 3 bis 5°, so daß bei langen Kanälen die Zugverluste ziemlich erheblich werden. Feuchtigkeit darf in den Zügen und im Essenfuchs nicht vorhanden sein.

4. Die **Zugänglichkeit** der Feuerzüge ist zu ihrer bequemen Reinigung und zur Befahrung erforderlich, kann jedoch nicht immer gewahrt werden, da die Züge sonst zu weit werden. (Gilt insbesondere für die Seitenzüge der Flammrohrkessel.)

5. Das **Mauerwerk** wird aus gewöhnlichen Ziegelsteinen mit normalbilden Fugen in Kalkmörtel hergestellt. Zu empfehlen sind Glasursteine als Verblender, da sie luftdicht sind, die Wärmeausstrahlung vermindern und den Heizer zur Reinlichkeit anhalten. Wo das Mauerwerk am Kessel anliegt, ist es in Lehmörtel zu verlegen, da Kalkmörtel beim Abbinden Wasser abscheidet und Anrostungen verursacht. Aus dem Mauerwerk herausragende Kesselteile sind mit Asbestschnur abzudichten, damit das Mauerwerk beim Ausdehnen des Kessels nicht rissig wird. Auch darf es sich nicht in Wölbungen auf den Kessel stützen, sondern ist vorzutragen. Nach gesetzlicher Vorschrift müssen Trennwände zwischen nebeneinander liegenden Kesseln mindestens 34 Zentimeter dick sein. Das Kesselgemäuer muß mindestens 8 Zentimeter von den Kesselhauswänden, Säulen usw. abstehen und darf nicht zur Unterstüßung von Gebäudeteilen (auch nicht des Daches) benützt werden. Über

der Plattform eingemauerter Kessel ist, sofern ihr Betreten bei der Kesselbedienung erforderlich ist, eine verkehrsfreie Höhe von mindestens 1,8 Meter einzuhalten.

Bei Gastemperaturen von etwa 450° an sind  $\frac{1}{2}$  bis 1 Stein dicke Schamottfutter mit dünnen Fugen aus Schamottemörtel zu verwenden. Für die Auskleidung von Feuerräumen, für Hängedecken, Feuerbrücken und sonstiges der strahlenden Glut ausgefetztes Mauerwerk sind Steine von besonders hoher Feuerbeständigkeit erforderlich (Segertegel 32 und 33 = Schmelzpunkt etwa 1720°). Ihre Auswahl erfolgt nach der Erweichungs- und Schmelztemperatur der Schlacke, die nach ihrer Zusammensetzung verschieden ist und im Laboratorium ermittelt wird. Gegen die Einwirkung flüssiger Schlacke gibt es jedoch noch kein unempfindliches feuerfestes Mauerwerk; letzteres muß daher zur Verhütung des Steinangriffes durch geschmolzene Schlacke mittels Wasserrohre gekühlt werden. Die feuerfesten Steine müssen auch genügende Festigkeit gegen Druck und Formbeständigkeit bei dem wiederholten Erhitzen und Abkühlen besitzen. Gewölbe sind mit großem Stich herzustellen und gegen Beanspruchung auf Druck zu entlasten.

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 herrühren kann.

Der **Essenschieber** befindet sich in dem Essensuchs, d. i. der Verbindungskanal zwischen den Kesselzügen und dem Schornstein (Abb. 85, 94). Er besteht aus einer Eisenplatte in einem eingemauerten eisernen Rahmen. 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 Roß nach Belieben beeinflusst. Bei stark gedrosseltem Essenzug überwiegt jedoch der natürliche Auftrieb im Feuerraum die Zugkraft des Schornsteins und qualmt daher das Feuer aus den Schlitzen der Feuertüre und aus sonstigen Undichtheiten der Feuerung<sup>1)</sup>. 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. Röhrenkessel haben Drehschieber, bei denen nur die Achse durch das Mauerwerk hindurchgeht. Außerordentlich wichtig ist, daß sich der Schieber leicht bewegen läßt: Häufig ist der schwere Gang des Schiebers die Ursache dafür, daß sich der Heizer um seine richtige Einstellung nicht bemüht und **vielfach bei schlechtbedecktem Roß 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 Rauchgasvorwärmern (Economisern) nicht auf die genügende Höhe gebracht werden kann und auch die Zugstärke im Feuer vermindert wird.

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 gleichen Abmessungen. Der Gewichtsunterschied

<sup>1)</sup> Vergleiche hierzu die Ausführungen über den Regelbereich der Essenschieber bei den selbsttätigen Feuerungsreglern Seite 154 unten.

zwischen diesen beiden Luftsäulen macht die natürliche Zugkraft des Schornsteins aus. 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.

Hieraus erklärt sich auch, daß ein Schornstein nicht zieht, wenn er sich nach längerem Stillstand auf Außenluft abgekühlt hat oder seine Luft feucht und schwerer als die Außenluft geworden ist und durch ein Lockfeuer angewärmt werden muß. Die völlige Ausnützung der Wärme der Heizgase ist demnach nicht möglich. Es ist schon ein günstiges Ergebnis, wenn es gelingt, die Heizgase in einem Rauchgasvorbärmer auf 170 bis 200° Celsius abzukühlen und der Schornsteinzug dabei noch ausreichend bleibt. In ganz gut gebauten Kesselanlagen beträgt die Wärme der Essengase etwa 10 bis 15 Prozent, in gewöhnlichen Kesselanlagen etwa 20 bis 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 im Feuerraum und in den Kesselzügen eine hohe Temperatur erforderlich ist. In diesen Fällen ist es Aufgabe der Betriebsleitung, etwa durch Aufstellung eines Rauchgasvorbärmers, 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 aufgezeichnet, wozu man sich geeigneter Thermometer bedient. Aus diesen Temperaturmessungen kann dann nach der Siegertischen Formel<sup>1)</sup> der jeweilige Schornsteinverlust genügend genau berechnet werden. Die Thermometer sind entweder Quecksilberthermometer (siehe Seite 79) oder elektrische Pyrometer. Erstere sind nur für vorübergehende Messungen zu gebrauchen, während letztere auch zu dauernden Temperaturmessungen verwendet und mit einer selbsttätigen Schreibvorrichtung ausgerüstet werden.

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

### Der künstliche Zug.

Der **unmittelbare Saugzug** ist die verbreitetste Art des künstlichen Zuges. Die Heizgase werden bei demselben durch einen Ventilator aus dem Fuchs oder hinter dem Vorbärmer abgesaugt und in den Schornstein gedrückt und die Zugstärke durch Verstellen der Drehzahl des zumeist elektrisch angetriebenen Ventilators

1)  $V = 0,65 \frac{T-t}{K}$  für Steinkohle, an Stelle von 0,65 ist zu setzen bei Braunkohlenbriketts 0,72, bei Rohbraunkohle 0,95; wobei: T = mittlere Temperatur der Abgase; t = Lufttemperatur im Kesselhaus; K = der festgestellte mittlere Kohlen säuregehalt; V = Schornsteinverlust in Prozenten. In manchen Kesselhäusern sind auch besondere unter Zugrundelegung dieser Formel aufgezeichnete Rauchgasrechenchieber in Gebrauch, mit denen sich der Schornsteinverlust aus den Temperatur- und Kohlen säuremessungen schnell errechnen läßt und laufend aufgeschrieben wird.



geändert. Der Essenschieber dient in diesen Fällen dem völligen Abstopfen der Kessel und zur Regelung, wenn mehrere Kessel an eine gemeinsame Zugsanlage angeschlossen sind. Der künstliche Zug wird dort angewendet, wo man einen starken Essenzug braucht, keinen hohen Schornstein errichten will oder der vorhandene Schornstein nicht genügend zieht. Sein hauptsächlichster Vorteil beruht darin, daß man die Zugstärke und die Kofst- und Kesselleistung innerhalb sehr weiter Grenzen bequem regeln und beträchtlich erhöhen kann. Er eignet sich daher auch für Kesselanlagen mit stark schwankendem Dampfverbrauch (Elektrizitätswerke), ermöglicht eine Abkühlung der Rauchgase an Vorwärmern im Essenzugs auf 130 bis 150° Celsius gegenüber 200 bis 250° beim gewöhnlichen Schornsteinzug, ergibt daher auch unter Berücksichtigung des Kraftverbrauches für seinen Ventilator eine Kohlenersparnis und gestattet die Verfeuerung geringwertiger Brennstoffe. Die

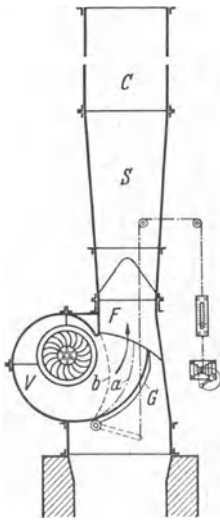


Abb. 61. Unmittelbare Saugzuganlage mit Gehäuseregulierung, Bauart Fensterbusch, der Gesellschaft für Ventilatorzug, Berlin-Charlottenburg. Mittels der Winde kann die Klappe G verstellt und der Saugzug geregelt werden. In der Stellung b ist sie geschlossen und arbeitet der Kessel mit natürlichem Zug.

Schornsteine für den Saugzug werden aus Eisen hergestellt, haben nur einen Teil des Gewichtes der gemauerten Schornsteine und sind in manchen Kesselhäusern auf dem Gemäuer des Ökonomisers oder unmittelbar auf dem Kessel, also ohne besonderes Fundament, oder dort aufgestellt, wo der Baugrund nicht durch schwere Bauten belastet werden darf (Bergwerke).

Der **mittelbare Saugzug**, bei dem Frischluft oder ein Teil der Abgase mittels eines Ventilators durch eine Düse im Schornstein geblasen und hierdurch die Heizgase (wie bei einem Injektor das Wasser) angesaugt werden, ist vornehmlich wegen seinem größeren Kraftverbrauch von dem unmittelbaren Saugzug verdrängt worden und wenig im Gebrauch.

**Dampfgebläse** zur Erzeugung von Saugzug sind an fahrbaren Lokomotiven und an Lokomotiven üblich, bestehen aus einer Düse im unteren Ende des Schornsteins und werden bei Stillstand der Maschine mit Frischdampf, sonst mit dem Abdampf der Dampfmaschine betrieben.

Der **Unterwind** als Druckzug hat durch die Verfeuerung billiger, feinkörniger, gasarmer und stark schlackender Kohle und durch die Verwendung von Hochleistungsrosten große Bedeutung und Verbreitung gefunden. (Siehe Unterwindfeuerung und Hochleistungsroste S. 41.) **Druckzug** wird (außer Saugzug) bei Schiffskesseln verwendet, indem durch Ventilatoren die tief im Schiffskörper liegenden, mit Doppeltüren luftdicht abgeschlossenen Heizräume unter einen Überdruck von 60 bis etwa 120 Millimeter W. S. gesetzt werden. Die Kofst- und Dampfleistung wird hierdurch erheblich gesteigert und zugleich der Heizraum wirksam entlüftet.

## 9. Die Aufbereitung des Kesselspeisewassers.

Das Wasser in seiner natürlichen Beschaffenheit als Brunnen- oder Flußwasser ist kein chemisch reines Wasser. Es enthält Gase und feste Bestandteile in Lösung. Letztere bestehen in zwei Gruppen, einer größeren, die **den Kesselstein** bildet, und einer wesentlich kleineren, die im Kesselwasser in Lösung verbleibt.

Der Kesselstein ist ein **schlechter Wärmeleiter**, wie auch Holz, Kork, Kieselgur,

Ruß und Luft. **Gute Wärmeleiter** sind die Metalle, also Eisen, Kupfer, Messing u. a. Beide haben im Kesselbetrieb Bedeutung. Ihre Wirkungsweise: Ist ein kühler Raum von einem von heißer Luft durchströmten Raum durch eine eiserne Wand getrennt, so wird er schnell, ist er durch eine gemauerte Wand getrennt, so wird er nur allmählich warm. Die heiße Luft gibt im ersten Falle an ihn viel, im zweiten Falle wenig Wärme ab. Dieselbe Wirkung haben Kesselblech und Kesselsteinkruste zwischen den Heizgasen und dem Kesselwasser. Der Kesselstein leitet die Wärme 20 mal so schlecht wie das Eisen. Bei 3 Millimeter Dicke verursacht er 5, bei 6 Millimeter Dicke 8 Prozent Kohlenverlust, ganz roh gerechnet. Auch kann er an der Heizfläche über dem Feuer zu Blechschäden durch Überhitzung führen. Derartige Schäden treten auch bei unreinem Speisewasser durch Schlammablagerungen auf.

Verstörend auf die Kesselbleche wirkt ferner der Gehalt des Speisewassers an Luft, Öl und Säuren.

**Die Aufbereitung des Speisewassers** ist daher eine der wichtigsten Aufgaben des Kesselbetriebes. Bei den neuzeitlichen Hochdruck- und Höchstleistungskesseln ist sie wegen der Schäden, die aus der großen Menge des anfallenden Kesselsteins und der anfressenden Eigenschaft der Gase des Wassers zu befürchten sind, unerlässlich. Sie muß sich erstrecken:

**A. auf das Rohwasser** und hierbei:

- I. auf die Beseitigung der mechanischen Verunreinigungen,
- II. auf die Beseitigung der Härte, die den Stein und Schlamm im Kessel bildet,
- III. auf die Entgasung,
- IV. auf die Entölung.

**B. auf die Pflege des Kesselwassers**, und zwar:

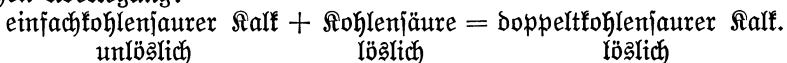
- V. auf die Einhaltung eines gewissen Alkaliüberschusses, wie Natrium, Soda, Phosphat, zum Schutze gegen Blechanfressungen,
- VI. auf die Vermeidung einer zu hohen Kesselwasserdicke, d. i. eines zu großen Salzgehaltes des Kesselwassers zum Schutze gegen Schäumen und Überfochen desselben.

Nach der jeweiligen Beschaffenheit des Rohwassers und der Art des Betriebes kann von einzelnen dieser Anforderungen abgesehen werden.

### A. Aufbereitung des Rohwassers.

**I. Die mechanischen Verunreinigungen** des Rohwassers lassen sich meistens in einem Sand- oder Kiesfilter, der mit Rückspülung versehen wird, leicht auffangen. Sind sie in geringer Menge vorhanden und ist keine Überlastung der Enthärtungsanlage zu befürchten, so können sie in derselben zugleich mit den ausgefallten Härtebildnern abgefiltert werden.

**II. Die Beseitigung der Härte des Rohwassers. Die hauptsächlichsten Kesselsteinbildner.** Das Wasser nimmt bei seinem Kreislauf in der Natur, wenn es als Regen niederfällt, Luft auf, also Stickstoff (ungefährlich), Sauerstoff und Kohlensäure, letztere auch aus der mit Pflanzenresten durchsetzten oberen Erdschicht. Es hat infolgedessen die Eigenschaft eines, wenn auch sehr schwachen Rostungs- und oder Oxidationsmittels und einer schwachen Säure. Der Kohlensäuregehalt befähigt das Wasser, gewisse an sich unlösliche Gesteinsarten, hauptsächlich den kohlensauren Kalk (Kalkstein) und die kohlensaure Magnesia (Magnesit) aufzulösen. Es enthält dann doppeltkohlensauren Kalk und doppeltkohlensaure Magnesia nach der einfachen Überlegung:



Erhitzt man solches Wasser, wie dies im Dampfkessel der Fall ist, so spaltet sich aus den mit Kohlenäure übersättigten doppelkohlenäuren Salzen die Hälfte ihrer Kohlenäure in Gasform ab, und es entstehen als **erste Gruppe** der Kesselsteinbildner die anfänglichen **einfachkohlenäuren** Salze. Diese flocen im Wasser aus und setzen sich als Schlamm oder mit anderen Härtebildnern als Kesselstein ab. Da Kalkstein und Magnesit in der Erdrinde sehr verbreitet sind, gibt es kaum ein natürliches Wasser, welches sie nicht enthält.

Die **zweite Gruppe** der Kesselsteinbildner sind **schwefelsäure** Verbindungen, und zwar der schwefelsäure Kalk (= Gips =  $\text{CaSO}_4$ ) und das schwefelsäure Magnesium (= Bittersalz =  $\text{MgSO}_4$ ). Beide sind auf der Erde ebenfalls sehr stark verbreitet und fehlen daher wohl kaum in einem Wasser. Sie scheiden nicht beim einfachen Erhitzen des Wassers, sondern, aber auch nur zum Teil, erst dann aus, wenn dasselbe infolge der Verdampfung bis zu ihrer Löslichkeitsgrenze gesättigt ist. Im übrigen werden sie in chemischer Wechselwirkung mit den kohlenäuren Kesselsteinbildnern (Gruppe 1) ausgefällt. Gips setzt sich in kochendem Wasser insoweit ab, als seine Menge mehr als 27 Gramm in 1000 Liter beträgt. Im Kessel nimmt diese Löslichkeitsgrenze mit steigender Siedetemperatur (siehe Spalte 3 Tabelle Seite 80) beträchtlich ab. Beide, namentlich der Gips, bilden eine sehr harte, festhaftende Kesselsteinkruste.

Die **dritte Gruppe** der hauptsächlichsten Kesselsteinbildner sind **kieselsäure** Verbindungen, und zwar kieselsäurer Kalk und kieselsäure Magnesia, die aus den im Wasser gelösten kieselsäuren Salzen (Natriumsilikat) nach ähnlichen chemischen Gesetzen wie Gruppe 2 der Kesselsteinbildner entstehen. Sie sind meist in geringer Menge vorhanden, ergeben aber eine besonders harte, wärmestauende und festhaftende Kesselsteinkruste, die schon in sehr dünnen Schichten zu Aufreißen in Siederohren führen kann.

Man nennt die Härtebildner der kohlenäuren Gruppe **Karbonathärte** (von Carbo = Kohle), der schwefelsäuren Gruppe **Sulfathärte** (von Sulfur = Schwefel) und der kieselsäuren Gruppe **Silikathärte** (von Silicium = Kiesel).

Die oft vorkommende rostbraune Farbe des Kesselsteins weist auf einen Eisengehalt des Speisewassers hin und ist eine Wirkung des Sauerstoffgehaltes des Bodengewässers. Sie kann aber auch von etwaigem Rost auf den Kesselblechen herrühren.

**Die Härte des Wassers** nennt man seinen Gehalt an Kesselsteinbildnern, also im wesentlichen der drei vorstehend genannten Salzgruppen des Kalces und des Magnesiums. Sie wird gemessen in Härtegraden nach der Kalk- ( $\text{CaO}$ ) und Magnesia-menge ( $\text{MgO}$ ) der Härtebildner. 10 Gramm Kalk oder, als chemisch wertgleich, 7,2 Gramm Magnesia ist ein deutscher Härtegrad =  $1^\circ \text{d. H.}$  = 1,785 französische Härtegrade. Letztere werden nach dem Gehalt des Wassers an kohlenäurem Kalk berechnet und sind bei uns nur noch selten im Gebrauch. Mit zunehmender Wassertemperatur ändert sich die Härte. Beim Kochen scheidet ein Teil derselben aus (im wesentlichen ein Teil der Karbonathärte). Man nennt diese Härte die vorübergehende, die nach dem Kochen noch vorhandene die bleibende Härte und die Härte vor dem Kochen die Gesamthärte. Dieses Verhalten der Härtebildner ist für die technische Aufbereitung des Wassers sehr wichtig. Dieselbe Wirkung wie das Kesselfeuer übt, allerdings viel langsamer, die Sonnenwärme auf das Wasser in Flüssen aus. Das Flußwasser ist daher weich, d. h. es setzt im allgemeinen weniger Kesselstein ab als Grundwasser.

### Enthärtungsverfahren.

Gewisse **pflanzliche Stoffe**, z. B. Gerbstoffe, bewirken als Zusatz zum Kesselinhalt, daß sich die Kesselsteinbildner nicht als Kruste, sondern als Schlamm ab-

setzen. Verwendet werden u. a. Fichten- und Eichenrinde, deren Sud mit Chemikalien (z. B. Ammoniaklösung und kohlensaurem Ammoniak) vermischt und in ausprobierten Mengen dem Kesselwasser beigegeben wird. Eine Petroleumemulsion macht bereits vorhandenen Kesselstein mürbe und leichter entfernbar. Die Mängel dieser Verfahren bestehen darin, daß die mitunter sehr fragliche Wirkung während des Betriebes nicht kontrollierbar ist und daß Kesselwasser und Dampf verunreinigt werden. Als Ersatz für eine Enthärtungsanlage kommen sie nicht in Frage, namentlich nicht für Mittel- und Großbetriebe.

**Die thermische Enthärtung** besteht in dem Erhitzen des Wassers unter Verwendung von Abdampf oder Frischdampf, wobei Temperaturen bis zu 80 bzw. bis nahe an die Siedegrenze von 100° Celsius erreicht werden. Sie bewirkt, daß aus dem Wasser ein Teil seiner gelösten Luft entweicht und daß die Karbonathärte verringert wird, indem die doppeltkohlen sauren Salze einen Teil ihrer Kohlen säure abspalten und z. T. in die unlöslichen einfachkohlen sauren Salze übergehen. Die übrige Härte bleibt bestehen. Die thermische Enthärtung genügt daher für sich allein nicht. Sie ist aber in Verbindung mit der chemischen Enthärtung — ausgenommen die beiden älteren, für Wassertemperaturen bis 40° Celsius berechneten Permutitverfahren — unentbehrlich, da sie deren Wirkung außerordentlich beschleunigt.

### Die chemischen Enthärtungsverfahren.

Die Enthärtung erfolgt stets außerhalb des Kessels in besonderen Apparaten, so daß Vorwärmer und Kessel nur mit gereinigtem Wasser gespeist werden. Es werden als Enthärtungsmittel verwendet:

1. Alkalien: Kalk (= Kalk); Soda und Natron,
2. Trinatriumphosphat,
3. Permutit.

Nach der Beschaffenheit des Wassers und der Art der Kesselanlage ist im jeweiligen Falle das geeignetste Verfahren zu wählen. Für alle gilt, daß sie sich gut bezahlt machen, da der Kesselsteinansatz entweder völlig vermieden oder ganz erheblich verringert wird und der Kessel viel seltener gereinigt und nur ausgespült zu werden braucht. Bei einem Zweiflammrohrkessel von 100 Quadratmeter Heizfläche betragen die Aufwendungen, falls durchschnittlich 2 Kilogramm Soda täglich verbraucht werden, etwa 100 Reichsmark jährlich, d. i. wesentlich weniger als die Kosten einer einmaligen Kesselreinigung durch Ausklopfen. Selbstverständlich ist hierbei je nach der Menge und Härte des Speisewassers mit Abweichungen zu rechnen.

Die beiden Verfahren 1 und 2 sind Ausfällungsverfahren, bei denen die Härtebildner durch die Enthärtungsmittel als Schlamm ausgefällt werden. Die erforderlichen Chemikalienmengen werden in jedem Einzelfalle auf Grund einer chemischen Untersuchung des Rohwassers, seiner vorübergehenden und bleibenden Härte, nach dem täglichen Speisewasserverbrauch, dem Reinheitsgrad der Enthärtungsmittel, unter Zugabe eines erforderlichen Überschusses derselben angenähert errechnet und in einer Versuchsanlage im Laboratorium an einer Wasserprobe praktisch nachgeprüft. Das Ergebnis wird dem Wärter mitgeteilt, ist aber nicht feststehend, da die Zusatzmengen der Enthärtungsmittel nach den Ergebnissen der täglich vorzunehmenden Wasseruntersuchungen im Betriebe zu bemessen sind und mit der schwankenden Härte des Wassers geändert werden müssen.

**1. Das Kalk-Soda-Verfahren** ist am weitesten verbreitet. Das Rohwasser wird zunächst in einem über dem großen Enthärtungsbehälter befindlichen Stufenvorwärmer, in dem es über stufenförmig übereinander angeordnete Bleche fällt, mit Abdampf oder Frischdampf auf etwa 80° Celsius angewärmt. Dieses Anwärmen

erfolgt mitunter auch unmittelbar im Enthärtungsbehälter. Das Wasser wird hierbei bei seiner Temperatur entsprechend teilweise thermisch entgast und enthärtet. Dem heißen Wasser werden hierauf Kalk und Soda in Lösung zugefetzt. Der Kalk nimmt hierbei die beim Anwärmen des Wassers frei gewordene Kohlenäure, soweit sie bei der Entgastung nicht entwichen ist, sowie aus dem Rest des doppelkohlensauren Kalkes die Hälfte und aus dem Rest der doppelkohlensauren Magnesia die gesamte Kohlenäure auf und scheidet diese Härtebildner als Schlamm aus. Der Kalk selbst wird ebenfalls zu unlöslichem Schlamm. Die Soda fällt die übrigen Härtebildner, den schwefelsauren Kalk (Gips) und die schwefelsaure Magnesia, als unlöslichen Schlamm aus und geht selbst in schwefelsaures Natrium (Glaubersalz) über, das im Speisewasser in Lösung verbleibt und mit in den Kessel gelangt. Die kohlen-sauren Salze vermag sie nicht unmittelbar auszuscheiden, da sie selbst ein solches Salz ist ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Soda}$ ). Beim Kalk-Soda-Verfahren wird auch die Kieselsäure des Rohwassers z. T. als Kalksilikat ausgeschieden oder als Natriumsilikat in Lösung gehalten.

Unter **Kalk** ist hier Kalk zu verstehen. Er wird beim Brennen des in Steinbrüchen gewonnenen Kalksteines erzeugt, dient auch zur Mörtelbereitung und ist das billigste Fällungsmittel für die doppelkohlensauren Härtebildner. Er ist zunächst in einem hierzu vorhandenen Abteil des Enthärtungsapparates durch allmähliche Zugabe kleiner Wassermengen zu einem Pulver zu lösen, hierauf gegen Luftzutritt schnell mit Wasser zu überbeden, mit einer Krücke zu einem gleichmäßigen Brei zu verrühren und dann in den Kalkfäß abzulassen. Hier wird er zu gesättigtem Kalkwasser gelöst, das dem Enthärtungsbehälter in selbsttätig geregelter Menge zugeführt wird. Er ist in kaltem Wasser in nahezu doppelter Menge löslich wie in heißem und daher auch mit kaltem, also nicht mit vorgewärmtem Wasser zuzubereiten. Er muß ferner unter Luftabschluß aufbewahrt werden, da er, wie wir aus dem Enthärtungsvorgang ersehen, sehr leicht Kohlenäure auch aus der Luft aufnimmt, worauf auch die Erhärtung des Kalkmörtels und sein natürliches Vorkommen als Kalkstein beruhen.

Die **Soda** ist ihrer besseren und reichlicheren Löslichkeit halber in heißem Wasser zu lösen. Kalzinierte Soda (von „Brennen“ wie Kalk) ist scharf getrocknete, wasserfreie Soda, im Gegensatz zur Kristallsoda, die etwa 50 Prozent Kristallwasser enthält und daher annähernd nur die halbe Wirkung der kalzinierten Soda hat, dafür aber entsprechend billiger ist.

Damit das Wasser möglichst weitgehend enthärtet wird, müssen Kalk und Soda in einem je 10- bis 20prozentigen Überschuß zugefetzt werden, so daß im gereinigten Wasser noch unverbrauchte Kalk- und Sodamengen vorhanden sind, die in das Kesselwasser gelangen. Das mit Kalk und Soda versetzte Wasser darf den Reiniger nicht zu schnell durchlaufen, weil sich sonst die Umsezung nicht völlig vollziehen kann und die Enthärtung unter Schlammbildung im Kessel sich fortsetzt. Der Reiniger faßt daher das Doppelte bis Dreifache des durchschnittlichen zweistündigen Wasserverbrauches. Sein unterer Teil hat die Form eines Kegels, in dessen Spitze sich der ausgefällte Schlamm zum großen Teil absetzt und an der eine Abfläuleitung mit einem Hahne angebracht ist. Der sonstige vom enthärteten Wasser mitgeführte Schlamm wird in einem Filter aufgefangen und aus diesem mittels Spülung nach Bedarf täglich entfernt. Die Spülung besteht in einem Rohranschluß an die Rohwasserleitung, die im Gebrauchsfalle das Rohwasser kurze Zeit, bis das Spülwasser klar abläuft, meist in umgekehrter Richtung wie das enthärtete Wasser durchfließt. Während der Spülung ist das enthärtete Wasser vom Filter abzusperrn.

Der Enthärtungsapparat wird in die Saugleitung der Speisepumpe eingeschaltet. Er steht still und arbeitet entsprechend dem jeweiligen Gange der Pumpe.

Erreicht wird dies durch Absperrventile, die von Schwimmern auf dem Wasserspiegel des Enthärtungsapparates selbsttätig geöffnet und geschlossen werden und immer nur so viel Wasser in den Enthärtungsapparat strömen lassen, wie die Speisepumpe befördert (vgl. Abb. 63).

**2. Das Natrium-Soda-Verfahren.** Natrium, auch kaustische (= ätzende) Soda, in Lösung Natronlauge genannt, kann bei der Enthärtung des Wassers an Stelle des Kalkes verwendet werden, da es wie dieser die Eigenschaft hat, gering Kohlensäure aufzunehmen. Es beseitigt daher auch wie der Kalk die kohlensauen Härtebildner als Schlamm. Hierbei setzt sich das Natrium durch die Kohlensäureaufnahme im Enthärtungsapparat zu einem löslichen Salz, zu kohlensaurem Natrium, d. i. zu Soda um, während, wie wir sahen, der Kalk zu unlöslichem kohlensaurem Kalk wurde. Die Folge ist, daß beim Enthärten mit Natrium weniger Schlamm entsteht und ferner, daß die Enthärtung weniger Soda bedarf. Trotzdem das Natrium gegenüber dem Kalk den Vorzug der leichteren Löslichkeit hat und der Enthärtungsapparat durch den Wegfall des Kalkfällers einfacher wird, ist die Verwendung des Kalkes wegen seiner Billigkeit üblicher. Nur bei Wässern mit nicht allzuhoher kohlensauer Härte, etwa bei Flußwasser, wird es wegen seines alsdann geringeren Bedarfes an Stelle des Kalkes verwendet.

Die Soda wirkt hauptsächlich wie beim Kalk-Soda-Verfahren.

**3. Das Natrium-Verfahren.** Natrium kann auch für sich allein verwendet werden, wenn die Soda, die sich im Enthärtungsapparat aus dem Natrium bildet, zur Ausfällung der schwefelsauren Härtebildner ausreicht. Dieser Fall tritt ein, wenn die Gesamthärte annähernd zu gleichen Teilen aus kohlensauen und schwefelsauren Salzen besteht, vorübergehende und bleibende Härte also ziemlich einander gleich sind. Ist letztere größer, so genügt die beim Enthärtungsvorgang entstehende Sodamenge nicht mehr zur Ausfällung der bleibenden Härte, und die ausschließliche Behandlung des Rohwassers mit Natrium ist nicht mehr ausreichend.

**4. Das Soda-Verfahren mit Rückführung des Kesselwassers.** Die Soda fällt (siehe Kalk-Soda-Verfahren) nur die schwefelsauren, nicht auch die kohlensauen

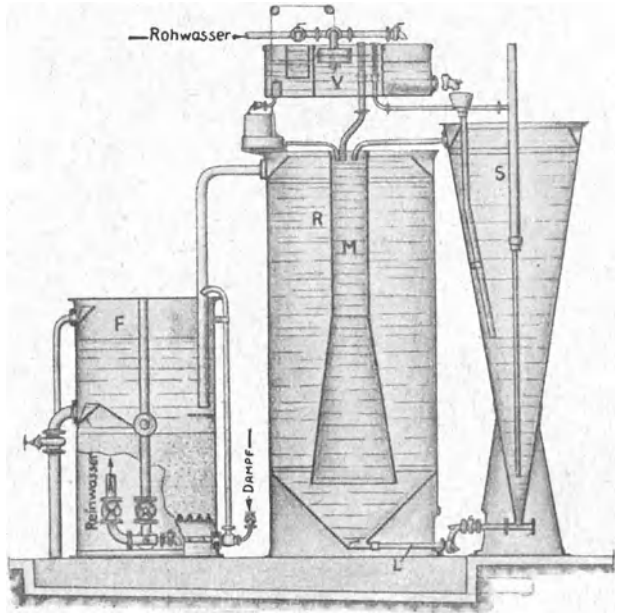


Abb. 62. Kalk-Soda-Enthärtungsapparat von Hans Reiser & Co., G. m. b. H., Köln. Das Rohwasser fließt durch den Verteiler V hindurch in das Mischrohr M. Links von seinem Mündungsrohr kommt die Sodaulösung, rechts das Kalkwasser aus dem Kalkfälliger S hinzu. R = Reaktionsbehälter. F = Filter, teilweise im Schnitt und in Ansicht gezeichnet, aus dem das Reinwasser abfließt. Die Dampfleitung wird beim Auswaschen des Filters benutzt. Links und rechts von V der Soda- bzw. der Kalkbehälter. Unter dem Sodabehälter befindet sich der Zumeßer mit einem Siphonröhrchen, das vom Schwimmer in V bei wechselndem Rohwasserzufluß gesenkt und gehoben wird und hierdurch den Sodazufuß nach M regelt.

Härtebildner aus, kann daher als alleiniges Enthärtungsmittel verwendet werden, wenn die kohlensauren Härtebildner fehlen, was aber kaum vorkommt. Sie reichert sich aber, wenn sie im Überschuß angewendet wird, im Kesselwasser an und spaltet sich in Ägnatron um. Die Spaltung nimmt mit steigendem Kesseldruck zu und ist bei 50 Atmosphären beendet. Das Ägnatron wird in einer Rückführungsleitung von der tiefsten Kesselstelle aus in den Enthärtungsapparat geleitet, wo es die Ausscheidung der kohlensauren Härtebildner übernimmt. Da jedoch die Ableitung des Ägnatrons aus dem Kessel in den Enthärtungsapparat nur zum Teil gelingt, ist namentlich bei Rohwasser mit großer kohlensaurer Härte damit zu rechnen, daß diese erst im Kessel ansammelt und infolgedessen sich Schlamm und Kesselstein im Kessel ansammeln. Das Verfahren wird daher nur bei Wässern mit geringer kohlensaurer Härte, etwa bei sehr weichen Flußwässern, angewendet (Abb. 63<sup>1)</sup>).

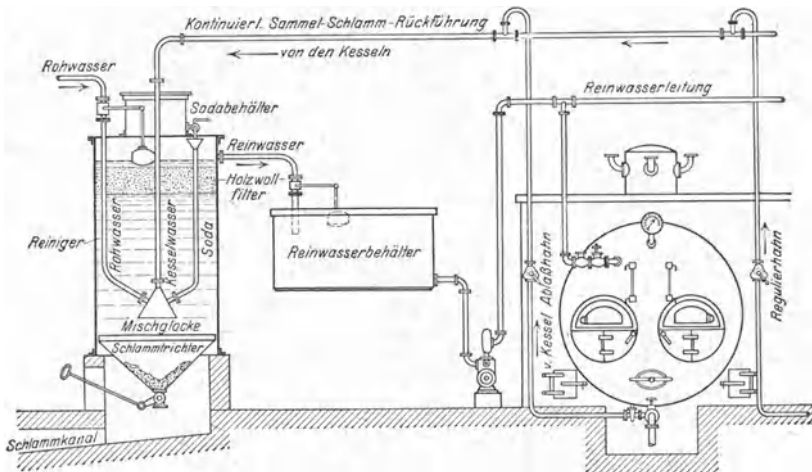


Abb 63. Der Nedar-Reiniger von Philipp Müller G. m. b. H., Stuttgart, für 2 Dampfkessel nach dem Sodaverfahren mit Rückführung des soda- und ägnatronhaltigen Kesselschlammes in den Enthärtungsapparat. Der 2. Kessel ist nicht mitgezeichnet.

**5. Das Trinatriumphosphat-Verfahren.** Bei demselben werden die kohlensäure- und schwefelsauren Härtebildner sowie Eisen- und Tonerdehydrate fast restlos beseitigt und die kiesel-sauren Härtebildner in leicht lösliches Natriumsilikat übergeführt, das auch bei starker Anreicherung keinen Kesselstein bildet. Es wird häufig, aber wegen seines höheren Preises meist nur als Zusatzverfahren angewendet, indem man das Wasser mit Kalk, Ägnatron oder Soda auf etwa 3 bis 4° vorenhärtet und die Resthärte mit Trinatriumphosphat beseitigt. Für nicht allzu hartes Wasser wird es auch allein verwendet.

**6. Das Permutit-Verfahren.** Permutit ist ein grauer, feinkörniger chemischer Filterstoff mit einem Natriumgehalt, in jahrelanger Forscherarbeit entstanden (Erfinder: Prof. Dr. Gans) und stetig verbessert worden. Neuer ist das Neopermutit mit kürzerer Spülzeit. Das Verfahren gleicht einer einfachen Filtration des Rohwassers, wobei das Kalzium und Magnesium der Härtebildner vom Permutit aufgenommen werden, Kalk- und Magnesiumpermutit bilden und das Natrium des Permutits als leicht lösliches doppeltkohlensäure- und schwefelsaures Natrium in das

<sup>1)</sup> Abb. 63 ist aus „Stumper, Speisewasseraufbereitung“, Berlin, Julius Springer, entnommen.

Kesselwasser übergeht. Die Härte wird hierbei bis auf geringe Spuren entfernt. Hat der Filterstoff seinen Natriumgehalt größtenteils gegen das Kalzium und Magnesium der Härtebildner ausgetauscht (lateinisch: permutiert), so ist er annähernd erschöpft, liefert kein völlig enthärtetes Wasser mehr und muß durch Entfernung des aufgenommenen Kalziums und Magnesiums wieder betriebsfähig gemacht (regeneriert) werden. Dies geschieht, indem man eine Kochsalzlösung durch das Permutitfilter hindurchlaufen läßt, was ungefähr eine Stunde dauert und den Filter befähigt, das Rohwasser wieder wie zuvor zu enthärten.

Die Natriumverbindungen sammeln sich im Kesselwasser an. Das doppeltkohlensaure Natrium verwandelt sich hierbei unter Abspaltung der Hälfte seiner Kohlensäure in einfachkohlensaures Natrium, d. i. Soda, und letztere, namentlich bei hohen Drücken, in Natrium und Kohlensäure. Zur Verhütung eines zu hohen Salz- und Alkaligehaltes, der zum Schäumen und Spucken des Kesselwassers und zu Überhitzer- und Turbinenversalzungen führen kann, ist ein bestimmter Teil des Kesselwassers zeitweise oder dauernd abzulassen (siehe auch Natronzahl und Entsalzung Seite 72).

Das seit ein oder zwei Jahren angewendete **Wasserstoffpermutit** liefert ein wesentlich salzärmeres und alkalifreies Speisewasser, macht das Ablassen des Kesselwassers entbehrlich und wird in Mischung mit dem Natriumpermutit verwendet, wodurch die auftretenden Mineral Säuren (Schwefel- und Salzsäure) unschädlich (neutralisiert) werden. Diese Neutralisation kann aber auch durch Zusätze von Soda und Natrium, durch säurebeständige Permutitfilter u. a. erfolgen. Die Wiederauffrischung (Regenerierung, Ausspülung) des erschöpften Wasserstoffpermutitfilters geschieht mit Salz- oder Schwefelsäure, mit Säure und Kochsalz oder mit Kochsalz allein. Der Gasgehalt des Speisewassers (Kohlensäure, Sauerstoff) wird entweder auf kaltem Wege durch Veriefelung oder durch Erhitzen des Wassers auf Siedetemperatur beseitigt. Bei dem Wasserstoffpermutit kann die Wassertemperatur bis zu 80° Celsius betragen.

Jedes Permutitfilter hat eine bestimmte Leistungsfähigkeit (Kapazität). Ist beispielsweise eine Permutitanlage für die Enthärtung von 75 Kubikmeter Wasser von 20° Härte gebaut, so wird die Leistungsfähigkeit ausgedrückt durch die Zahl  $75 \times 20 = 1500$ . Nimmt die Härte des Wassers auf 15° ab, so können bis zur nächsten Regenerierung (Aus-

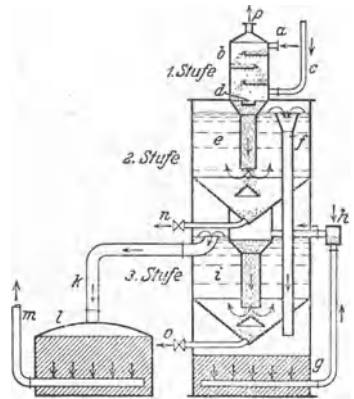


Abb. 64<sup>1)</sup>. Wasserreinigungsapparat Walde. 1. u. 2. Stufe: Eintritt des Rohwassers bei a, des Heizdampfes bei c, der Natriumlauge im Mischer bei d. Das Wasser wird in b und e hochangewärmt, entgast und vorentkärtert. 3. Stufe: Das Wasser fließt durch f und den Vorfilter g hindurch nach h, wird hier mit Trinatriumphosphat gemischt, in i von der Resthärte befreit und in l gefiltert. p = Entlüftung, n und o = Saugleitventile der Kesselpumpe.

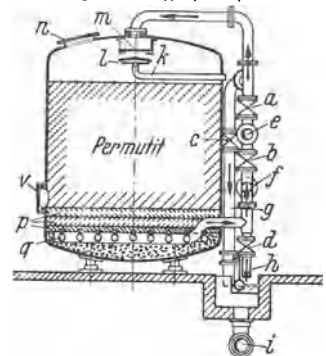


Abb. 64a. Geschlossenes Permutitfilter. a, b, c, d = Absperrventile für Roh- und Spülwasser, e = Rohwassereintritt, f = Weich-, g = Spülwasseraustritt, h = Entleerung, i = Spülwasserabfluß, k = Salzlösungseintritt, l = Verteilungsteller, m = Pressplatte, p = 3 Riesel-schichten, q = Verteilungsrohrnetz.

<sup>1)</sup> Abb. 64 ist aus „Doppel, Taschenbuch des Maschinenbaues“, Berlin, Julius Springer, entnommen.



(Spülung)  $1500 : 15 = 100$  Kubikmeter Wasser enthärtet werden. Steigt die Härte auf  $25^\circ$ , so ist die zulässige Wassermenge auf  $1500 : 25 = 60$  Kubikmeter zu verringern. Steht die Laufzeit zwischen zwei Regenerierungen fest, können letztere etwa nur während einer bestimmten Betriebspause vorgenommen werden, so muß die Menge des Regenerierfalzes der steigenden oder fallenden Rohwasserhärte angepaßt werden. Beträgt sie beispielsweise für 50 Kubikmeter Wasser und  $14^\circ$  Rohwasserhärte 48 Kilogramm, so kann sie bei  $10^\circ$  Härte auf  $10 \cdot 48 : 14 = 34,3$  Kilogramm verringert werden. Der Heizer muß demnach etwa stündlich Menge und Härte des verbrauchten Rohwassers aufschreiben, die beiden Zahlen miteinander multiplizieren, die Produkte zusammenzählen und das Permutitfilter nach Er-

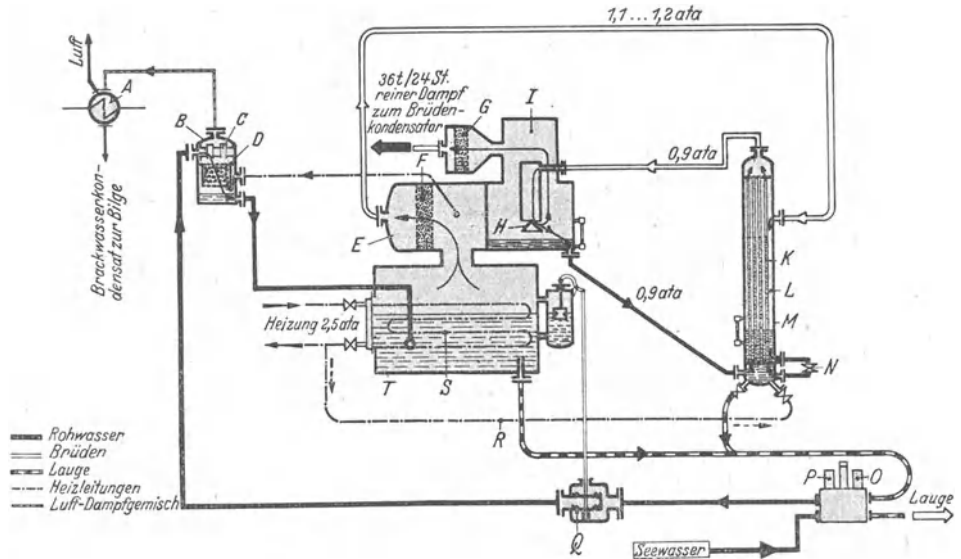


Abb. 65<sup>1</sup>). Schema des zweistufigen Atlas-Verdampfers. (In Gebrauch auf den Schnelldampfern „Scharnhorst“ und „Gneisenau“ des Norddeutschen Lloyd.)

Pumpe P pumpt das Seewasser durch den Entgäfer B hindurch in den Erstverdampfer T. Der hier erzeugte Dampf wird im Filter F filtriert und in den Zweitdampfer M geleitet, wo er die Verdampfungsröhre K auf ihrer Außenseite umspült und hierdurch das in denselben befindliche Destillat verdampft. Der Dampf aus diesem Destillat scheidet im Wasserabscheider H seinen Wassergehalt ab und strömt durch das Filter G hindurch zum Brüdenkondensator. Das Kondensationswasser, welches sich aus dem Dampf des Erstverdampfers T auf der Außenseite der Verdampfungsröhre K des Zweitverdampfers niederschlägt und sich in letzterem anammelt, wird durch das Drosselventil N hindurch in die untere Vorlage des Zweitverdampfers M abgeleitet, in die auch das Wasser aus dem Wasserabscheider H gelangt. Mittels Pumpe O wird die Hälfte des in den Erstverdampfer T gespeisten Seewassers laufend als Lauge über Bord gepumpt. R = Heizdampfleitung. Q = schwimmerbetätigtetes Regelventil. Durch die zweistufige Verdampfung wird auch bei zeitweiligem Aufwallen des Wassers im Erstverdampfer, wie dies bei wechselnden Belastungen vorkommt, ein sehr reines Destillat erzielt. Letzteres erhält nach Erfordernis noch einen geringfügigen Zusatz von Trinatriumphosphat, um die Härte im Kessel unter  $0,2^\circ$  zu halten.

reichung seiner Leistungszahl regenerieren oder die Menge des Regenerierfalzes in der angegebenen Weise bemessen.

Stark schlammhaltiges Wasser ist vor der Enthärtung im Permutitfilter in einem Sand- oder Kiesfilter vorzureinigen.

<sup>1</sup>) Aus Zeitschrift „Werft, Reederei, Hafen“ 1936, Heft 6. Berlin, Julius Springer, entnommen.

**Destilliertes Wasser** wird in Großkraftanlagen und auf Seedampfern zur Kesselspeisung verwendet. Bei hartem Wasser wird dem Verdampfer zur Verhütung der Kesselsteinverkrustung eine chemische Enthärtung vorgeschaltet. Die Anschaffungskosten einer Destillieranlage und ihre laufenden Kosten sind ziemlich hoch. Das in den Dampfturbinen anfallende Kondensat wird daher sorgfältig aufgefangen und nur der unvermeidliche Verlust durch destilliertes Wasser ersetzt. Letzteres ist zwar sehr rein, ist aber gut gegen Luftzutritt zu schützen, sollen Blechanfreisungen durch Sauerstoff vermieden werden. Auch hat es den Nachteil der fehlenden Alkalität zum Schutze vor derartigen Schäden (siehe Natronzahl Seite 72).

**III. Die Entgasung des Speisewassers.** Gase sind hier Sauerstoff und Kohlensäure, die bei der Verdampfung im Kessel aus dem Wasser entweichen. Der Sauerstoff kann zu Anrostungen führen, wobei die Kohlensäure fördernd wirkt. Beide sind als Bestandteile der Luft in jedem natürlichen Wasser vorhanden. Im Kesselwasser kommt noch die Kohlensäure hinzu, die sich aus den doppelkohlensaurigen Salzen abspaltet. Mit Kalk, Natron und Soda enthärtetes Wasser hat keine oder wenig Kohlensäure, da sie beim Enthärtungsvorgang gebunden wird. Der Gasgehalt wird durch die Erwärmung des Wassers im Reiniger vermindert, aber nicht beseitigt. Erst kochendes Wasser vermag keine Gase in Lösung zu behalten. Das sicherste Entgasungsmittel ist daher die Erhitzung des Wassers auf Siedetemperatur. Verwendet werden hierbei Abdampf, Frisch- oder Anzapfdampf. Unter Druck ist Wasser schwerer entgasbar. Im Entgaser wird deshalb mit einem Unterdruck gearbeitet, wobei die Kochtemperatur wesentlich unter 100° Celsius zu liegen kommt. Den Unterdruck erzeugt eine Vakuum- oder Wasserstrahlpumpe. Die von ihr angesaugten Gase werden in einem in ihre Saugleitung eingebauten Vorwärmer für das kalte Rohwasser kondensiert. Das Kondensat fließt in den Rohwasserbehälter; die Gase gehen mit dem Ausstoß der Vakuumpumpe ins Freie.

Beim Fehlen eines besonderen Entgasungsapparates ist das Speisewasser zu seiner Entgasung im Kessel ungefähr in Höhe des normalen Wasserstandes einzuführen (Hochspeisung) und in einen offenen Trog ausmünden zu lassen, über dessen Seitenwände hinweg es in den Wasserraum tritt und schnell auf Siedetemperatur gebracht wird. Die Gase entweichen dann sofort mit dem Dampf aus dem Kessel und werden von der Luftpumpe des Kondensators der Dampfturbine abgesaugt.

Andere Entgasungsverfahren bedienen sich chemischer Mittel (Natriumsulfit) zur Bindung des Sauerstoffes im Kesselwasser oder der mechanischen Entlüftung (Windkessel in der Speiseleitung mit selbsttätiger Entlüftung durch Schwimmerventile u. a.).

Zur Verhütung des außerordentlich rasch geschehenden Aufsaugens von Luft in entgastem Wasser müssen Saugleitungen und Stopfbuchsen der Speisepumpen möglichst vermieden oder luftdicht abgeschlossen werden. Auf den Wasserspiegel der Sammelbehälter wird eine Dampfschicht gelegt oder derselbe mittels einer mit Düsen versehenen Dampfleitung unter dem Wasserspiegel (DRP. Babcock) auf Siedetemperatur gehalten. Hierdurch wird auch das Aufsaugen von Luft beim Fallen des Wasserspiegels verhindert.

**IV. Die Entölung des Speisewassers.** Öl im Kesselwasser verdickt zu einer schwärzlichen, wasserundurchlässigen Kruste, unter der die Bleche erglühen und ausbeulen können. Ölhaltiges Speisewasser ist häufig das aus dem Kondensator der Dampfmaschine mit etwa 40° Celsius ablaufende Einspritzwasser. Dasselbe ergibt zweifellos eine Kohlenersparnis. Es muß aber vorher sorgfältig entölt werden. Dampfsentöler in der Abdampfleitung der Dampfmaschine, die in erster Linie zur Rückgewinnung des Zylinderöles eingebaut werden, vermindern den Ölgehalt des Wassers für den Kesselbetrieb meist nicht genügend. Dies gilt auch für Klärbehälter

mit Koksfilter (Abb. 66), weil das Öl in emulgierten, d. i. in sehr fein verteiltem Zustand in dem milchig getrübten Wasser vorhanden ist. Aus dieser Emulsion kann es durch Zugabe von gelöstem Aluminiumsulfat (schwefelsaure Tonerde) ausgeflockt oder in Filtern mit einer besonders behandelten Kohle, Aktivkohle, festgehalten werden. Die Aktivkohle wird zwischen zwei Kiesfiltern, ähnlich wie das Permutit, gelagert und ist nach Sättigung mit Öl zu erneuern.

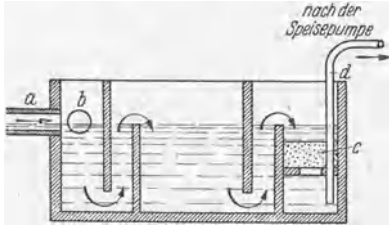


Abb. 66<sup>1)</sup>. Behälter mit Filter zum Entölen des Speisewassers. b = Überlaufrohr, c = Filter, d = Saugleitung.

1000 liegen, kann aber bei Kesseln niedrigen Druckes und geringer Dampfleistung noch kleiner sein. Bei zu hohen Werten sind Schäumen und Überreißen des Kesselswassers zu befürchten. Der von der Soda ausgeübte Schutz ist geringer als der des Natriumcarbonats. Erst 4,5 Teile Soda haben dieselbe schützende Wirkung wie ein Teil Natriumcarbonat. Die Natronzahl errechnet sich daher wie folgt:

$$\text{Natronzahl} = \text{Natriumcarbonat} + \frac{\text{Soda}}{4,5} \text{ in g/cbm oder mg/l.}$$

Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Trinatriumphosphat kann sie auf 200 ermäßigt werden. Ihre Ermittlung siehe Seite 76. Ist sie zu hoch, so ist ein Teil des Kesselswassers zeitweilig oder laufend abzulassen. Andernfalls ist Natronlauge zuzugeben, was auch bei der Neufüllung des Kessels angebracht ist, um von vornherein den nötigen Kesselschutz gegen Rostangriff zu haben.

**VI. Die Entsalzung des Kesselswassers.** Der Salzgehalt des Kesselswassers besteht aus Salzen, die schon von Haus aus im Rohwasser enthalten sind und bei der chemischen Enthärtung unverändert bleiben, ferner aus den Überschlüssen der Enthärtungsmittel und schließlich aus den löslichen Salzen, die beim Enthärtungsvorgang entstehen und mit dem Reinstwasser in das Kesselswasser übergehen (Glaubersalz). Dadurch, daß der Dampf aus dem Kessel nur Wasser, aber kein Salz fortführt, andererseits aber mit dem Speisewasser immer mehr Salze in den Kessel gelangen, wird das Kesselswasser immer salzreicher, dichter, dickflüssiger und schwerer. Zu hoher Salzgehalt kann einen Siedeverzug mit plötzlichem Aufwallen und Fortreißen großer Kesselswassermengen, Beschädigung und Salzverkrustung der Turbinenbeschaukelung zur Folge haben, und namentlich bei hohen Drücken, zerstörend auf die Kesselleche einwirken. Er darf daher einen gewissen Höchstwert nicht überschreiten. Bei zu großer Dichte ist ein Teil des Kesselswassers abzulassen. Näheres siehe Bestimmung der Kesselswasserdichte, Seite 77.

**VII. Die Schlammrückführung aus dem Kessel** dient der Nugharmachung des Überschusses der Enthärtungsmittel und der Verminderung des Chemikalienverbrauches und der Schlammansammlung im Kessel. Sie setzt außerdem die Natronzahl und den Salzgehalt des Kesselswassers herab. Bleiben diese trotzdem noch zu hoch, so ist ein Teil des Kesselswassers unmittelbar abzulassen. Die Wärme dieses

<sup>1)</sup> Nach Angabe des Sächs. Dampfkessel-Überwachungs-Vereins, Chemnitz.

Abflusses kann selbstverständlich in einem Röhrenvorbärmer für das Rohwasser bis zur technisch möglichen Grenze nutzbringend gebunden werden (Abb. 63).

Die Rückführung besteht in einem Rohr von etwa 25 Millimeter Durchmesser, das vom Abbläskutzen des Kessels abzweigt und in den Enthärtungsapparat mündet. Es erhält zur Regelung des Abflusses ein Drosselventil und mitunter zur Mengenüberwachung noch einen Strömungsmesser. Das Drosselventil ist bei Betriebsstillstand zu schließen.

### Die laufende Untersuchung des Wassers

muß sich erstrecken auf:

1. das Rohwasser,
2. das enthärtete Rohwasser (das Speisewasser),
3. das Kesselwasser,
4. das Kondensat.

Die Härte des Rohwassers ändert sich nach lang andauernder Trockenheit und Nässe. Der Heizer muß daher sie sowie die Härte des Speisewassers regelmäßig täglich

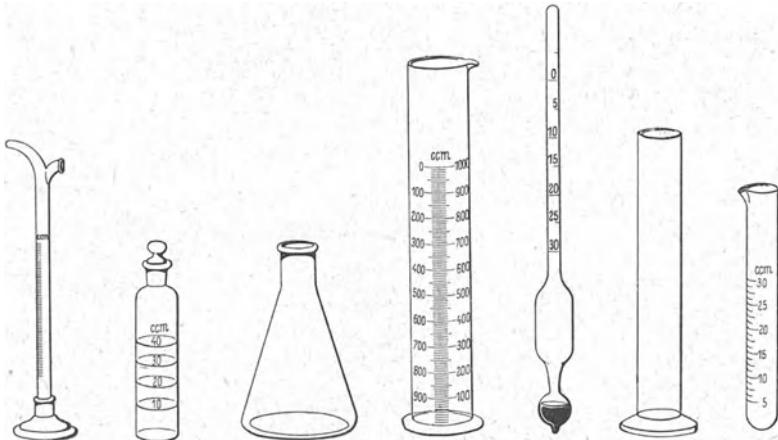


Abb. 67—73. Glasgeräte zur Wasseruntersuchung.

feststellen und die Menge der Enthärtungsmittel entsprechend ändern. Bei Anfressungen der Kesselbleche ist, was häufig nicht genügend beachtet wird, **in erster Linie das Kesselwasser** zu untersuchen, denn dieses verursacht die Blechschäden und hat infolge seines höheren und andersartigen Salzgehaltes andere chemische Eigenschaften als das Speisewasser.

### Untersuchungsanweisungen.

Die nachstehenden Verfahren sind einige der sog. Schnellverfahren, die mit ausreichender Genauigkeit von der Kesselhausbedienung gehandhabt werden können und für kleine und mittlere Betriebe genügen. Grapt und ausführlich sind „die Einheitsverfahren der physikalischen und chemischen Wasseruntersuchung“ (Berlin 1937).

Abb. 67 = Meßröhre oder Tropfbürette mit Teilung mit oben liegendem Nullpunkt. Über letzterem befindet sich eine Marke für die Auffüllgrenze für die Seifenlösung. Die Teilung bezieht sich auf Härtegrade; außerdem ist eine Teilung nach Kubikzentimetern vorhanden.

Abb. 68 = Schüttelflasche zur Härtebestimmung, etwa 80 Kubikzentimeter Inhalt, Teilstriche bei 10, 20, 30 und 40 Kubikzentimetern.

- Abb. 69 = Erlemeyerkolben, dessen Form das Herauspritzen des Inhaltes beim Umschütteln verhütet.
- Abb. 70 = Meßzylinder zur Kalkwasserprüfung, wird auch mit eingebautem Thermometer geliefert.
- Abb. 71 = Dichtemesser=Aräometer (Schweremesser), Beaumespindel, zur Bestimmung der Kesselwasserdichte, wird auch mit eingebautem Thermometer geliefert.
- Abb. 72 = Zylinder zum Dichtemesser.
- Abb. 73 = Probierringlas.

**Chemikalien:** eine Vorratsflasche Seifenlösung, zwei kleine Flaschen (etwa je  $\frac{1}{4}$  Liter) für Phenolphthalein- und Methylorangelösung, eine Flasche (etwa  $\frac{1}{2}$  Liter) mit  $n/10$ , d. i. zehnfach verdünnter Normal-Salzsäure, eine Flasche (etwa  $\frac{1}{2}$  Liter) Chlorbariumlösung, eine Flasche (etwa 1 Liter) destilliertes Wasser, rotes und blaues Lackmuspapier.

**Seifenlösung:** Die zur Härtebestimmung des Wassers benützte alkoholische Seifenlösung nach Boutron und Boudet hat eine ganz bestimmte Zusammensetzung, deren Wirkungswert an einem Kalksalz (einem Härtebildner) so festgesetzt ist, daß eine bestimmte Menge der Seifenlösung einer bestimmten Kalkmenge entspricht (10 Gramm Kalk in 1 Kubikmeter Wasser = ein deutscher Härtegrad). Sie floßt in dem Wasser, wie an dessen Trübung zu erkennen ist, die Härtebildner als unlösliche Kalkseife aus, und erst dann, wenn dieselben sämtlich ausgefällt sind, entsteht ein bleibender Schaum. Sie ist luftdicht verkorkt bei Zimmertemperatur aufzubewahren. In der Kälte trübt und verändert sie sich durch auscheidende Seife, die vor der Vornahme der Härteprüfung des Wassers durch vorsichtiges Anwärmen und Umschütteln zu lösen ist.

**Phenolphthalein und Methylorange** sind Färbemittel. Sie zeigen durch eine bestimmte Farbe das Vorhandensein gewisser Stoffe an, ohne jedoch diese zu verändern, und heißen deshalb auch Indikatoren = Anzeiger. Phenolphthalein wird in alkoholischer Lösung von 1: 100, Methylorange in wäßriger Lösung von etwa 1: 500 verwendet. Phenolphthalein wird durch Alkalien (Kalk, Natron, Soda) rot gefärbt, gegen Säuren bleibt es farblos. Ein alkalisches, durch Zusatz von Phenolphthalein rot gefärbtes Wasser kann daher durch Zugabe von Salzsäure enttrötet werden. Aus der Menge der hierbei verbrauchten Salzsäure ergibt sich die Menge der vorhanden gewesenen Alkalien. Dieses mengenmäßige Feststellen des Gehaltes einer Lösung an einem bestimmten Stoff nennt man titrieren. Zur Nachprüfung auf zu großem Säureverbrauch kann man das enttrötete Wasser mit einigen Tropfen Natronlauge versehen, wobei das Rot wieder erscheinen muß. Waren viel Natrontropfen hierzu erforderlich, so war zuviel Säure zugesetzt worden. Phenolphthalein verträgt auch heiße Lösungen.

Methylorange färbt säurehaltiges (kurz saures) Wasser rot, in alkalischem bleibt es gelb. Gegen die schwache Kohlensäure ist es nicht empfindlich, während Phenolphthalein durch dieselbe entfärbt wird. Es kann daher der Fall eintreten, daß ein alkalisches Wasser, das mit Phenolphthalein rot gefärbt und durch Zugabe von Salzsäure farblos gemacht wurde, also sauer erscheint, durch Zugabe von Methylorange gelb gefärbt wird, also in Wirklichkeit alkalisch ist. Deshalb muß bei der Untersuchung des Kesselwassers sowohl mit Phenolphthalein als auch mit Methylorange titriert werden (siehe die Ermittlung der Natronzahl Seite 76). Methylorange ist nur in kaltem Wasser (nicht über 20° Celsius) zu verwenden, da seine Empfindlichkeit in heißem Wasser leidet.

**Lackmuspapier** ist gleichfalls ein Indikator, blaues wird in saurem Wasser rot, rotes in alkalischem blau.

**Salzsäure** wird hier nur als  $n/10 = 10$ fach verdünnte Normal-**salzsäure** verwendet. Sie verwandelt die Alkalien in **salzsaure Salze** und spaltet aus diesen sowie aus etwa vorhandenen **doppeltkohlensauren Salzen** **Kohlensäure** ab, die in der vorstehend angegebenen Weise auf **Phenolphthalein** wirken kann.

### Die Härtebestimmung des Rohwassers.

40 Kubikzentimeter Wasser in der Schüttelflasche werden aus der bis zur Auffüllmarke gefüllten Meßröhre so lange mit **Seifenlösung** nach **Boutron** und **Boudet** versetzt, bis sich bei kräftigem Schütteln ein etwa 3 Minuten haltbarer **Schaum** bildet. Die Zahl der verbrauchten **Seifengrade** gibt dann die **Härte** des Wassers in deutschen Graden an. Die **Härtebestimmung** ist der besseren Wirkung der **Seifenlösung** halber mit warmem Wasser vorzunehmen. Der **Seifenverbrauch** von der Auffüllmarke bis zur Nullmarke der Meßröhre wird für die **Schaumbildung** gerechnet. Genügt er für sich allein, so ist das Wasser praktisch **härtefrei**. Bei mehr als  $10^{\circ}$  Härte nimmt man nur 20 Kubikzentimeter Rohwasser, gießt noch 20 Kubikzentimeter destilliertes (also **härtefreies**) Wasser hinzu und bestimmt hierauf die Härte des verdünnten Wassers. Das Ergebnis ist mit 2 zu vervielfältigen. Bei noch härterem Wasser, etwa über  $20^{\circ}$ , nimmt man 10 Kubikzentimeter Rohwasser und 30 Kubikzentimeter destilliertes Wasser und vervielfältigt das Ergebnis mit 4.

Nach manchen Betriebsanweisungen (**Philipp Müller G.m.b.H., Stuttgart**) sind zur Härteprüfung 100 Kubikzentimeter Wasser zu verwenden und wird der **Seifenverbrauch** nach Kubikzentimeter bemessen. Ein Kubikzentimeter der entsprechend zusammengesetzten **Seifenlösung** entspricht dann  $\frac{1}{2}^{\circ}$  deutscher Härte; 2 Kubikzentimeter sind für die **Schaumbildung** abzuziehen. Bei einem **Seifenverbrauch** von 32 Kubikzentimeter beträgt die Härte demnach  $(32 - 2) : 3 = 10^{\circ}$ .

### Härtebestimmung des enthärteten Wassers und des Kesselwassers.

Diese beiden Wässer sind zumeist **alkalisch**, was an der **Rotfärbung** der **Wasserprobe** durch einige Tropfen **Phenolphthalein** erkennbar ist. Vor der **Härtebestimmung** mittels **Seifenlösung** nach **Boutron** und **Boudet** müssen sie zunächst **neutralisiert** werden, da **alkalisches Wasser** leichter **schäumt** und infolgedessen eine geringere Härte vortäuscht. Die **Neutralisation** besteht darin, daß die mit **Phenolphthalein** rot gefärbte **Wasserprobe** tropfenweise mit  $n/10$ -**Salzsäure** versetzt wird, bis die **Rötung** nur noch ganz **schwach** erscheint. Entsprechend dem größeren Gehalt an **Alkalien** (**Alynatron**, **Soda**) braucht man hierbei bei **Kesselwasser** mehr **Salzsäure** als bei dem gereinigten **Speisewasser**. Hierauf führt man die **Härtebestimmung** an der **neutralisierten Wasserprobe** wie beim **Rohwasser** durch.

Ist die **Neutralisation** in der **Betriebsanweisung** (etwa infolge **Verwendung** einer anderen **Seifenlösung**) nicht **vorgeschrieben**, so kann sie **selbstverständlich** unterbleiben oder zur **Nachprüfung** der **Härtebestimmung** vorgenommen werden.

Bei der **Entnahme der Wasserprobe** am **Wasserstand** des **Kessels** ist der nach dem **Dampfraum** führende **Stutzen** **abzusperrn**, da die **Wasserprobe** sonst durch **kondensierenden Dampf** **verdünnt** wird. Es ist **zweckmäßig**, namentlich bei **Hochdruckkesseln**, die **Wasserprobe** durch einen **Kühler** hindurch zu **entnehmen**, damit die **Eindickung** derselben infolge **Verdampfung** **vermieden** wird.

### Prüfung auf richtige Kalk- und Sodazusätze.

a) 100 Kubikzentimeter gereinigtes Wasser im **Erlemeyerkolben** werden mit einigen Tropfen **Phenolphthalein** rot gefärbt und unter **Umschütteln** mit  $n/10$ -**Salz-**

säure gerade bis zur Entfärbung versetzt. Die Anzahl der verbrauchten Kubikzentimeter Salzsäure ist aufzuschreiben. Sie gibt die Gesamtalkalität (Gehalt an Natron, Kalk, Soda, auch Phenolphthalein- oder p-Alkalität genannt) des Wassers an. Das Ausbleiben der Färbung durch Phenolphthalein ist ein Zeichen für ungenügende Kalk- und Sodazufüge. Dieselben sind alsdann zu erhöhen. Der Säureverbrauch soll zwischen 1 und 2 Kubikzentimeter liegen. Ist er höher, so sind die Kalk- und Sodazufüge zu verringern, andernfalls zu erhöhen.

b) Ermittlung des richtigen Kalkzufuges: eine neue Wasserprobe von 100 Kubikzentimeter gereinigtem, ebenfalls mit einigen Tropfen Phenolphthalein rot gefärbtem Wasser werden im Erlenmeyerkolben mit 40 Kubikzentimeter einer 10prozentigen Bariumchloridlösung versetzt. Dieses setzt sich in unlösliches kohlen-säures Barium um und nimmt hierbei die Sodaalkalität weg. War letztere allein in dem Wasser vorhanden, fehlt also Kalkalkalität, so verschwindet nach Zugabe des Bariumchlorides die bestehende Rotfärbung.

Der Kalkwasserzufluß ist dann zu erhöhen. Bleibt die Färbung bestehen, so ist dies ein Zeichen dafür, daß noch Kalkwasser vorhanden ist. Die Menge derselben ermittelt man durch Zusatz von n/10-Salzsäure aus der Meßröhre (Abb. 67), bis die Färbung gerade verschwindet. Der Säureverbrauch stellt also die Kalkwasseralkalität der Wasserprobe dar. Er soll zwischen 0,5 und 1 Kubikzentimeter liegen, andernfalls ist der Kalkwasserzufluß zu erhöhen oder zu vermindern.

c) Der Sodagehalt der Wasserprobe ergibt sich aus der einfachen Rechnung:

Gesamtalkalität vermindert um Kalkalkalität = Sodaalkalität. Erstere ist unter a), die Kalkalkalität unter b) ermittelt worden. Die Sodaalkalität soll ebenfalls zwischen 0,5 und 1 Kubikzentimeter Säureverbrauch erfordern und ist außerhalb dieser Grenzen zu erhöhen bzw. zu vermindern.

Beispiel:

$$\begin{array}{r} \text{Kalkwasser- und Sodaalkalität (nach a)} \\ \text{Kalkwasseralkalität allein (nach b)} \end{array} \begin{array}{r} = 1,7 \text{ Kubikzentimeter} \\ = 0,8 \end{array}$$


---

demnach Soda = 0,9 Kubikzentimeter

Die Kalk- und Sodazufüge sind somit richtig.

**Bestimmung der Kalkwässersättigung.** 10 Kubikzentimeter Kalkwasser werden am Auslauf des Kalkfättigers entnommen, im Erlenmeyerkolben mit einigen Tropfen Phenolphthalein rot gefärbt und hierauf so lange mit n/10-Salzsäure aus der Meßröhre versetzt, bis die Färbung eben verschwindet. Der Säureverbrauch muß betragen: bei einer Wassertemperatur von 10° Celsius 4,8, bei 20° Celsius 4,6, bei 30° Celsius 4,29 Kubikzentimeter. Das Kalkwasser ist daher möglichst kalt zu verwenden. Seine Temperatur ist immer mit zu messen. Ergibt die Untersuchung, daß der Säureverbrauch geringer ist, als er nach der Wassertemperatur sein muß, so ist der Kalk-zusatz zu erhöhen. Dies ist auch erforderlich, wenn der Kalk durch längeres Liegen an der Luft Kohlen-säure aufgenommen hat und minderwertig geworden ist. Die Kalkwasserprobe ist zu filtrieren, falls sie ungelöste Kalkteile enthält, da diese einen größeren Säureverbrauch bedingen.

**Ermittlung der Natronzahl** (s. auch Seite 72). 100 Kubikzentimeter Kesselspeisewasser werden im Erlenmeyerkolben mit einigen Tropfen Phenolphthalein rot gefärbt und aus der Meßröhre mit n/10-Salzsäure versetzt, bis die Färbung eben verschwindet. Die Entfärbung erfolgt durch einen Salzsäureüberschuß, kann aber auch durch die Kohlen-säure zustande kommen, die in der Wasserprobe durch den Zusatz von n/10-Salzsäure aus den kohlen-säuren Verbindungen frei gemacht wird. Die Anzahl der verbrauchten Kubikzentimeter Salzsäure sind der p-(Phenolphthalein-) Wert. Die so behandelte Wasserprobe wird nun mit einigen Tropfen Methylen-

orange verfärbt, wobei sie gelb wird. Hierauf wird wieder n/10-Salzsäure tropfenweise aus der Meßröhre zugegeben, bis das Gelb in Orange umschlägt. Die beiden verbrauchten Salzsäuremengen in Kubikzentimeter sind der m-(Methylorange)-Wert. Bei stark eingedickten Kesselwässern kann man statt 100 nur 10 Kubikzentimeter Wasser nehmen, muß aber dann die verbrauchten Salzsäuremengen mit 10 vervielfältigen, um die p- und m-Werte zu erhalten. Möglich sind die nachstehenden drei Fälle.

1. p größer als  $\frac{1}{2}$  m: Natriatron =  $(2p - m) \cdot 40$  mg/l  
Soda =  $(m - p) \cdot 106$  mg/l
2. p gleich  $\frac{1}{2}$  m: Natriatron = 0  
Soda =  $p \cdot 106$  mg/l
3. p kleiner als  $\frac{1}{2}$  m: Natriatron = 0  
Soda =  $p \cdot 106$  mg/l  
Natriumbicarbonat =  $(\frac{1}{2} m - p) \cdot 84$  mg/l

mg/l bedeutet Milligramm je Liter.

Die Natronzahl ist die Summe von Natriatron +  $\frac{\text{Soda}}{4,5}$  (Seite 72).

**Beispiel:** Für 100 Kubikzentimeter Kesselwasser seien ermittelt worden:

- p = 32 und m = 39 ccm n/10-Salzsäure, dann ist
- der Natriatrongehalt =  $(2 \cdot 32 - 39) \cdot 40 = 1000$  mg/l
  - der Sodagehalt =  $(39 - 32) \cdot 106 = 742$  mg/l
  - die Natronzahl =  $1000 + \frac{742}{4,5} = 1165$  mg/l

Natriumbicarbonat (= doppeltkohlen-saures Natrium =  $\text{NaHCO}_3$ ) bildet sich aus der Vereinigung von Kohlen-säure, die beim ersten Säurezu-satz aus der Soda frei wird und die Ent-rötung bewirkt, mit einfachkohlen-saurem Natrium (= Soda). Es wird beim zweiten Zu-satz von Salzsäure zur Wasserprobe zer-setzt. Letztere ent-hält dann Kohlen-säure ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) und Chlornatrium (= Kochsalz). Der Trinatrium-phosphatüber-schuß des Kesselwassers wird bei der Errechnung der Natronzahl meist nicht berück-sichtigt.

Es genügt auch, die m-Alkalität als unmittelbares Maß zu verwenden. Diese soll bei einer Probenmenge von 50 Kubikzentimeter zwischen 3 und 10 bzw. bei einer doppelt so großen Wasserprobe zwischen den doppelten dieser Werte liegen.

**Die Dichte des Kesselwassers** wird an der Skala des Dichtemessers (= Aräo-meter = Beaumés-pindel) in Höhe des Wasserspiegels des Glaszylinders (Abb. 72) ab-gelesen. Das Kesselwasser muß auf die Sichttemperatur des Dichtemessers abgekühlt sein. Spindelt man bei abweichenden Temperaturen, so ist die Able-sung zu berich-tigen. Am zweckmässigsten ist ein Dichtemesser, der neben einem eingebauten Ther-mometer eine Berich-tigungsskala hat. Hierbei bedarf es einer genauen Abkühlung auf die Sichttemperatur nicht, da der Berich-tigungswert zu der gefundenen Dichte neben den Temperaturangaben des Ther-mometers angegeben ist. Die Dichte soll bei Flammrohrkesseln 2, bei Lokomobilkesseln 1 und bei Steilrohr- und Lokomotiv-kesseln 0,5 Beaumégrad nicht übersteigen.

**Die Kesselreinigung** ist unter Beachtung der gesetzlichen Vorschriften Abschnitt 15 auszuführen.

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 Graphit-anstrich verhindert das Festbrennen des Kesselsteins, so daß letzterer beim Klopfen



mit dem Hammer leicht abblättert. Nach dem Anstreichen ist mit dem Füllen des Kessels mit Wasser zu warten, bis der Anstrich eingetrocknet ist.

Die Schneide der Klopshammer darf nicht zu schlank, sondern muß eher kolbig sein, damit die Bleche nicht durch scharfe Hammerschläge beschädigt werden. Wenn die Kesselsteinkruste dünn ist, darf mit den Klopshämmern nicht heftig zugeschlagen werden. Hieburchen dürfen beim Kesselflopfen 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 lange Schaber und die Turbinenreiniger, die aus mehreren Rollenfräsern bestehen, die 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. 65). Der Wasseranschluß geschieht in der Regel an die Speisepumpen- oder Injektorleitung.

**Entlüftung des Kessels bei der Reinigung.** Während der Reinigung ist der Kessel zu entlüften, andernfalls der Kesselstein von den Arbeitern erfahrungsgemäß

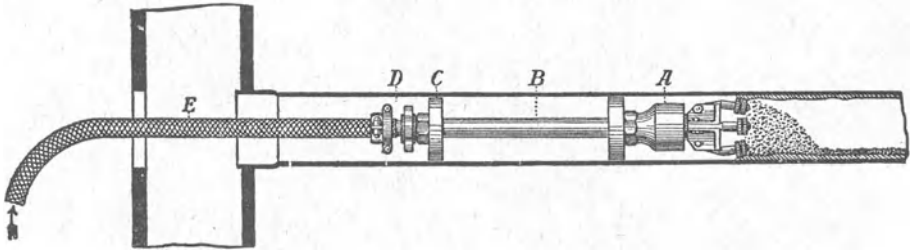


Abb. 74. Siederohrreiniger von Gust. Schlick, Dresden-N., im Gebrauch.

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 im oberen Mannloch in den Kessel hineinragt 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 durch Abkühlung oder Erwärmung, zum Teil unter Anwendung von Druck übergeführt werden. Quecksilber z. B. ist wie Wasser bei gewöhnlicher Temperatur flüssig; während aber Wasser schon bei  $0^{\circ}$  zu Eis erstarrt, wird Quecksilber erst bei  $40^{\circ}$  Kälte fest; auch verwandelt es sich, normalen Luftdruck vorausgesetzt, erst bei  $360^{\circ}$  Wärme in Quecksilberdampf, während das Wasser unter gleichem Luftdruck schon bei  $100^{\circ}$  Celsius siedet.

**Die Schmelzwärme des Eises.** Erwärmt man Eis in einem offenen Gefäße, so beginnt das Eis zu schmelzen. Ein im Schmelzwasser befindliches Thermometer bleibt so lange auf dem Nullpunkt stehen und beginnt erst dann zu steigen, wenn sämtliches Eis zu Wasser geworden ist. Die zugeführte Wärme ist in diesem Falle nicht zu einer Temperaturerhöhung, sondern zur Umwandlung des Eises aus dem

festen in den flüssigen Aggregatzustand aufgewendet worden. Die Wärmemenge, die nötig ist, um 1 Kilogramm Eis von 0° in Wasser von 0° umzuwandeln, beträgt 80 Wärmeeinheiten (Kalorien siehe Seite 16) und heißt die Schmelzwärme des Eises.

**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, bei höheren Drücken, wie dies in Dampfkesseln der Fall ist, liegt sie höher und z. B. in einem Kessel mit 6 Atmosphären Druck bei 164,2° (siehe Spalte 3 Tabelle Seite 80). 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 Kochgefäß also eine Luftleere oder eine beträchtliche Luftverdünnung erzeugt, daß das Wasser in der Milch bereits bei 60° Celsius siedet und als 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 folgenden Tabelle).

**Die Thermometer und Pyrometer.** Dieser Satz gilt auch für andere Flüssigkeiten als Wasser. Für den Dampfkesselbetrieb bemerkenswert ist seine Anwendung auf Quecksilber. Quecksilber siedet unter normalem Luftdruck bei 360° Celsius, im luftleeren Raum schon eher. Höhere Temperaturen, etwa Heizgase von 450° Celsius, kann man daher mit einem gewöhnlichen Quecksilberthermometer nicht mehr messen. Auch werden in der Nähe des Siedepunktes die Angaben unsicher. Man hat daher für Temperaturen bis 500° Celsius Thermometer aus sehr schwer schmelzbarem Glase hergestellt, deren Röhre über dem Quecksilberfaden mit Stickstoff oder 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 (Feuermesser) 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. Zum Messen hoher Temperaturen werden auch elektrische Thermometer benützt.

Für gewöhnliche Temperaturmessungen benutzt man das Celsius-, seltener das veraltete Reaumurthermometer, bei ersterem ist die Skala zwischen dem Gefrier-Nullpunkt und dem Siedepunkt des Wassers in 100, bei letzterem in 80 Grade eingeteilt.

**Verdampfungswärme des Wassers** nennt man die Wärmemenge, die man braucht, um siedendes Wasser in Dampf von derselben Temperatur zu verwandeln. Will man z. B. 1 Liter (= 1 Kilogramm) Wasser von 100° Celsius in Dampf von 100° verwandeln, so muß man dieser Wassermenge 539,1 Wärmeeinheiten zuführen (Spalte 5 der Tabelle). Will man Dampf von 6 Atmosphären Dampf erzeugen, so siedet

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	Gewicht von 1 cbm Dampf in kg	Wahl der Wärme-einheiten in 1 cbm Dampf	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Kann nur mit dem Baruummeter gemessen werden	0,10	45,3	45,3	571,4	616,7	0,0663	11,31	
	0,20	59,7	59,6	563,1	622,7	0,1282	80,95	
	0,50	80,9	80,8	550,4	631,2	0,2517	129,39	
	1,00	99,1	99,1	539,1	638,2	0,5811	370,15	
	0,2	1,20	104,25	104,3	536,5	640,8	0,6892	442,15
	1	2	119,6	119,9	525,7	645,6	1,1086	716,61
	2	3	132,9	133,4	516,1	649,5	1,6155	1048,94
	3	4	142,9	143,8	508,7	652,5	2,1231	1383,30
	4	5	151,1	152,0	503,2	655,2	2,6158	1716,62
	5	6	158,1	159,3	498,0	657,3	3,1075	2044,20
6	7	164,2	165,5	493,8	659,3	3,5997	2373,48	
7	8	169,6	171,2	489,7	660,9	4,0816	2709,69	
8	9	174,6	176,4	486,1	662,5	4,5574	3021,00	
9	10	179,1	181,2	482,6	663,8	5,0505	3342,19	
10	11	183,2	185,4	479,8	665,2	5,5096	3665,15	
11	12	187,1	189,5	476,9	666,4	5,9952	3991,73	
12	13	190,8	193,4	474,1	667,5	6,4767	4318,72	
13	14	194,2	197,0	471,4	668,4	6,9348	4632,01	
14	15	197,4	200,4	468,9	669,3	7,4075	4959,51	
15	16	200,5	203,7	466,6	670,3	7,8616	5268,56	
20	21	213,9	218,0	455,3	673,3	10,152	6833,99	
29	30	232,9	238,6	439	678	14,368	9742,86	
39	40	249,3	257,0	422,5	680	19,084	12976,52	
49	50	262,8	271,8	407,5	679	24,04	16323,16	
99	100	309,7	326,4	328	654	52,91	34603,15	
149	150	340,7	373,8	244	618	94,34	58302,12	
199	200	364,4	425,8	146	572	169,5	96954,0	
223,2	224,2	374,0	499,3	000	499	344,8	172055	

das Wasser erst bei 164,2° Celsius (obige Tabelle Spalte 3), und es sind zur Verdampfung des 164° warmen Wassers 493,8 Wärmeinheiten nötig, d. h. die Verdampfungswärme des Wassers beträgt bei 6 Atmosphären Druck 493,8 Wärmeinheiten.

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. G.
- von 0,2 Atm. Überdruck, d. i. ungefähr der Druck des Auspuffdampfes bei Dampfmaschinen . . . 104,3 + 536,5 = 640,8 W. G.
- von 12 Atm. Überdruck . . . . . 193,4 + 474,1 = 667,5 W. G.

Die Flüssigkeitswärme und Verdampfungswärme des Wassers hat man für die verschiedenen Dampfdrucke genau festgestellt. Man benutzt diese 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. Obige Tabelle zeigt diese Werte an.

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

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

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

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

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

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

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

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 größer wird der Wärmehalt des Kessels bei gleichbleibenden Wasser- und Dampfmengen, wie aus Spalte 4 und 8 der Tabelle Seite 75 ersichtlich ist. Bei 5 Atmosphären sind im Kubikmeter Dampf 2044,20, bei 10 Atmosphären 3665,15, bei 20 Atmosphären 6833,99 Wärmeeinheiten vorhanden. Auch der Wärmegehalt des Wassers wächst mit zunehmendem Druck (Spalte 4). Der Dampf wird hierbei immer dichter und schwerer (Spalte 7). Bei 224 Atmosphären (223,2 abs.) ist in einem Kilogramm Wasser ebensoviele Wärme wie in 1 Kilogramm Dampf enthalten (499 W. C. Spalte 4 und 6), d. h. Wasser und Dampf befindet sich in derselben Zustandsform, man nennt daher diesen Druck auch den **kritischen Druck** des Wassers.

**Das Entstehen des Dampfdruckes.** Der Wasserdampf verhält sich wie ein Gas, d. h. er breitet sich in den Raum hinein aus und nimmt bei seiner Erzeugung im Dampfkessel dessen Form an. Wird er im Kessel eingeschlossen, also am Ausströmen verhindert, so wird er dichter und es äußert sich dies als Druck gegen die Kesselwände. Schon eine verhältnismäßig geringe Wärmezufuhr durch das Kesselfeuer über die normale Verdampfungstemperatur hinaus bewirkt ein starkes Anwachsen dieses Druckes, den man als Betriebsdruck oder Dampfspannung des Kessels bezeichnet. Zum Betriebe von Dampfmaschinen kann der Dampf nur verwendet werden, wenn er den äußeren Luftdruck überwiegt. Wird ein Dampfkessel nur so weit beheizt, daß Dampf- 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 in dem Umfang wirksam, als er höher als der äußere Luftdruck ist. Man bewertet und mißt deshalb den Dampfdruck nach seinem sog. **Überdruck**, im Gegensatz zu seinem **absoluten Drucke**, das ist der Druck, den der Dampf ausüben würde, wenn man den äußeren Luftdruck etwa mit Hilfe einer Luftpumpe einmal hinwegnähme.

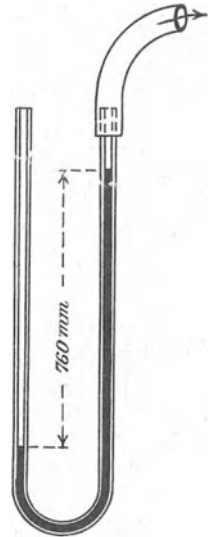


Abb. 75. Vorrichtung zum Messen des Luftdruckes mittels Quecksilberfäule.

Den von der Luft ausgeübten Druck nennt man den Druck einer **Atmosphäre**. Atmosphäre heißt auf deutsch die Lufthülle der Erde. Ihr 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 aus folgendem Beispiel. Ein U-förmig gebogenes, an beiden Enden offenes Glasrohr (Abb. 75) sei etwa zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt. Da die Luft in beiden aufwärts stehenden Rohrschenkeln mit gleicher

Schwere auf dem Quecksilber lastet, muß letzteres auch in beiden Rohrschenkeln gleich hoch stehen. Zieht man über das eine Glasrohrende den Gummischlauch einer Luftpumpe, und saugt man die über dem Quecksilber befindliche Luft mit der Luftpumpe ab, so wird das Quecksilber in dem anderen, offenen Rohrschenkel einseitig vom Gewicht der Luft belastet und in dem Rohrschenkel, der an die Luftpumpe angeschlossen ist, in die Höhe gedrückt. Im günstigsten Falle, das ist bei völliger Luftleere im Rohrschenkel b, beträgt der Höhenunterschied zwischen den Oberflächen des Quecksilbers in beiden Rohrschenkeln 760 Millimeter. Diesen Höhenunterschied nennt man den **normalen Luftdruck**. Füllt man das Glasrohr nicht mit Quecksilber, sondern mit Wasser, so wird das Wasser vom Luftdruck  $13\frac{1}{2}$  mal so hoch wie das Quecksilber gehoben, da letzteres  $13\frac{1}{2}$  mal so schwer wie das Wasser ist. Die Wasserfäule, die dem normalen Luftdruck das Gleichgewicht hält, würde dann  $13\frac{1}{2} \times 760 \text{ mm} = 10,3$  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 Wasserfäule 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 in das Pumpengehäuse heben muß und eine vollständige Luftleere darin nicht erreichbar ist, höchstens 8 Meter betragen. Bedingung ist hierbei, daß die Temperatur des Wassers  $0^\circ$  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. Heißes Wasser läßt man daher am besten der Pumpe zufließen, indem man sie tief oder den Heißwasserbehälter hoch stellt, andernfalls entsteht beim Ingangsetzen der Pumpe in dem Saugrohr Dampf von niedriger Spannung (entsprechend der jeweiligen Wassertemperatur) und die Pumpe verfaßt.

**Die Atmosphäre als Maßeinheit im Dampfkesselbetriebe.** Der Luftdruck ist örtlich verschieden. Er ist um so größer, je höher die Luftpülle über der Erdoberfläche ist. Auf einer Bergspitze ist der Luftdruck niedriger als am Bergfuße, da die Luftpülle 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. 75) ähnlichen Vorrichtung, bei welcher das obere Ende eines der Rohrschenkeln mit dem Kondensationsraume für den Abdampf verbunden ist.

Angenommen, der lichte Querschnitt eines eben besprochenen U-förmigen Glasrohres sei gerade 1 Quadratcentimeter groß, so würde eine darin stehende Wasserfäule von 10,3 Meter Höhe, die nach dem vorher Gesagten dem atmosphärischen Luftdruck das Gleichgewicht hält, einen Rauminhalt haben = 1 Quadratcentimeter  $\times$  1030 Zentimeter = 1030 Kubikcentimeter = 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 Dampfkesselatmosphärendruck ist demnach eine Kleinigkeit niedriger als der mittlere atmosphärische Luftdruck, und zwar ist er gleich dem Drucke einer 735 Millimeter hohen Quecksilberfäule oder einer 10 Meter hohen Wasserfäule. Wenn man also sagt, der Betriebsdruck eines

Dampfkessels beträgt 7 Atmosphären Überdruck, so heißt das, auf jedem Quadratcentimeter der inneren Kesselfläche lastet ein Druck von  $7 + 1 = 8$  Kilogramm.

Der Heizer soll den Dampfdruck immer auf der zulässigen Höchstgrenze halten, weil mit gesteigertem Dampfdruck der Dampfverbrauch einer Dampfmaschine und der Kohlenverbrauch der Kesselanlage abnehmen.

**Gesättigter und überhitzter Dampf.** Solange Wasser und Dampf miteinander am Wasserspiegel in Berührung stehen, haben beide dieselbe Temperatur. Man nennt diesen Dampf gesättigten Wasserdampf oder Satttdampf. Derselbe findet sich in jedem Dampfkessel vor und hat die Eigenschaft, daß er keinen weiteren Wasserdampf aufnehmen kann und 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 entsteht aber erst, wenn man gesättigten Dampf dem Kessel entnimmt und für sich noch weiter überhitzt, was in den sog. Dampfüberhitzern geschieht. Der überhitzte Dampf besitzt also eine höhere Temperatur als gesättigter Dampf von gleicher Spannung. Er ist sehr rein, wasserfrei 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 gehen; denn dann hat er sich wieder in Satttdampf verwandelt und verhält sich wie dieser.

1 Kilogramm Dampf von 10 Atmosphären enthält bei Überhitzung auf

	250°	300°	350°	400°	450°
	702,7	733,7	754,2	779,6	805,1
und nimmt					Wärmeeinheiten
Raum ein.	0,2373	0,2630	0,2880	0,3126	0,3369
					Kubikmeter

desgl. 15 Atmosphären

	250°	300°	350°	400°	450°
	698,3	725,4	751,7	777,7	803,6
	0,1552	0,1731	0,1903	0,2071	0,2235
					W. G. je kg
					cbm je kg

desgl. 40 Atmosphären

	250°	300°	350°	400°	450°
	669,7	707,6	739,0	768,0	796,0
	0,05107	0,06037	0,06809	0,07514	0,08184
					W. G. je kg
					cbm je kg

desgl. 100 Atmosphären

	350°	400°	450°	500°	550°
	701,3	743,6	778,7	811,6	843,0
	0,023	0,027	0,031	0,033	0,036
					W. G. je kg
					cbm je kg

**Die Dampfüberhitzer** werden etwa in die Mitte der Essenzüge eingebaut, wo sie sehr heißen Heizgasen mit einer Temperatur von etwa 500 bis 700° Celsius ausgesetzt sind, also bei Flammrohrkesseln dicht hinter die Flammrohre.

Die Überhitzer bestehen aus einer Anzahl nebeneinander liegender, schmiedeeiserner, nahtlos gewalzter Rohre von 30 bis 45 Millimeter äußerem Durchmesser und 3 bis 4 Millimeter Wandstärke (Abb. 76). Die Rohre sind schlangenförmig gebogen und an den freien Enden mit querliegenden Dampfammern oder Sammelnrohren durch Verschraubung oder Schweißung verbunden. Die beiden

Dampfkammern oder Sammelrohre liegen außerhalb der Kesselzüge und bilden die Rohranschlüsse für die Rohrleitungen nach dem Kessel und nach der Dampfmaschine. Durch die vielen engen Rohrschlangen wird der Kesseldampf in viele schwache Strahlen zerteilt und infolgedessen schnell erhitzt. Waagrecht liegende Überhitzer (siehe Abb. 81) lassen sich leichter als senkrecht stehende entwässern, doch werden auch letztere angewendet. **Dampfüberhitzer mit direkter Feuerung** werden selten aufgestellt. Man bringt sie bei langen Dampfrohrleitungen in einem kleinen Anbau nahe dem Dampfmaschinenhause an. Ihre Bedienung 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 auszunutzen, zu Ersparnissen beim Kohlenverbrauch im Dampfkesselfeuer und zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Kesselanlage viel beitragen.



Abb. 76. Überhitzer von Hering Alt. Ges. Nürnberg, mit senkrechten Rohrschlangen.

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 oder mehrere Atmosphären höher als der höchste Kesseldruck ist.

**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 des 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 verstellen 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 Gasstrom, so daß etwaige Absperrchieber einer sehr starken Abnutzung unterworfen sein würden und weggelassen werden. 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 Wasserraum des Kessels. Durch einfaches Öffnen eines Ventils in dieser Rohrleitung läßt der Heizer den Überhitzer voll Wasser laufen. Diese Einrichtung ist namentlich an den Wasserrohrkesseln (Abb. 55) gebräuchlich. 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 Wasserraum des Kessels wieder ab und bläst hierauf den Überhitzer durch den daran befindlichen Ablaßhahn sorgfältig aus. Erst dann darf das Absperrventil am Überhitzer geöffnet und der Dampf nach der Dampfmaschine fortgeleitet werden. Das Füllen des Überhitzers mit Wasser während des Anheizens hat den Nachteil, daß sich an seinen Innenwandungen Kesselstein ansetzt, der nicht entfernbar ist und die Wirkung des Überhitzers beeinträchtigt; Voraussetzung ist demnach für derartige Überhitzeranlagen, daß das Kesselwasser gut enthärtet 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 kann es unterbleiben.

2. Auf die **Entwässerung des Überhitzers** hat der Heizer den größten Wert zu legen, soll die Dampfmaschine nicht durch Wasserschläge beschädigt werden, wie dies schon oft vorgekommen ist. Bevor er 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 nach Bedarf wöchentlich zwei- oder dreimal von dem anhaftenden Ruß mittels eines Dampfstrahles zu reinigen, da die Rußschicht die Wärme schlecht leitet und die Dampfüberhitzung beeinträchtigt. Das Ausblaserohr ist ein Düsenrohr von etwa 10 Millimeter lichter Weite, bei neueren Kesseln fest eingebaut und drehbar und in der Längsrichtung verstellbar, oder wird bei älteren Kesseln mit der Hand in die Überhitzerkammer eingeführt, die hierzu Öffnungen mit Verschlussklappen hat.

**Die Temperaturregelung des überhitzten Dampfes.** Neuzeitliche Dampfanlagen arbeiten am wirtschaftlichsten mit der Dampftemperatur, für die sie mit Rücksicht auf Baustoff und Wärmespannungen gebaut sind. Die Dampftemperatur soll daher immer gleich bleiben und nicht bei geringer Belastung absinken und bei Spitzenlast einen zu hohen Grad erreichen. Die Überhitzer werden deshalb so bemessen, daß bereits bei Schwachlast die günstigste Temperatur erreicht wird und bei stärkerer Belastung die Dampftemperatur auf das festgesetzte Maß herunterzuregulieren ist. Durch zu hohe Temperatur wird auch das Schmieröl im Dampfmaschinenzylinder zersezt und eine Beschädigung der Lauffläche des Zylinders und der Kolben verursacht. Die Temperaturregelung ist daher sehr wichtig und erfordert die Beobachtung der Thermometer am Überhitzer und an der Dampfmaschine bzw. an der Dampfturbine. Sie erfolgt entweder

a) durch Verstellen der Drehklappen oder der Absperrchieber der Überhitzerkammer,

b) durch Mischen des Heißdampfes mit Sattdampf aus dem Kessel,



c) durch Abkühlung des überhitzten Dampfes in geschlossenen Rohrleitungen im Wasser- oder Dampfraum des Kessels oder in einem Speisewasserbehälter,  
 d) durch Einspritzen von heißem, fein zerstäubtem Wasser in den Heißdampf (Heißdampfkühler).

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 Feststellvorrichtung zeigen dem Heizer die jeweilige Stellung der Drehklappen und Absperrschieber an. Da letztere dem Abbrand unterworfen sind, werden sie bei Überhitzern an sehr heißen Stellen nicht angewendet.

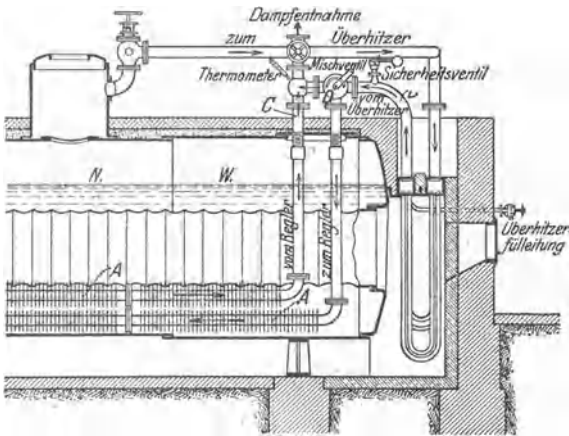


Abb. 77. Heißdampfregler der Deutschen Babcock und Wilcox-Werke N. Ges. in Oberhausen, Rhld.

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 gemischten Dampf, dessen Temperatur zwischen den Temperaturen der beiden Dampfstrahlen vor der Mischung liegt, und der im Grunde genommen auch nichts anderes ist als überhitzter Dampf. Das Mischen selbst geschieht auf einfachste Weise

durch Aufdrehen der Dampfabsperrentile. Je nachdem man mehr oder weniger gefättigten Dampf zu dem überhitzten Dampf hinzutreten läßt, kann man die Temperatur des Mischdampfes regeln. Diese Regelung 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 (Abb. 81 Seite 92).

c) **Die Regelung der Überhitzung durch Abkühlung des überhitzten Dampfes.** Der patentierte Heißdampfregler der Deutschen Babcock & Wilcox-Werke (Abb. 77) 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 Regelventil eingebaut, in welchem der überhitzte Dampf aus dem Überhitzer in zwei Teilströme zerlegt wird, von denen der eine durch den Kühler strömt. Der in dem Kühler abgekühlte Dampf, der noch bis zu einem gewissen Grade überhitzt ist, trifft nach seinem Austritt aus dem Kessel wieder mit dem anderen Teilströme des überhitzten Dampfes zu-

ammen und kühlt diesen bei der Vereinerung entsprechend seiner Temperatur ab. Je nachdem der Heizer mittels des Regelventils mehr oder weniger Dampf durch den Kühler hindurchströmen läßt, erzielt er eine niedrigere oder höhere Temperatur des Arbeitsdampfes. Die Einstellung des Regelventils ist außerordentlich einfach, unmittelbar neben demselben befindet sich das Kontrollthermometer. Bei der Kesselreinigung muß der Heizer darauf achten, daß auch der Kühler von etwa anhaftendem Kesselstein und Schlamm gereinigt wird und daß er insbesondere nicht angegriffen ist; schreiten etwaige Anrostungen des Kühlers fort und wird er durchlässig, so besteht die Gefahr, daß in den Kühler Kesselwasser eindringt,

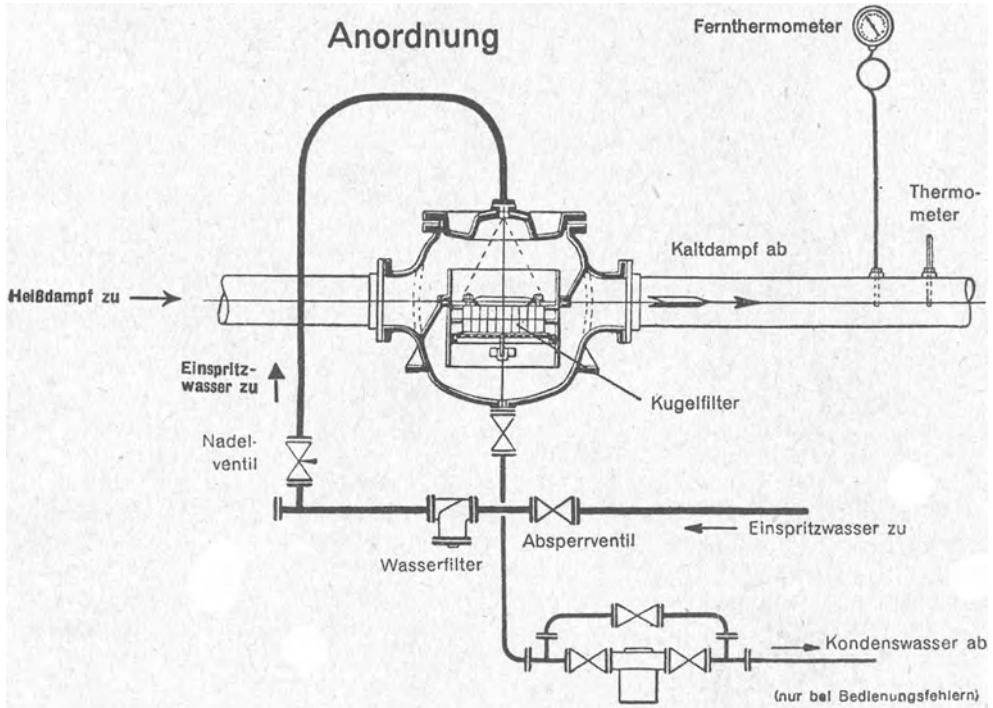


Abb. 78. Schema des Heißdampfkühlers Bayer von der Firma Steinmüller, Gummersbach.

was zur Vermeidung von Wasserschlägen in der Rohrleitung nach der Dampfmaschine unerwünscht ist.

Der **Heißdampfkühler** Bayer der Firma L. & C. Steinmüller enthält ein herausnehmbares, aus vielen Stahlkugeln bestehendes Filter, die durch das aus einer oder mehreren Düsen eingespritzte Wasser ständig befeuchtet werden und infolge ihrer großen Oberfläche die völlige Verdampfung und Vermischung desselben mit dem Heißdampfstrom erzielen. Als Einspritzwasser wird Kondensat oder enthärtetes und gefiltertes Wasser von etwa 2 Atmosphären Druck verwendet. Seine Menge wird nach der Dampftemperatur hinter dem Kühler entweder von Hand an einem Nadelventil oder mit einer selbsttätigen Regelvorrichtung geregelt (Abb. 78).

Die Heißdampfkühler sind zur Erzeugung von Satt Dampf oder von Dampf mit bestimmter Temperatur für Koch- und Heizzwecke sowie für Fabrikationsvorgänge, die nur bei einer bestimmten Temperatur ausführbar sind (chemische Fabriken), viel in Benutzung, und zwar in manchen Betrieben in mehreren Stücken.

**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 herabgedrückt wird. Es ist daher auch bei älteren, nicht als Heißdampfmaschinen gebauten Dampfmaschinen und zumal bei langen Rohrleitungen immer empfehlenswert, den Dampf mäßig, bis auf etwa 230° Celsius, zu erhitzen, da auch hierdurch die gefürchteten, bei Maßdampf leicht auftretenden Wasserföhlage vermieden werden. Bei hohen Überhitzungstemperaturen müssen die Dampfmaschinen besonders gebaut sein. Der Temperatur des überhitzten Dampfes soll das Zylinderöl angepaßt sein, es soll verdampfen, durch zu hohe Temperatur nicht zersezt und durch zu niedrige nicht seine Schmierfähigkeit vermindert werden.

Gegenwärtig wird die Dampfüberhitzung für fast alle Dampfmaschinen über etwa 40 PS angewendet sowie bei allen Dampfturbinen. Für Heiz- und Kochzwecke ist sie weniger gebräuchlich.

**Verstopfungen der Überhitzerrohre bei unreinem Dampf.** Gelangt der Dampf sehr naß in den Überhitzer, so bilden sich, falls nicht reines Speisewasser verwendet wird, in den Überhitzerrohren im Laufe der Zeit Ablagerungen, die die Überhitzung wesentlich beeinträchtigen und mitunter die Überhitzerrohre fest verstopfen, so daß sie aufplagen. In solchen Fällen empfiehlt es sich, den Dampfraum des Kessels durch einen Aufbau (Dampfdom, Dampffammler) zu vergrößern, in welchem der Dampf vor dem Eintritt in den Überhitzer das mitgerissene Wasser ausscheidet.

**Die Wärmespeicher** beruhen darauf, daß in Betrieben mit stark schwankendem Dampfverbrauch, z. B. in Elektrizitätswerken, chemischen Fabriken, Färbereien usw., der überschüssige Dampf, der zuzeiten geringen Dampfverbrauches zur Verfügung steht, in einen großen zylindrischen Wasserbehälter, der unter demselben Druck wie der Kessel steht, geleitet wird, um bei starkem Dampfverbrauche wieder Betriebszwecken zugeführt zu werden. Man könnte diese Speicherung, bei welcher die überschüssige Wärme außerhalb des Kessels angesammelt wird, als indirekte Speicherung bezeichnen, im Gegensatz zur direkten, die an sich längst bekannt ist und bei Flammrohrkesseln und sonstigen Großwasserraumkesseln allgemein angewendet wird, indem man vor den Betriebspausen den Wasserstand im Kessel sinken läßt und während der Pausen wieder aufspeist und bei schwankendem Dampfverbrauch genau so verfährt. Die Wärmespeicher bewirken demnach eine Entlastung der Dampfkesselanlage bei zeitweiligen Überlastungen, der Dampfdruck bleibt gleichmäßig und es erübrigt sich das Anfeuern von Dampfkesseln zur Leistung von Spitzenbelastungen.

Sie sind in Deutschland in den Jahren 1926 bis 1930 verhältnismäßig häufig eingeführt worden, doch haben sich die Verhältnisse seitdem sehr zu ihren Ungunsten geändert. Für Dampfdrücke über 15 bis 20 Atmosphären kommen sie wegen der großen erforderlichen Blechdicken für sehr hohe Drücke wohl kaum in Frage; außerdem vermögen die modernen Hochleistungskessel mit den Zonenwanderrosten Belastungsschwankungen innerhalb sehr weiter Grenzen fast augenblicklich zu folgen, so daß es in derartigen Anlagen keiner Wärmespeicher bedarf. Über ihre Anwendbarkeit ist von Fall zu Fall zu entscheiden.

**Der Ruths-Speicher** ist ein Dampfspeicher; Abmessungen eines solchen sind beispielsweise: Durchmesser 4,5 Meter, Länge 20 Meter. Bei Eintritt einer geringen Belastung der Kesselanlage muß er etwa zu 85 Prozent mit Wasser gefüllt sein und dringt der überschüssige Kesseldampf durch ein über die ganze Länge des Speichers sich erstreckendes Dampfrohr mit einer großen Anzahl Düsen in das Wasser ein, kondensiert hierbei und erwärmt dasselbe auf die Siedetemperatur im

Kessel, bei 15 Atmosphären Betriebsdruck also auf 200,5° Celsius. Die Überleitung des Dampfes aus dem Kessel nach dem Speicher erfolgt durch ein automatisch arbeitendes Dampfventil, das durch den Überdruck, der bei geringer Belastung der Kessel entsteht, geöffnet wird. Bei starker Belastung der Kessel sinkt im letzteren der Dampfdruck, das Überleitungsventil wird infolgedessen automatisch geschlossen und der Wärmespeicher durch ein anderes Dampfventil geöffnet, so daß die in seinem Wasser enthaltene Wärme in Form von Dampf nach einer Verbrauchsstelle abgeführt wird. Dieser Dampf kann zu Heizzwecken oder auch als Betriebsdampf in den Niederdruckteilen einer Dampfturbine ausgenutzt werden. Bei der Dampfentnahme sinkt der Dampfdruck im Wärmespeicher beträchtlich, beispielsweise von 15 auf 0,5 Atmosphären, auch nimmt der Wasserinhalt stetig ab, so daß der Wärmespeicher vor Beginn einer neuen Ladung zunächst wieder mit Wasser aufgefüllt werden muß. Der Wärmespeicher ist daher u. a. mit einem Wasserstandsgläse und einer Wasserspeisepumpe ausgerüstet. Die Dampfdufen müssen so eingerichtet sein, daß der Wärmespeicher gleichmäßig durchwärmt wird und keine durch Temperaturunterschiede des Wassers bedingten Spannungen in den Nietnähten auftreten. Wegen des Druckabfalles nennt man diese Speicher auch Gefällespeicher.

**Der Rieslbacher Wärmespeicher** ist ein Speiseraumspeicher. Die Kesselspeisepumpe speist das Wasser in den Kessel, aus dem es durch eine Überlaufleitung von einer Umlaufpumpe in den Wasserpeicher gedrückt wird und von diesem ständig in den Kessel zurückströmt. Das Wasser des Wärmespeichers hat demnach dieselbe Temperatur wie das Kesselwasser. Steigt die Belastung des Kessels, so wird die Speisepumpe abgestellt oder auf eine geringe Leistung eingestellt; die Speisung des Kessels erfolgt dann durch die Umlaufpumpe aus dem Wärmespeicher, wobei dessen Wasserinhalt abnimmt und daher von der Feuerung keine Wärme zur Erhitzung des Speisewassers auf die Siedetemperatur verbraucht wird. Der Wärmespeicher bildet demnach in diesem Falle einen vergrößerten Speiseraum des Kessels oder einen Vorratsbehälter für hocherhitztes Speisewasser. Nimmt die Belastung des Dampfkessels ab, so wird die Speisepumpe wieder voll angestellt und hierbei infolge der Zunahme der Speisewassermenge im Kessel auch der Wärmespeicher vermittlels der Umlaufpumpe wieder aufgefüllt. Wärmespeicher und Kessel sind durch ein Dampfrohr miteinander verbunden, es ist somit im Wärmespeicher immer der Kesseldruck vorhanden, weshalb man diese Speicher auch Gleichdruckspeicher nennt.

Unter gewissen Verhältnissen werden beide Speichersysteme verwendet, wobei der Gefällespeicher die kurz andauernde Spitzenlast, der Gleichdruckspeicher die hier nach einsetzende, längere Zeit bestehende Höchstlast zu decken hat.

## 11. Die gebräuchlichsten Kesselbauarten.

Die Größe der Dampfkessel wird nach der Größe ihrer Heizfläche in Quadratmetern, ihre Leistung nach der stündlich je Quadratmeter Heizfläche verdampften Wassermenge, bezogen auf die Anfangstemperatur von 0° und den Druck von 1 Atmosphäre absolut, gemessen.

Die **allgemeinen Anforderungen** richten sich nach den jeweiligen Platz- und Betriebsverhältnissen.

1. Der Dampfkessel soll eine große Dampfleistung bei möglichst kleiner Bodenfläche entwickeln.

2. Die Dampfspannung soll sich auch bei Belastungsschwankungen leicht auf gleichmäßiger Höhe halten lassen. Dies ist erreichbar durch Großwasserraumkessel oder durch Wasserrohrkessel mit elastischer Feuerung. Der große Wasserinhalt der Groß-

wasserraumkessel wirkt bei plötzlich erhöhtem Dampfverbrauch als Regler für die Dampferzeugung und verhindert schnelles Fallen des Dampfdruckes. Ein Dampfkessel mit 20 Kubikmeter Wasser- und 6 Kubikmeter Dampfinhalt enthält nach Tabelle Seite 80 bei einem Betriebsdruck von 10 Atmosphären im Wasserraum  $20\,000 \times 185,4 = 3\,708\,000$ , im Dampfraum aber nur  $6 \times 3665,15 = 21\,990$  Wärmeeinheiten, und es kann bei plötzlich gesteigerter Dampfentnahme der Wasserinhalt viel Wärme abgeben, ohne daß der Dampfdruck zu weit herabgeht. Bei diesen Kesseln läßt sich der Dampfdruck, wenn er einmal heruntergearbeitet ist, schwieriger wieder hochbringen; auch erfordert das Anheizen längere Zeit. Derartige Betriebsbedingungen erfüllen Kessel mit kleinem Wasserinhalt besser. Für große Kesselanlagen mit hohen Drücken kommen nur Wasserrohrkessel in Betracht, die bei Anwendung von Hochleistungsrosten allen Belastungsschwankungen gut folgen können.

3. Der Kessel soll trocknen Dampf liefern, zu diesem Zwecke dürfen Dampfraum und Wasserspiegel nicht zu klein sein. Der Dampfraum dient nicht zur An-

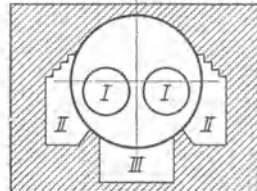
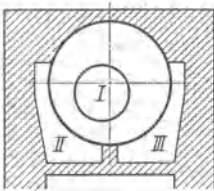


Abb. 79. Seitrohrflammrohrkessel. Abb. 80. Schnitt durch den Zweiflammrohrkessel.

sammlung eines Dampfvorrates, sondern zur Auscheidung des vom Dampf mitgerissenen Wassers, und wird daher durch den Dampfdom oder Dampffammler vergrößert. Häufig wird zur Entwässerung des Dampfes im obersten Teile des Kessels ein geschlitztes oder gelöchertes waagerechtes Dampfentnahmerohr eingebaut.

4. Der Speiseraum des Kessels, das ist der abwechselnd mit Dampf und mit Wasser gefüllte Raum zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasserstand im Kessel, soll einen genügenden Spielraum bieten, so daß während des verstärkten Dampfverbrauches die Speisung ruhen und bis zu den Betriebspausen damit gewartet werden kann.

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

6. Die Temperatur des überhitzten Dampfes soll innerhalb eines großen Belastungsbereiches möglichst gleich bleiben.

**Großwasserraumkessel** sind: die Walzen-, Flammrohr- und Heizrohrkessel und die aus Flammrohr- und Heizrohrkessel zusammengesetzten Kessel. Die einfachen Walzenkessel sowie die aus mehreren zylindrischen Kesseln von etwa 700 Millimeter Durchmesser gebauten Batterieessel (auch mehrfache Walzenkessel genannt) werden nicht mehr bzw. nur noch selten angewendet, da sie von anderen Kesselbauarten, insbesondere dem Flammrohr- und dem Rauchrohrkessel, überholt worden sind.

**Der Flammrohrkessel** ist der gebräuchlichste aller Dampfkessel. Er besteht aus

einem äußeren Walzenkessel mit zwei Kesselböden, durch welche zwei weite Röhre — die Flammröhre — hindurchgehen. Die Flammröhre dienen zur Aufnahme der Feuerung und werden von den Heizgasen durchströmt. Je nach der Zahl dieser Flammröhre unterscheidet man Ein-, Zwei- und Dreiflammrohrkessel. Bei dem Einflammrohrkessel (Abb. 79) wird das Flammrohr in der Regel seitwärts eingebaut; man nennt daher einen derartigen Kessel auch Seitrohrkessel. Die seitliche Lage des Flammrohres erleichtert das Befahren des Kessels und hat weiter den Vorteil, daß das Wasser an der engen Stelle schneller als an der weiten Stelle erwärmt und ein guter Wasserumlauf im Kessel erreicht wird. Im Innern des Kessels sollte auf dem Kesselmantel niemals eine Lauffchiene aus Winkelisen entlang der weiten Seite fehlen, da sie die Befahrung des Kessels wesentlich erleichtert. Auch bei den Zwei- und Dreiflammrohrkesseln müssen die Flammröhre so eingebaut werden, daß der Kessel leicht befahren und gereinigt werden kann. Beträgt der lichte Abstand der Flammröhre weniger als 250 Millimeter (in den meisten Fällen ist er erheblich kleiner), so muß die vordere Stirnwand unterhalb der Flammröhre noch ein Mannloch erhalten, oder man macht die letzten Flammrohrschüffe konisch und enger als die übrigen, so daß wenigstens an dieser Stelle der zum Befahren des unteren Kesselteiles nötige Abstand vorhanden ist.

Der Flammrohrkessel wird meist waagerecht, aber auch mit einer Neigung nach der vorn angebrachten Ablassvorrichtung verlegt, damit er sich beim Ablassen vollständig entleert. Der Kessel wird auf gußeiserne Böcke im untersten Zuge gelagert. Die Tragböcke sind möglichst dicht neben den Rundnähten und unter den weiten Flammrohrschüffen aufzustellen. Wird letzteres nicht beachtet, so hat der Kessel durch sein Eigengewicht das Bestreben, die Nietverbindungen neben dem Lagerbock auseinander zu drücken, und letztere können infolgedessen undicht werden.

Flammrohrkessel werden zumeist mit Planrostinnenfeuerung, aber auch mit einer Vorfeuerung versehen, so daß die Flammröhre 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 Eisenfuchs geführt. Bei einer anderen Einmauerungsart strömen die Heizgase aus den Flammrohren zunächst in den Unterzug und von diesem erst in die Seitenzüge. Diese Zusanordnung 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 andere Einmauerung einfacher ist.

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

Die Einmauerung mit einem Oberzuge, das ist ein Zug oben, über dem 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 Trocknung des Dampfes dienen, ohne jedoch diesen Zweck in genügender Weise zu erreichen. Für Dampfmaschinen, bei deren Betriebe man die Nachteile des nassen und gesättigten Dampfes vermeiden will, benutzt man daher ausschließlich Dampfüberhitzer, die die Oberzugkessel fast völlig verdrängt haben. In den Oberzug eingebaute Speisewasservorwärmer von etwa 600 bis 700 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 anrosten. Es sei noch darauf hingewiesen, daß in einigen deutschen Ländern die Oberzugkessel längstens in dreijährigen Fristen einer amtlichen inneren Untersuchung und spätestens nach je 6 Jahren einer amtlichen Wasserdruckprobe zu unterziehen sind. Möglicherweise haben auch diese strengen Vorschriften die Anwendung des Oberzugkessels eingeschränkt.

Die Zweiflammrohrkessel führt man unter Verwendung von Blechen von besonders hoher Festigkeit bis zu 18 Atmosphären Druck, 2,90 Meter Durchmesser und 180 Quadratmeter Heizfläche aus. Doch werden bereits von etwa 140 Quadratmeter Heizfläche an andere Kesselarten, Rauchrohrkessel und Wasserrohrkessel, seltener Dreiflammrohrkessel verwendet. Bei letzteren wird eines der Flammrohre tief gelegt, das jedoch bei der Bedienung seines Kofses schwer zugänglich ist.

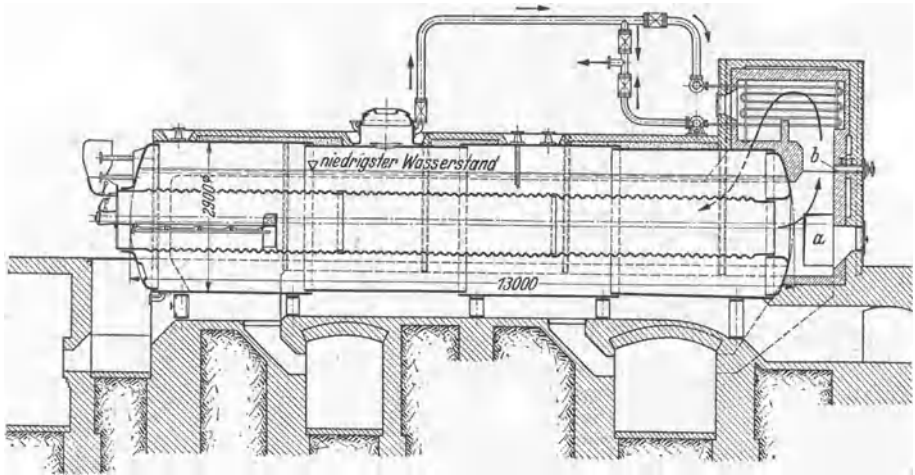


Abb. 81. Eine Höchstleistung des Kesselbaues: Zweiflammrohrkessel von 180 Quadratmeter Heizfläche und 18 Atm. Betriebsdruck von der Maschinenfabrik Germania, Chemnitz.  
a und b = Schamotteschieber zur Überhitzerregelung.

Man unterscheidet glatte Flammrohre, Stufenrohre, Flammrohre mit Gallowaystutzen und Wellrohrflammrohre. Die vorderen Flammrohrschüße sind bei größeren Flammrohrkesseln in der Regel etwas weiter als die hinteren, damit ein breiter Kofst eingebaut werden kann. Bei allen Flammrohrarten vermeidet man im Feuerraume Nietverbindungen, und man läßt daher den ersten Flammrohrschuß bis hinter die Feuerbrücke reichen. Die glatten Flammrohre und die Stufenrohre sind veraltet. Bei den Stufenrohrkesseln schließen sich an den ersten Flammrohrschuß eine große Anzahl sehr kurzer Flammrohrschüße von abwechselnd engem und weitem Durchmesser an. Ihre Länge ist etwa gleich ihrem Durchmesser. Sie sind so miteinander verbunden, daß die unteren Mantellinien der Schüße entlang dem ganzen Flammrohre eine gerade Linie bilden. Hierdurch wird die Ablagerung der Flugasche in den weiten Schüssen verhindert und ihre Beseitigung beim Herausziehen mit einer Krücke erleichtert.

Die Gallowayrohre (Abb. 82) sind in die Flammrohre quer eingesetzte Rohre, sog. Quersieder. Damit ausgerüstete Kessel nennt man Gallowaykessel (siehe Unterkessel in Abb. 95). Sie fördern den Wasserumlauf im Kessel und versteifen die Flammrohre sehr wirksam. Bei neuen Dampfkesseln werden sie in die Wellrohr-

flamrohr eingeschweißt und gekrümmt ausgeführt, im übrigen aber selten verwendet, da die Wellrohre keiner Versteifung bedürfen.

Die gewellten Flamrohre sind wegen ihrer Vorzüge 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 Flamrohrdurchmessers läßt sich ein breiter Koft in die Feuerung einbauen.

3. Sie vergrößern die Heizfläche um  $\frac{1}{7}$ , gegenüber der Heizfläche der glatten Flamrohre.

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 abblättert.

5. Die Wellen machen die Rohre elastisch, so daß der Kessel bei Längenausdehnungen durch die Wärme geschont wird.

Je nach der Form der Wellen unterscheidet man verschiedene Wellrohrarten, die gebräuchlichsten sind die Wellrohre nach Fox und Morison.

Glatte Flamrohre werden durch die Adamson'sche Verbindung (Abb. 84) wirksam versteift. Bei älterem Dampfkessel ist auch der Fairbairn'sche Winkelleisenring anzutreffen (Abb. 83). Die Kesselmäntel bedürfen keiner Versteifung, da der Innendruck das Bestreben hat, unrunde Stellen rund zu drücken.

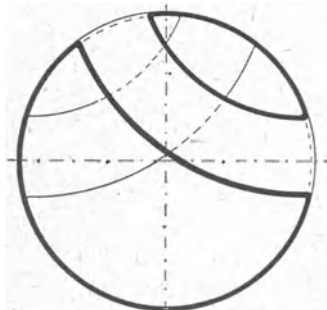


Abb. 82. Flamrohr mit gekrümmten Gallowayrohren.

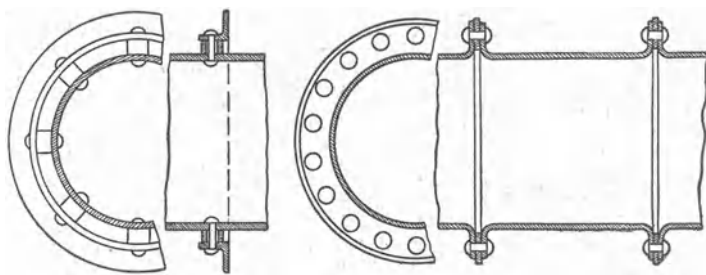


Abb. 83.

Abb. 84.

Fairbairn'scher Versteifungsring. Adamson'sche Flamrohrverbindung.

Auf 1 Quadratmeter Heizfläche eines Zweiflamrohrkessels können im Durchschnitt stündlich 25 Kilogramm Wasser verdampft werden; jedoch läßt sich bei Kesseln mit reichlichen Koftflächen diese Wassermenge auf 40 Kilogramm steigern. Eine sehr wirksame Heizfläche sind die Flamrohre, die bei Innenfeuerung die gesamte strahlende Wärme des Feuers aufnehmen. Vorfeuerungen sind daher nur im äußersten Falle anzuwenden. Die Flamrohrkessel eignen sich für Betriebe mit schwankendem Dampfverbrauche, liefern infolge des großen Dampftraumes und des großen Wasserpiegels ziemlich trockenen Dampf, ermöglichen infolge ihrer Einfachheit einen sicheren und ungestörten Betrieb und verursachen wenig Reparaturen.

Der **Heizrohrkessel** (Abb. 85 und 86) ist ein Walzenkessel mit einer größeren Anzahl enger, in die Stirnböden eingewalzter Rohre, die auf der äußeren Seite



vom Kesselwasser bespült und innen von den Heizgasen durchzogen werden. Die Heizrohre sind gewöhnlich in zwei Gruppen angeordnet, deren lichter Ab-

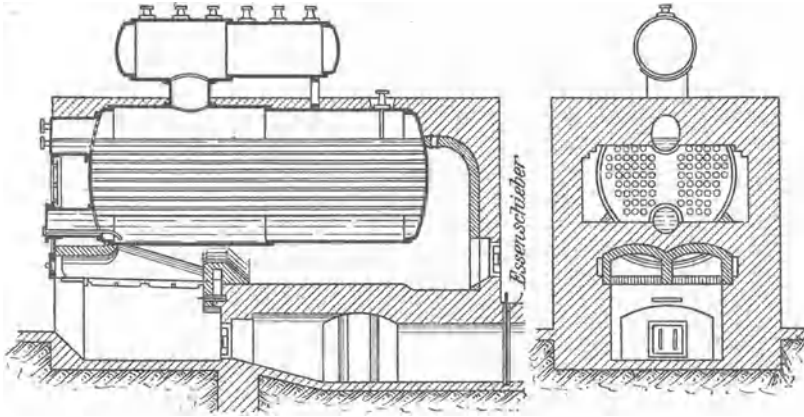


Abb. 85 und 86. Heiz- (Rauch-) Rohrkeffel mit Unterfeuerung.

stand 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

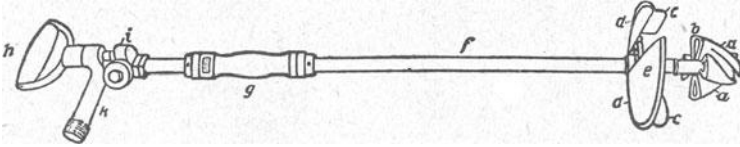


Abb. 87. Rußblaseapparat zum Reinigen der Rauchrohre von Alfred Fraissinet, Chemnitz.

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

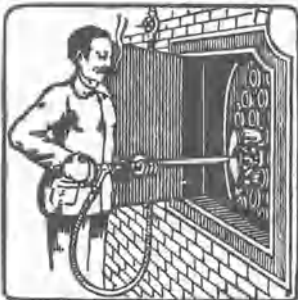


Abb. 88. Rußbläser an einem Rauchrohrkeffel im Gebrauch.

Die Heizrohre sind wöchentlich ein- oder zweimal mittels Dampfstrahlgebläses (Abb. 87) oder Drahtbürste von Ruß und Flugasche zu reinigen, da andernfalls die Wirkung ihrer Heizfläche und der Essenzug beeinträchtigt werden. Die Reinigung kann während der Mittagspause oder nach Feierabend bei vermindertem Essenzug stattfinden. Die Heizrohre werden hierfür zugänglich gemacht, indem der vor ihnen liegende Essenzug nicht abgemauert, sondern mit zwei gußeisernen Türen abgeschlossen wird.

Die Stirnböden des Heizrohrkessels können flach oder gewölbt sein. Es gibt 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. Der Heizrohrkessel nimmt bei ziemlich großer Heizfläche wenig Platz ein, läßt sich schnell anheizen, verlangt aber 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; sie 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 näheren 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 an einem Stutzen am vorderen Rohrboden unterhalb der Heizrohre oder an einem Stutzen 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 vom Speisewasser getroffen wird.

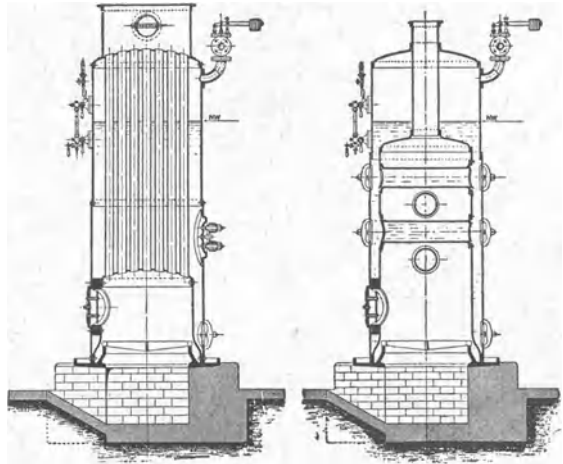


Abb. 89. Stehende Feuerbüchsenkessel mit Rauchrohren  
Abb. 90. Stehende Feuerbüchsenkessel mit Siederohren.

Bei der Speisung von oben läßt man das Einhängerohr dicht unter dem niedrigsten Wasserstand münden. Das Speisewasser soll auch aus dem Grunde wenig Schlamm und Kesselstein absetzen, weil derartige Ablagerungen häufig die Ursache von Ausbeulungen in der Feuerplatte über dem Roste sind.

Wird ein einzelnes Rohr undicht, etwa in Folge von Anstößen auf der Wasser- oder Feuerseite, und ist nicht sofort ein Ersatzrohr zur Hand, so kann man eine größere Betriebsunterbrechung vermeiden, indem man jedes Rohrende mit einem gedrehten, konischen Eisenstößel verschließt und die beiden Stößel mittels einer durch das ganze Rohr hindurchreichenden Schraube fest in die Einwalzstellen des Rohres hineinpreßt (siehe Abb. 91). Bei der Anfertigung der Stößel ist zu beachten, daß die Heiz- und Siederohre an einem Ende etwa 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. Die e Ringe (siehe Abb. 92) werden aus 3 bis 4-Millimeter dickem Flachisen hergestellt. Ihre Breite macht man gleich der Dicke des Rohrbodens.

**Der kombinierte oder zusammengesetzte Dampfkessel** besteht aus zwei übereinanderliegenden Dampfkesseln. Der Unterkessel ist stets ein Zweiflammrohrkessel,

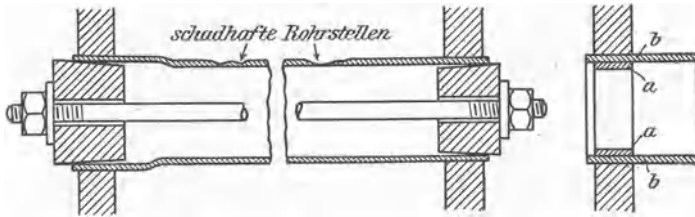


Abb. 91. Verstopfung eines schadhaften Rauch- oder Siederohres.

Abb. 92. Abdichten eines Rauchrohres durch den Ring a.

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 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 Dampf 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 Berengung 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.)

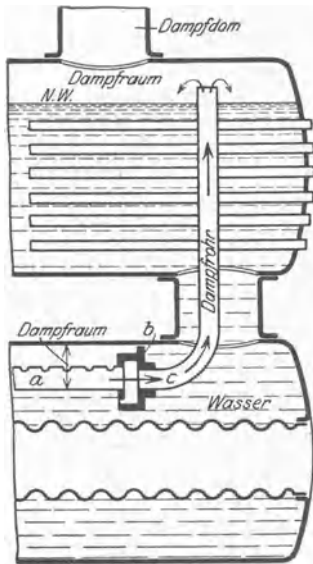


Abb. 93. Kombiniertes Dampfkessel mit zwei Dampfäumen. b ist eine Wand im Unterkessel und enthält das Rohr c für die Ableitung des Dampfes nach dem Oberkessel. Der Unterkessel hat keine Wasserstandsanzeiger. Der Dampf kann den Wasserstand nicht tiefer drücken als bis zur Unterante des Rohres a.

Trotzdem werden die meisten kombinierten Kessel mit je einem Dampfraum im Ober- und Unterkessel gebaut. Die Dampfäume werden durch ein unverschließbares Rohr verbunden, so daß in beiden Kesseln immer dieselbe Dampfspannung vorhanden ist. Bei diesem Kesselsystem erhält zwar jeder Kessel eine völlig getrennte Speiseführung; 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.

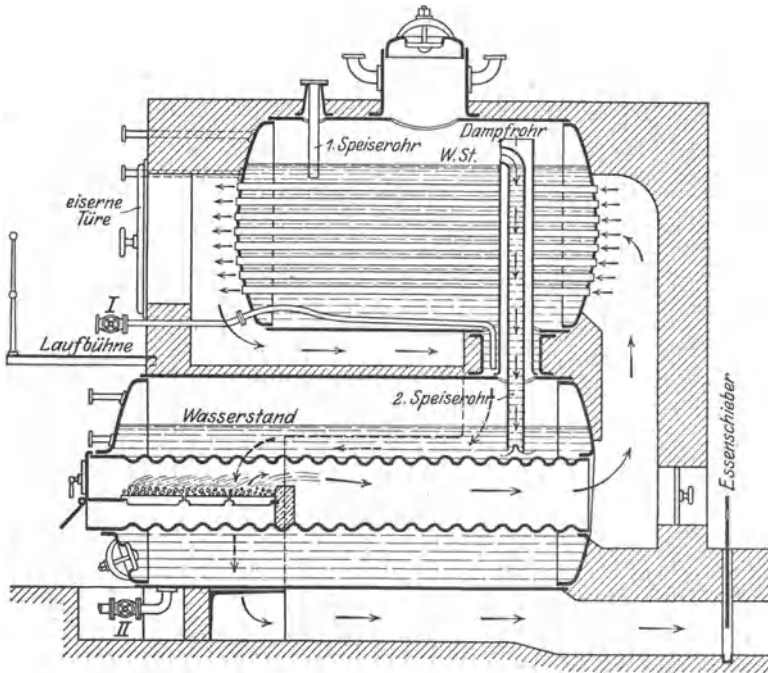


Abb. 94. Kombiniertes Kessel. Oben: Heizrohrkessel, unten: Zweiflammrohrkessel, beide mit je einem Dampfraum. I, II sind die Ablaßventile. Gewöhnlich wird in den Oberkessel gespeist. Ist dieser genügend mit Wasser gefüllt, so läuft das weiter hinzugespeiste Wasser durch das 2. Speiserohr (Überlaufrohr) in den Unterkessel. Letzterer hat außerdem für den Notfall eine besondere (nicht gezeichnete) Speiseleitung.

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. 94, 95) 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 drei Wellrohrflamrohr 71,4, auf den hinteren unteren Stirnboden 2, auf den Oberkesselmantel 37,5, auf die 270 Heizrohre 442 und auf die beiden oberen Stirnböden 8,4 Quadratmeter Heizfläche. 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 Kostfläche unterzubringen.

Die Feuerung ist bei allen kombinierten Dampfkesseln eine Planrostinnen-  
feuerung, die bei neueren und größeren Kesseln einen selbsttätigen Beschädigungs-  
apparat mittels Wurfrad oder Wurfschaufel erhält. Bei großen Kesselanlagen  
macht sich dann der Mangel dieser Feuerungen, daß sie von Hand abgeschlädt  
werden müssen, durch Verminderung der Kesselleistung sehr bemerkbar. Sie werden  
daher auch mit Stoker- und anderen vollmechanischen Feuerungsapparaten für  
größere Koftflächen ausgerüstet.

**Der ausziehbare Rauchrohrkessel** — Lokomobilkessel — Abb. 96 ist aus einem  
äußeren Kessel mit ebenen Stirnböden und einem ausziehbaren Rohrsystem zu-  
sammengesetzt. Letzteres besteht aus der Feuerbüchse (Flammrohr) mit dem Koft

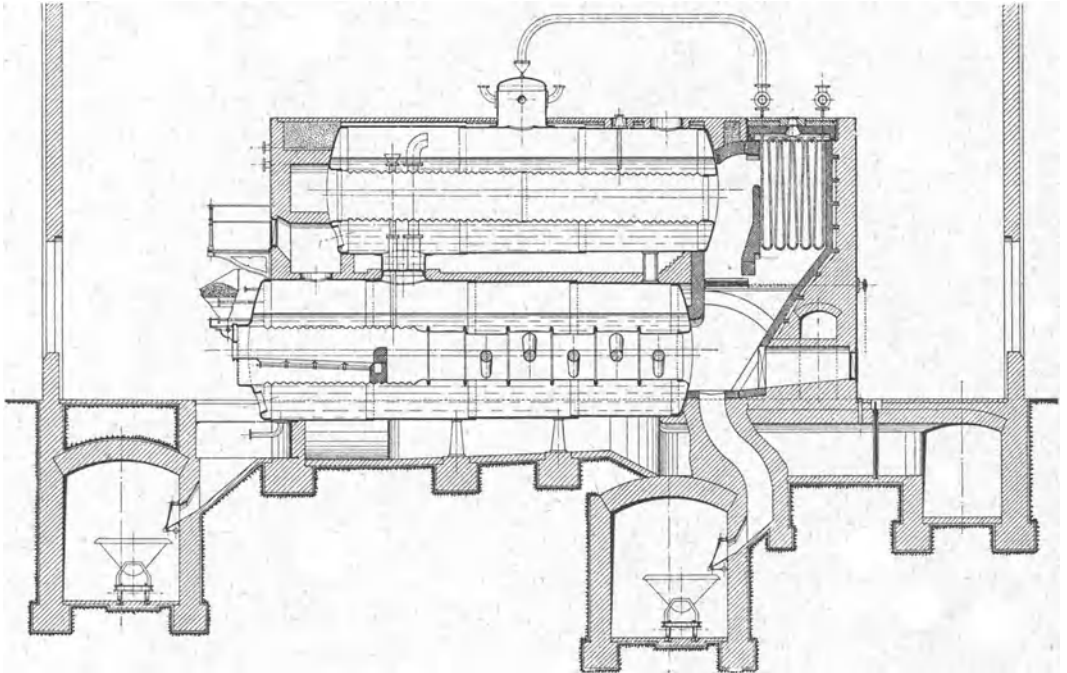


Abb. 95. Kombiniertes Kessel der Firma F. V. Dschak, Kom.-Ges., Dampfkesselfabrik  
Meerane i. Sa., Flammrohr im Unterkessel mit Gallowayrohren, der Überhitzer ist senkrecht  
angeordnet und durch Verschieben einer waagerechten Schamotteplatte von den Rauchgasen  
absperrbar.

und den Heizrohren, die vorn in die Feuerbüchse, hinten in eine Rohrwand einge-  
walzt sind. Das fertige Rohrsystem wird in den Außenkessel von vorn hineingescho-  
ben, an der vorderen und hinteren Stirnwand des Kessels unter Verwendung von  
Weichgummi- oder Klingeritdichtungen festgeschraubt und kann nach Lösung die-  
ser Schrauben von der Rauchkammerseite her mittels einer Winde herausgedrückt  
und bequem gereinigt werden. Die Schrauben sind behutsam zu behandeln, mit  
Graphit und Talg einzuschmieren und am warmen, aber druckentlasteten Kessel  
zu lösen. Für das Herausziehen, Reinigen und Wiedereinsetzen des Rohrsystems  
genügt meist ein Tag. Die Heizrohre sind so angeordnet, daß sie von allen Seiten  
gereinigt werden können. Der Außenkessel ist mit Wärmeschutz und darüber liegen-  
dem Blechmantel verkleidet. Die Lokomobilkessel beanspruchen bei großer Heiz-  
fläche wenig Platz, haben verhältnismäßig geringes Gewicht, nützen die Kohle  
gut aus und lassen sich schnell anheizen.

Die Dampfmaschine ruht in einem einteiligen, gegen Formverschiebungen gesicherten Lagerbock, der ihre Triebkräfte aufnimmt und deren Übertragung auf den Kessel fernhält. Die Zylinder können sich in einer Gleitbahn in ihrer Längsrichtung frei ausdehnen. Wärmeübertragung zwischen Kessel und Maschine (vom Satttdampf zum überhitzten Dampf) ist durch Wärmeschutzmasse und Luftspalt unterbunden. Kohlenverbrauch im oben angegebenen Falle: 0,686 Kilogramm stündlich je PS bei Kohlen von 7775 W. E.

Der Wasserrohr- oder engrohrige Siederohrkessel besteht entweder völlig oder zum weitaus größten Teile aus einer großen Zahl enger Rohre von 70 bis 120 Millimeter lichtem Durchmesser (Abb. siehe Seite 53, 102, 103 und 105) und wird als Schrägrohr- und als Steilrohrkessel ausgeführt. Bei den Schrägrohrkesseln unter-

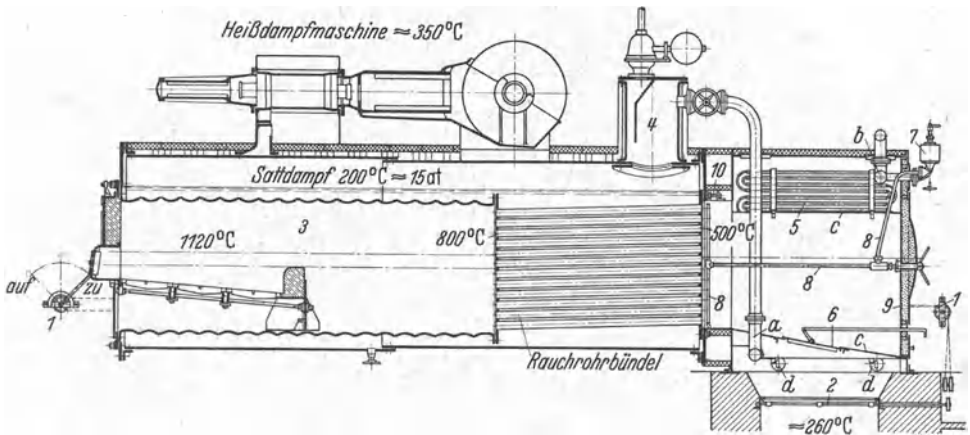


Abb. 96. Lokomotive mit Großfeuerbüchse neuester Bauart (DRP.) der Maschinenfabrik Budau R. Wolf, A. G., Magdeburg-Budau, mit Dampfüberhitzer in der Rauchkammer und mit Langflammrohr (Wellrohr). Vorzüge des letzteren: großer Feuerraum mit gleichmäßiger Verteilung der Rauchgase und guter Verbrennung auch gasreicher Brennstoffe, Schutz der vorderen Rohrwand infolge ihres weiten Abstandes vom Kofst vor Überheizung und plötzlicher Abkühlung, große Elastizität des Rohrsystems. Die hintere Schraubenreihe 10 des Rohrsystems liegt außerhalb der Rauchgase in einem Verbindungshals des Langkessels mit der Rauchkammer und ist ohne Entfernung des Überhitzers lösbar. Reichlich bemessener Dampfdom mit den Sicherheitsventilen und dem Dampfentnahmrohr nach dem Überhitzer. Temperaturverlauf der Feuergase: über dem Kofst 1120, bis zum Eintritt in die Heizrohre Abfall auf 800, beim Austritt aus denselben (Eintritt in die Überhitzerkammer) 500 und beim Austritt aus dem Überhitzer 260° Celsius. Überhitzer Dampf etwa 350°. Stündliche Dampfleistung je Quadratmeter Heizfläche 25 kg bei Planroßfeuer von 2,2 Quadratmeter Kofstfläche, 15 Atm. Betriebsdruck, 100 Quadratmeter Kesselheizfläche und 350 PS Dampfmaschinenleistung. Hierbei entfallen rund zwei Drittel auf die Strahlungsheizfläche der Langfeuerbüchse mit 200, auf die Heizflächen beim Eintritt der Feuergase in die Heizrohre etwa 30 und beim Austritt aus denselben etwa 8 kg je Quadratmeter, worauf sich die kurze Baulänge der Heizrohre begründet. 1 = Hebel am Heizerstand zur Betätigung des Essenchiebers 2 (Drehchieber). 5 = Dampfüberhitzer in der Rauchkammer, bei a Eintritt des Satttdampfes, bei b Austritt des überhitzten Dampfes. c = herausnehmbare Blechtrommel mit Fahrrollen d. 6 = Schieber zum teilweisen Ausschalten des Überhitzers aus den Rauchgasen. 7 = an den Überhitzer angeschlossener Verteiler für den Ausblasedampf. 8 = drehbares Dampfrohr mit Düsen zum Ausblasen der Rauchrohre. Der Überhitzer wird mittels eines Metallschlauches gereinigt, der durch mehrere, in einem Kreise angeordnete, mit Verschlussklappen versehene Öffnungen in der hinteren Stirnwand der Rauchkammer hindurchgesteckt wird. Der Metallschlauch ist an den Verteiler 7 angeschlossen. 9 = Tür der Rauchkammer mit Isolierfüllung.

scheidet man solche mit und solche ohne Wasserkammern. Kessel ohne Wasserkammern bestehen lediglich aus Rohren bis zu 100 Millimeter lichte Weite, werden

auch Sicherheitsdampfessel genannt und dürfen unter bewohnten und übersehten Räumen aufgestellt werden. (Näheres siehe die gesetzlichen Vorschriften über Dampfessel.) Wasserkammern nennt man die kastenförmigen Kesselteile, in denen die Siederohre mit ihren Enden eingewalzt sind. Bei den Großkammerkesseln sind nur zwei solche Kammern vorhanden, während bei den Teilkammerkesseln, die man auch **Sektionskessel** nennt, die Großkammern in einzelne nebeneinander liegende schmale Glieder, die Sektionen, mit je einer senkrechten Rohrreihe aufgelöst sind (Abb. 101). Die Großkammern erstrecken sich vorn und hinten über die ganze Kesselbreite und haben demnach bei großen Kesseln sehr große Abmessungen. Ihre Wände sind gegen den Innendruck durch Stehbolzen (Abb. 115, Seite 112) miteinander verbunden und versteift. Oberhalb der Siederohre liegen ein oder zwei Zylinderkessel, mit deren Wasserraum sie verbunden sind (Abb. 56, Seite 53). Infolge der schrägen Lage der Siederohre liegt die hintere Wasserkammer beträchtlich tiefer als die vordere und erhält deshalb auch an ihrer untersten Stelle ein, bei breiten Kesseln zwei Ablassventile. Unterhalb der Siederohre liegt der Kof. Die nach vorn aufsteigende Lage der Siederohre bewirkt eine rasche Auf-

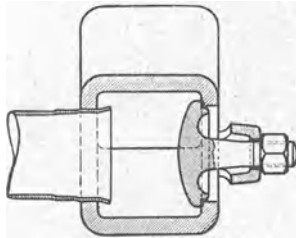


Abb. 97. Schnitt durch eine Sektionskammer mit Handlochverschluß.

wärtsbewegung des Dampf- und Wassergemisches in den Siederohren und in der vorderen Wasserkammer nach dem Oberkessel, wo die Dampfblasen aussteigen und über der Mündung der Wasserkammer eine Blechhaube angebracht ist, die das heftig in die Höhe strömende Wasser nach hinten leitet und den Wasserstand in den Wasserstandsgläsern ruhig hält. Das nach dem hinteren Kesselteil abgelenkte Wasser sinkt in der hinteren Wasserkammer nieder und tritt wieder in die Siederohre ein. Es entsteht demnach ein ziemlich kräftiger selbsttätiger Wasserumlauf. Damit die unteren Siederohre in denselben möglichst ergiebig einbezogen werden, sind bei manchen Bauarten einige mittlere waagerechte Rohrreihen weggelassen. Die Siederohre sind in der vorderen Einwalzstelle etwa 3 Millimeter aufgeweitet und infolgedessen bei Reparaturen von hinten nach vorn herauszuschlagen. Damit sie für die Reinigung zugänglich sind und überhaupt eingewalzt werden können, muß vor jedem Rohrende in der äußeren Wand jeder Wasserkammer eine Öffnung mit einem Verschlußdeckel vorhanden sein. Auf diese Verschlüsse (Abb. 97) ist besondere Sorgfalt zu legen. Bei jeder Kesselreinigung sind sie mit den zugehörigen Verschraubungen gründlich auf etwaige schadhafte Stellen hin zu untersuchen und ihre Dichtungsflächen zu reinigen. Mängel verursachen Undichtheiten, die meist nur nach Außerbetriebsetzung und Entleerung des Kessels behoben werden können. Als Dichtung für die Verschlußdeckel werden Ringe aus Gummi, Klingerit, Asbest oder Kupfer verwendet. Einige Kesselabriken schleifen die Deckel dampfdicht in die Bohrungen der Wasserkammern ein, so daß es einer weiteren Abdichtung nicht bedarf. Damit man die (runden) Verschlüsse einsetzen und herausnehmen kann, sind in dem gesamten Rohrsystem in bestimmten Abständen Bohrungen für ovale Deckel vorhanden, durch welche die runden Deckel hindurchgesteckt werden können.

Zur Speijung der Wasserrohrkessel darf nur gut gereinigtes und enthärtetes Wasser verwendet werden. Denn trotz dem lebhaften Wasserumlauf setzt sich bei hartem Wasser Kesselstein in den Siederohren ab (Abb. 99), der sich nur schwierig mit Schabern oder Rohr- und Turbinenreinigern entfernen läßt. Der Schlamm muß durch öfteres Ausblasen 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 Querwand eingefügt, durch die verhindert werden soll, daß der Schlamm aus dem Oberkessel in die hintere Wasserkammer und in die Siederohre geschleppt wird.

Bei Kesseln mit niedrigem Feuerraum ist es öfter vorgekommen, daß die untersten Siederohre krumm wurden und erneuert werden mußten, da die Gefahr bestand, daß sie sich aus der Einwalzstelle herausziehen. Auch werden diese Rohre infolge des fortwährenden Anpralles der Flugasche oft so dünn, daß sie aufreißen (Abb. 99). Gut zu beobachten sind ferner die über dem Feuergewölbe gelegenen Schweißstellen der Wasserkammern älterer Kessel, da sie wiederholt den Ausgangspunkt für Kesselexplosionen gegeben haben, namentlich wenn die nächsten Stehbolzen (s. Abb. 115, Seite 112) geplatzt waren. Die Wasserkammern werden daher bei neuen Kesseln nicht mehr in den Ecken stumpf geschweißt, sondern umgebogen und nur die äußere Wand angeschweißt (Abb. 98).

Die Feuerung ist nur noch bei kleinen Wasserrohrkesseln eine starre Planrostfeuerung mit Handbeschickung. Neuere und größere Kessel erhalten Wanderroste,

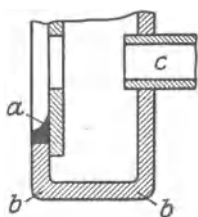


Abb. 98. Unterer Teil einer neueren Ausführung der Wasserkammer. Die älteren Wasserkammern haben bei b Schweißstellen, die schwierig auszuführen waren und durch Aufreißen zu Kesselexplosionen Anlaß gaben. Die Schweißstelle a der neueren Wasserkammern ist sicherer herzustellen, c = die unterste Reihe der Siederohre.

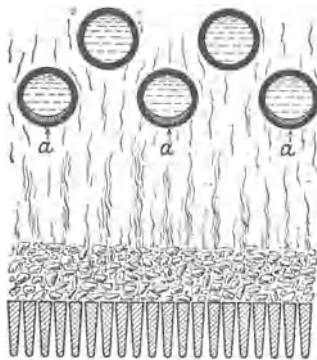


Abb. 99. Die untersten Siederohre sind an den Stellen a außen durch die anprallende Flugasche geschwächt und innen mit Kesselstein behaftet.

Stokerfeuerungen oder Wurfapparate, bei Braunkohlenfeuerungen Treppenroste mit mechanischem Vorschub. 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 senkrechten Zügen. In neueren Kesseln ist die Zugführung sehr vereinfacht worden, und es gibt auch sog. Einzug-Kessel, bei denen die gesamte Heizfläche in einem aufsteigenden Zuge und Economiser und Luftzähler im abfallenden Zuge nach dem Schornstein liegen. Die Zugführung wird durch gußeiserne Platten zwischen die Siederohre 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.

Bei den Teilkammerkesseln sind die Spalten zwischen den Rohrsektionen (Abb. 101) zur Verhütung des Ansaugens falscher Luft in den Feuerraum mit Abbestichmür dicht gemacht. Einer Versteifung durch Stehbolzen, wie dies bei den



Großkammern notwendig ist, bedürfen sie nicht, da bereits ihre Bauart genügende Steifheit gegen den Dampfdruck im Innern hat. Die Rohrsektionen haben ferner den Vorteil, daß sie in der Kesselschmiede hergestellt werden können und hierdurch die Kesselmontage am Betriebsort wesentlich abgekürzt wird.

Der Teilkammerkessel (Abb. 100) hat viel Verbreitung gefunden und den Großkammerkessel zurückgedrängt; hierzu hat viel beigetragen, daß er sich für ganz hohe

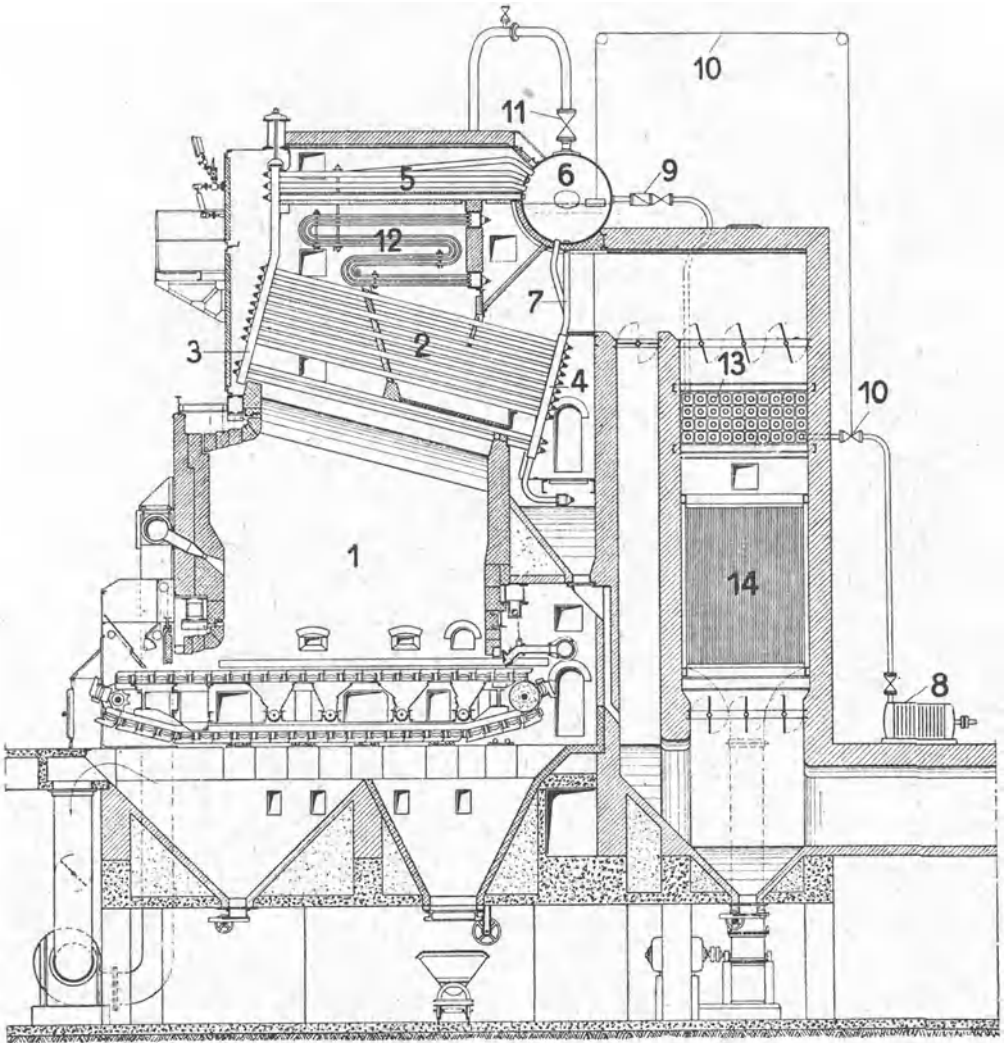


Abb. 100. Babcock-Hochleistungs-Sektion-(Teilkammer)-Kessel mit Unterwind-Zonen-Wandetrost. 1 = Feuerung; 2 = Schrägrohre; 3 u. 4 = Sektions- oder Teilkammern; 5 = Überströmrohre aus den vorderen Sektionskammern in die Kesseltrommel 6; 7 = Fallrohre aus der Kesseltrommel in die hinteren Sektionskammern 4; 8 = Speisepumpe; 9 = Speise-(Rückschlag-)Ventil; 10 = selbsttätiger Speiseregler hält den Wasserstand in Trommel 6 auf gleicher Höhe; 11 = Dampfventil nach dem Überhitzer 12, der für das Anheizen mit Hilfe eines Füllventils zu füllen und vor Beginn der Dampfabgabe zu entwässern ist; 13 = Speisewasservorwärmer (Economiser) ist in die Speiseleitung der Speisepumpe 8 eingebaut; 14 = Luftvorwärmer zum Vorwärmen der Verbrennungsluft (des Unterwindes).

Drücke eignet, während der Großkammerkessel nur bis etwa 25 Atmosphären verwendet wird. Teilkammerkessel sind zur Zeit ausgeführt worden bis zu 2200 Quadratmeter Heizfläche und 150 Atmosphären Druck. Er wird als **Höchstleistungskessel** mit Zonenwandrost und Unterwind in vielen Sonderarten gebaut. Die wesentlichste Abweichung von der üblichen Bauart besteht hierbei darin, daß man die Längstrommeln mit ihrem großen Dampf- und Wasserraum durch eine kleine, billige Quertrommel ersetzt hat und der Kessel in Verbindung mit der elastischen Feuerung eine sehr große Anpassungsfähigkeit an weitgehende Belastungsschwankungen



Abb. 101. Zwei nebeneinander liegende Glieder des Sektionalkessels. Die Deckelverschlüsse sind links miteingezeichnet, rechts weggefallen.

erhält. Der kleine Wasserinhalt der Höchstleistungskessel hat jedoch den Nachteil, daß beim Versagen der Kesselspeisung schon nach wenigen Minuten Gefahr für die Betriebssicherheit besteht. Um den Betrieb in solchen Fällen nicht unterbrechen zu müssen, wird über dem Kessel eine von den Heizgasen nicht bestrichene Vorrattstrommel (Abb. 102) angeordnet, die die Speisung des Kessels bei Störung der Kesselspeisung übernimmt.

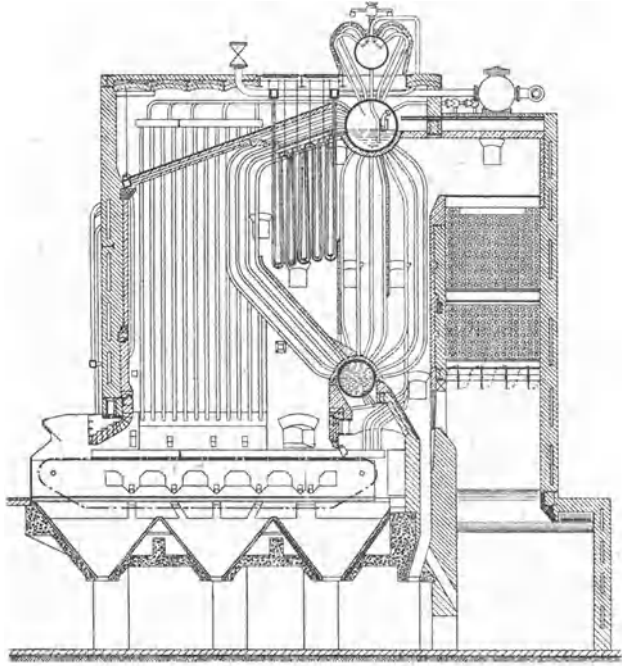


Abb. 102. Hochleistungs-Steilrohrkessel der Firma Steinmüller, Gummersbach, 555 m<sup>2</sup> Kesselheizfläche, Zonenwandrost mit 5 regelbaren Zonen für den Unterwind, mit senkrechtem Überhitzer und mit Rippenrohrökonomiser. Die oberste Trommel ist die Dampftrommel mit den Sicherheitsventilen und den Rohren für den Satteldampf nach dem Überhitzer. Sie ist mit dem Dampfraum der darunter liegenden Kesseltrommel durch die Dampfzuleitungsrohre und mit dem Wasserraum derselben durch senkrechte Rohre für den Abfluß von Kondenswasser verbunden und samt diesen Rohren durch Isolierverkleidung gegen Wärmeausstrahlung geschützt. Rechts oben, außerhalb der Kesselzüge, Speisewassertrommel als Wasserreservoir, dessen Inhalt bei Störungen der Kesselspeisung als Speisewasservorrat dient. Der Feuerraum ist an den Wänden mit Kühlrohren im Wasserumlauf verkleidet. Die Rohre an der Außenseite seiner vorderen Wand sind nicht beheizte Fallrohre. Stündl. Kesselleistung bis zu 105 kg/m<sup>2</sup> Normaldampf.

Die Wände der Feuerräume der Höchstleistungskessel werden mit Kühlrohren verkleidet, die in den Wasserumlauf des Kessels einbezogen sind und die Feuerraumtemperatur in Grenzen halten, die für die Ausmauerung und die bestrahlten Siederohre unschädlich sind.

Die Dampferzeugung der Wasserrohrkessel ist durch deren Ausbau zu Hochleistungskesseln ganz beträchtlich gesteigert worden und gilt zur Zeit mit 50 bis 60 Kilogramm Dampf je Quadratmeter Heizfläche und Stunde als normal gegenüber 16 bis 20 Kilogramm bei den älteren Bauarten (siehe Seite 53).

Zur Entfernung des Rußes und der Flugasche von der Rohrheizfläche dienen bei neueren und größeren Wasserrohrkesseln in die Wände des Kesselgemäuers fest eingebaute, an den Dampfraum angeschlossene Rußbläser. Ihre Blasrohre erstrecken sich über die ganze innere Kesselbreite, werden mittels Kette und Kettenrad um ihre Achse gedreht und in der Längsrichtung verschoben, so daß die aus vielen Düsen austretenden Dampfstrahlen die Siederohre gut bestreichen. Zur Beseitigung starker Schlackenverkrustungen an den untersten Rohrreihen des ersten Kesselzuges verwendet man einen Eindüsenbläser, der zum Schutze vor der Einwirkung der Feuergase seine Ruhestellung in einer Ausparung im Mauerwerk erhält.

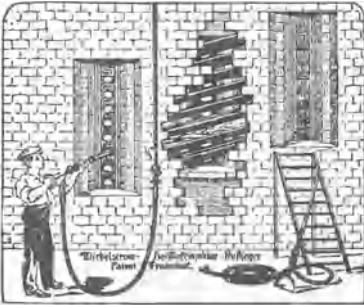


Abb. 103. Abblasen des Rußes und der Flugasche an einem (kleinen) Wasserrohrkessel von der Längsseite des Kesselgemäuers aus. In letzterem ist eine große, in Wirklichkeit jedoch nicht vorhandene Öffnung gezeichnet, damit die Siederohre sichtbar sind. Auf dem Bilde steht der Arbeiter in der Nähe der hinteren, die Leiter in der Nähe der vorderen Wasserkammer.

**Der Steilrohrkessel** besteht bei den zur Zeit geläufigen Bauarten aus zwei oder drei nahezu senkrechten Rohrbündeln, die unten in eine gemeinsame Untertrommel, oben in je eine Obertrommel eingewalzt sind. Die Zahl der Trommeln ist wegen ihres hohen Preises und aus konstruktiven Gründen, wie Beschleunigung der Dampferzeugung bei kleinem Wassergehalt des Kessels, Verbesserung des Wasserumlaufes und Vereinfachung und Verbilligung der Kesselanlage, immer mehr verringert worden und ist jetzt der Zweitrommelkessel mit Speichertrommel (Abb. 102) der

üblichste Kessel. Die Steilrohre haben 70 bis 100 Millimeter lichten Durchmesser und sind zum Teil stark gekrümmt und infolgedessen sehr elastisch, was bei ihrer beträchtlichen Länge zur Aufnahme der Wärmedehnungen und zur Verhütung der großen, meist unberechenbaren Wärmespannungen in den Walzstellen sehr wesentlich ist. Letztere werden außerdem durch Verkleidung mit feuerfesten Steinen oder durch Aufsprühen von Schamotte (Torkretierung) der Einwirkung der Feuergase entzogen. Auf die Sicherheit der Walzstellen wird von den Kesselabriken viel Sorgfalt verwendet (siehe Seite 103). Die untere Trommel hängt bei manchen Ausführungen (Steinmüller) an geraden Ankerrohren und die zu beiden Seiten derselben angeordneten Rohrreihen erhalten eine solche Krümmung, daß sie den in der Längsrichtung auftretenden Wärmespannungen leicht zu folgen vermögen. Aus gleichem Grunde werden die Kessel auch in eisernen Gerüsten aufgehängt. Das Mauerwerk wird nach beendetem Zusammenbau des Kessels ausgeführt und dient nur dem Abschluß der Feuerzüge, hat also keinen Druck durch das Kesselgewicht auszuhalten.

Zweitrommelkessel werden wie die Wasserkammerkessel zumeist mit Wasserspeichertrommel (Abb. 102) ausgerüstet, um den Betrieb beim Versagen der Speisung

wenigstens für 20 bis 30 Minuten sicherzustellen. Heizflächenbelastungen von 50 bis 60 Kilogramm je Quadratmeter und Stunde gelten für Höchstleistungskessel mit Unterwind-Zonenwandrosten auch bei Verfeuerung geringwertiger Brennstoffe als normal. Gebaut werden diese Kessel für alle Drücke und Heizflächengrößen (zur Zeit bis 2400 Quadratmeter).

Die Frage, ob im jeweiligen Falle dem Teilkammer- oder dem Steilrohrkessel der Vorzug zu geben ist, ist weniger eine technische als eine finanzielle und nach der Rentabilitätsberechnung und der Betriebsführung zu entscheiden.

Der **Winandskessel** (D.R.P.) von Weichelt & Wadwitz, Neumark i. Sa., ist ein **Großwasserraum-Steilrohrkessel** (Abb. 104). Der Steilrohrkesselteil ist von der üblichen Bauart mit zwei waagerechten Trommeln, in die die Siederohre oben und unten eingewalzt sind. Der Großwasserraum wird von einem oder mehreren senkrechten Trommeln gebildet. Die senkrechten und waagerechten Trommeln sind im Wasser- und Dampfraum durch Rohre miteinander verbunden und haben daher gemeinsamen Wasserstand und Dampfdruck. Der große Wasserinhalt der senkrechten Trommeln dient als Wärme- und Wasserspeicher. Er hilft über Spitzenbelastungen hinweg, wobei die Speisung ruhen kann, ohne einen Wassermangel im Kessel befürchten zu müssen. Die Speichertrommeln sind durch zwei Rohrböden in je drei Räume P, M und K unterteilt, die für den Wasserumlauf und Druckausgleich

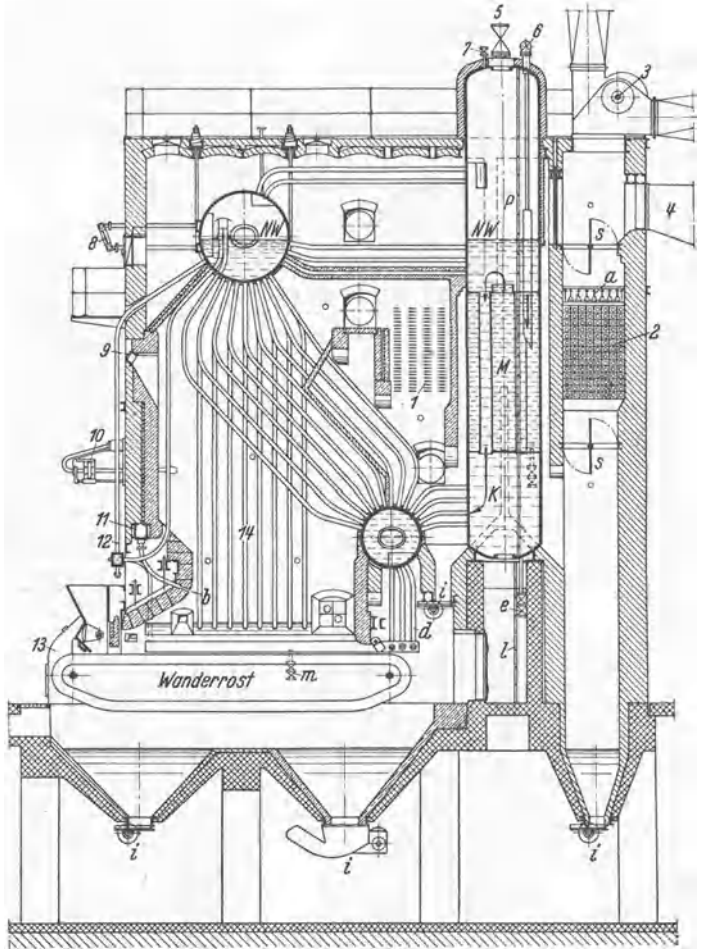


Abb. 104. Winandskessel von Weichelt & Wadwitz, Neumark i. Sa. 1 = Überhitzer, 2 = Rippenrohrkonformer mit Kupfbläser a, 3 = Saugzuanlage, 5 = Dampfventil nach dem Überhitzer, 6 = Speiseleitung, 9 = Sicherheitsklappe, 10 = Kupfbläser, 11 = Oberluftkanal mit Luftzufuhrrohren b nach dem Feuerraum, 12 = außenliegende Fallrohre von der oberen Trommel nach den Sammelkästen längs der Rostbahn und mit den Siederohren d nach der unteren Trommel. Sie sind nicht beheizt, damit ihre abwärts gerichtete Wasserströmung nicht durch aufwärts steigende Dampfblasen gestört wird. i = Ablasschieber für Flugasche, m = Abschlämmentil für den Sammelkasten c.

gen hinweg, wobei die Speisung ruhen kann, ohne einen Wassermangel im Kessel befürchten zu müssen. Die Speichertrommeln sind durch zwei Rohrböden in je drei Räume P, M und K unterteilt, die für den Wasserumlauf und Druckausgleich

durch Wasserrohre miteinander verbunden sind. Das Speisewasser tritt in den Mittelraum M unten ein, steigt nach Maßgabe der Speisung in die Höhe und strömt durch ein weites Überlaufrohr in den Raum P. Hier wird es vom selbsttätigen Kreislauf des Kesselwassers erfasst. Der Kreislauf führt es zunächst durch die senkrechten Rohre hindurch nach dem unteren Raume K der Speichertrommel und von dieser nach der danebenliegenden waagerechten Trommel des Steilrohrkessels. In den aufsteigenden Siederohren über dem Feuer erhält er einen starken Auftrieb nach der oberen waagerechten Trommel und verläuft dann in waagerechter Richtung zurück nach den senkrechten Trommeln. Das Speisewasser wird kurz nach seinem

Eintritt in den Mittel- und Oberteil der Speichertrommeln erwärmt und entgast. Die Gase, Kohlenäure und Sauerstoff, entweichen in den Dampf- raum und werden mit dem abziehenden Dampf von der Luftpumpe der Dampfmaschine oder Dampfturbine abgesaugt oder mit deren Auspuff ins Freie befördert. Die senkrechten Trommeln haben im Mittelraum ein Ab- schlamm- und im unteren Raum das Ablassventil für den Kessel. Sie sind durch innen angebrachte Leitern l be- fahrbar.

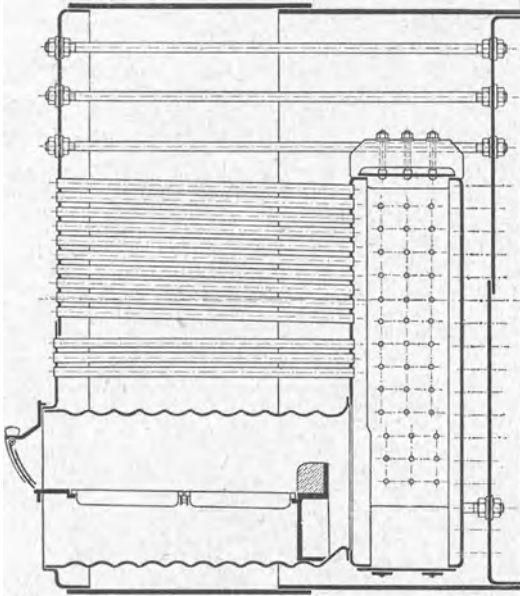


Abb. 105. Schiffs-(Rauchrohr-)kessel, an die Heiz- rohre schließt sich vorn, an der Stirnseite des Kessels, die Rauchkammer an, von welcher aus die Heizgase nach dem Schornstein strömen. Die kleinen Kreise in der Feuerkammer deuten Steh- holzen an.

**Der Schiffskessel.** Ein gebräuch- licher Schiffskessel, der auf Seeschif- fen und auf Flußdampfern vielfach verwendet wird, ist der nebenstehend abgebildete zylindrische, sog. Schot- tische Kessel (Abb. 105). Derselbe wird mit einem oder bis zu vier Flammrohren ausgerüstet, die aber nicht bis in den hinteren Stirn- boden des Kessels durchgeführt sind, sondern mit dem hinteren Ende in eine Rauchkammer oder Feuerkam- mellekammer münden, die völlig im Kessel untergebracht und daher all-

seitig vom Wasser bespült wird. Die Feuerkammern sind mit dem hinteren Stirn- boden durch Stehholzen versteift. Oberhalb der Flammrohre enthält der Kessel eine große Anzahl von Heizrohren, die mit dem hinteren Ende in die Feuer- kammer, mit dem vorderen Ende in die vordere Stirnwand des Kessels einge- walzt sind und in eine aus Eisenblech zusammengenietete Rauchkammer münden, die an der vorderen Stirnwand oberhalb der Flammrohre angebracht ist und die Rauchgase in den Schornstein abführt. Dieser Kessel wird in sehr großen Ab- messungen bis zu mehreren hundert Quadratmetern Heizfläche hergestellt. Ganz große derartige Kessel erhalten eine größere Länge und von beiden Stirnboden ausgehende Flammrohre, die in der Mitte des Kessels eine gemeinsame Rauch- kammer haben. Die Kessel werden dann auf beiden Seiten befeuert und er- halten an jedem Stirnboden einen Schornstein. Man nennt solche Kessel Doppel- enderkessel im Gegensatz zu dem abgebildeten Einenderkessel (Abb. 105). Wegen ihrer Einfachheit und Betriebssicherheit sind sie zumeist in der Handelsmarine

eingeführt, während die Kriegsmarine den Wasserrohrkesseln den Vorzug gibt, da sich diese schneller anheizen und bei Reparaturen oder Auswechselungen leichter durch die Schiffsluken befördern lassen und für höhere Betriebsdrücke gebaut werden können als die Zylinderkessel. Vereinzelt wird der schottische Schiffskessel auch bei feststehenden Kesselanlagen angewendet, da er weniger Platz wegnimmt, die Kohle gut ausnützt und schnell aufgestellt ist. Die Schiffskessel erhalten kein Mauerwerk und werden zum Schutze gegen Wärmeausstrahlung mit Isoliermasse eingepackt. Die Heizrohre müssen, wie dies auch bei dem stationären Heizrohrkessel (Abb. 94, 85) der Fall ist, regelmäßig von Ruß und Flugasche gereinigt werden,

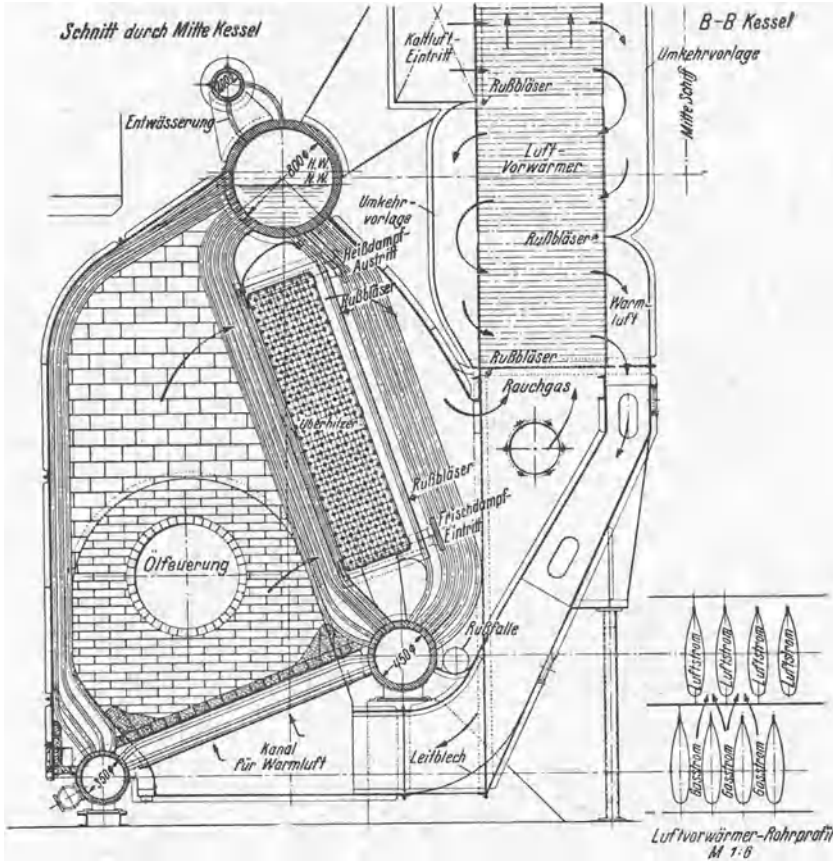


Abb. 106. Höchstleistungskessel des Ostpreussischen Fährschiffes „Lannenberg“ des Reichsverkehrsministeriums. Rechts unten: Rohrprofil des Luftvorwärmers.

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.

Diese Kessel werden auch mit mechanischen Beschädigungsapparaten (Abb. 44) oder mit Ölfeuerung (Abb. 38, 39) ausgerüstet.

**Wasserrohrschiffskessel** (Abb. 106)<sup>1)</sup> bestehen aus mehreren Rohrbündeln und 3,

<sup>1)</sup> Abb. 106 ist der Zeitschrift „Werft, Reederei und Hafen“ 1936 Heft 6, Berlin: Julius Springer, entnommen.

mitunter auch nur 2 Trommeln, in welcher die Rohre eingewalzt sind. In Abb. 106 sind die Rohrbündel im Feuerraum die Steigrohre, die Rohrbündel hinter dem Überhitzer und unter der Feuerung die Fallrohre. Sämtliche Rohre werden aus einem Spezialstahl (Kupfer-Molybdän-Stahl) gezogen, haben bei 3 Millimeter Wanddicke in den Steigrohrbündeln etwa 30, in den Fallrohrbündeln etwa 40 Millimeter lichten Durchmesser und werden zum Schutze gegen Verbiegen mittels waagrechtlicher Bänder aus einem feuerbeständigen Gußeisen in ihrer Lage gehalten. Sie sind demnach beträchtlich dünner als bei Landdampfesseln, bei denen zur Zeit 83 Millimeter äußerer Rohrdurchmesser die Regel bildet. Das Aufreißen eines einzelnen Rohres ist daher verhältnismäßig ungefährlich, namentlich bei geschlossenem unter Druck gehaltenem Heizraum. Auf der oberen Trommel befindet sich der

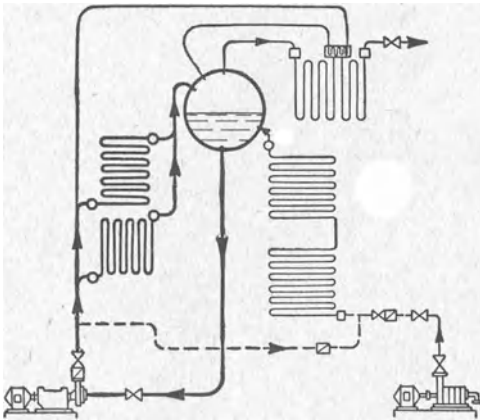


Abb. 107. Schema des La Mont-Kessels. Rechts die Speisepumpe, die das Speisewasser in den Vorwärmer und in die Kesseltrommel drückt. Links die Umwälzpumpe, die ununterbrochen und völlig unabhängig von der Speisepumpe arbeitet und das ihr zufließende Wasser aus der Kesseltrommel durch die Verdampferrohre hindurch als Wasser- und Dampfgemisch in den Dampfraum der Trommel drückt. Die Verdampferrohre sind zur besseren Dampfableitung in 2 Gruppen zerlegt. Rechts oben der Dampfüberhitzer.

Dampfsammler mit Anschlußrohr nach dem Überhitzer, von dem die Dampfleitung nach der Schiffsturbinen führt. Verwendet wird Druckzug von etwa 130 bis 200 Millimeter W. S., der den Heizraum unter Druck setzt und von elektrisch angetriebenen Gebläsen erzeugt wird. Im Rauchkanal ist der aus Röhren zusammengesetzte Lufterhitzer eingebaut. Form seiner Röhre, die außen von den Rauchgasen bestrichen werden, siehe Abb. 96. Die Kanäle für die warme Luft sind zur Vermeidung einer Überhitzung des Heizraumes dicht zu halten.

Der Höchstleistungskessel Abb. 106 hat Ölfeuerung mit je einem Brenner in der vorderen und hinteren Kesselwand, 300 Quadratmeter Heizfläche, 70 Atmosphären Betriebsdruck, 460° Überhitzertemperatur, 19 Kubikmeter Feuerraum, und erzeugt je Quadratmeter Heizfläche und Stunde 83,5 Kilogramm Dampf bei einem Heizölverbrauch von 17 000 Kilogramm bezogen auf 10 000 W. S./kg und eine Verdampfungsziffer von 14,7. Die Maschinenleistung beträgt 12 000 PS, wofür 2 Kessel gleicher Größe vorhanden sind.

Der **La Mont-Kessel** von F. L. Schatz, Meerane, und Herpen & Co., Berlin, ist ein Kessel mit **Zwangumlauf**. Die Verdampfung findet in Verdampferrohren statt. Es sind dies stark beheizte Kühlrohre an den Wänden des Feuerraumes und die Rohrbündel im ersten Feuerzuge hinter der Feuerung. Anschließend sind eingebaut der Überhitzer und der Vorwärmer für das Speisewasser. Der Kessel besteht einschließlich Überhitzer und Vorwärmer aus Rohren von 20 bis 40 Millimeter lichter Weite und einer hochliegenden Trommel mit dem Dampfraum und dem Wasserstand. Die Speisung erfolgt mittels Speisepumpe durch den Vorwärmer hindurch in die Trommel. Die Verdampferrohre erhalten ihr Wasser von der Kesseltrommel im Zwangumlauf. Der Zwangumlauf vollzieht sich derart, daß das Wasser aus der Kesseltrommel einer Umwälzpumpe zufließt und von dieser durch die Verdampferrohre hindurch in die Kesseltrommel zurückgedrückt wird. Die Druckleitung der Umwälzpumpe mündet in den Dampfraum der Trommel, wo sich das in den Verdampferrohren erzeugte



Wasser- und Dampfgemisch voneinander trennt. Die Rückführung erfolgt entweder in dünnen Rohren unmittelbar oder über einen Sammelbehälter in einer außenliegenden Rohrleitung. Das Wasser muß aber auch gleichmäßig und in genügender Menge auf die Verdampferrohre verteilt werden. Zu diesem Zweck werden in die Eintrittsstellen sämtlicher Rohre Drosselbüsen eingesetzt. Die Büsen sind so bemessen, daß jedem Rohr eine bestimmte Wassermenge zufließt und nicht etwa einzelne Rohre zu wenig Wasser erhalten und nicht genügend gekühlt werden. Die Umwälzpumpe leistet das Achtefache des in den Verdampferrohren verdampften Wassers. In den Rohren ist daher zwangsläufig eine große Sicherheit gegen Überhitzung vorhanden, die bei natürlichem Wasserumlauf nicht erreichbar ist. Die Druckleitungen der Umwälzpumpe und der Speisepumpe sind miteinander durch eine Verbindungsleitung mit einem Rückschlagventil verbunden. Der Arbeitsdruck der Umwälzpumpe beträgt etwa 2 Atmosphären. Bei geringer Speisung oder beim Aussetzen der Speisepumpe öffnet er das Rückschlagventil und findet ein ständiger Wasserzufluß in der Verbindungsleitung nach dem Vorwärmer statt, wodurch das Ausdampfen desselben verhütet wird. Bei voller Speisung überwiegt der Druck in der Speiseleitung. Er hält dann das Rückschlagventil in der Verbindungsleitung geschlossen. Die La Mont-Kessel beanspruchen wenig Platz, haben eine sehr wirksame Heizfläche, lassen sich schnell anheizen und werden mit allen vorkommenden Feuerungsarten ausgerüstet. An das Speisewasser stellen sie keine höheren Anforderungen als andere neuzeitliche Kessel.

Die Entwicklung des Großkesselbaues geht, soweit sich das übersehen läßt, dahin, die Wasserrohrkessel durch **Einrohrkessel** zu ersetzen. In Betracht dürften hierbei nur die Großkraftwerke und Schiffsanlagen mit **großen** Turbineneinheiten kommen. Der Raumbedarf und der Kostenaufwand für diese Kessel sind gegenüber anderer Kesselbauarten sehr gering. Einer dieser Kessel, der Bensonkessel (Abb. 108) soll in einem Falle mit 120 Tonnen stündlicher Dauerleistung ausgeführt sein, das würde etwa der Leistung von 48 Zweiflammrohrkesseln von je 100 Quadratmeter Heizfläche entsprechen. Derartige Kessel bestehen nur aus einem System enger Rohre, haben also, da auch Wasserarmern und Trommeln weggelassen, einen ganz geringen Wasserinhalt. Das Speisewasser wird im gleichen Verhältnis, wie der Dampf entnommen wird, ununterbrochen durch Pumpen zugeführt und in destilliertem Zustande verwendet. Wasserstandsvorrichtungen fehlen. Verfeuert werden Staubkohle und Öl. Wenn diese Kessel, mit deren Herstellung sich führende Firmen (wie Vorjig) befassen, zur Zeit nur vereinzelt vorhanden sind, so ist vielleicht doch mit ihrer weiteren Verbreitung zu rechnen.

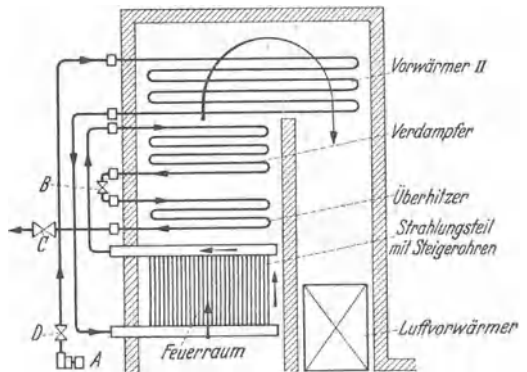


Abb. 108. Schema des Bensonkessels. A = Hochdruck Kolbenpumpe u. Wassermesser. B = Regelventil. C = Absperrventil für Dampf nach der Turbine. D = Absperrventil für Wasser.

## 12. Bau und Reparatur der Dampfkessel.

**Flußeisen, Stahl.** Das Dampfkesselgesetz enthält eingehende Vorschriften über die erforderliche Zerreißfestigkeit, Dehnbarkeit und Dicke der Kesselbleche, der Schweißverbindungen und der Nietnähte, worüber Prüfungszeugnisse aus den



Walzwerken und rechnerische Nachweise der Kesselfabriken beizubringen sind. Mit der Steigerung der Dampfdrucke, der Feuerraumtemperatur und der Dampfüberhitzung sind auch die Kesselbaustoffe wesentlich qualifizierter geworden. Verwendet werden S.M.-Stußeisen in vier verschiedenen Blechsorten; für die Trommeln der Hoch- und Höchstdruckkessel außerdem besondere Flußeisenorten, für Siede- und Überhitzerrohre Sonderstahl (wie Kupfer-Molybdän-Stahl) und für Heißdampfkästen Chrom-Molybdän-Stahl, die auch bei hohen Temperaturen (550 bis 650°) noch gute Dauerstandfestigkeit und Zundersicherheit besitzen und alterungsbeständig sind.

**Gußeißen oder Temperguß** dürfen nach den gesetzlichen Vorschriften wegen ihrer Sprödigkeit und der Möglichkeit von unsichtbaren Gußfehlern nicht zur Herstellung solcher Kesselwandungen benützt werden, die von den Heißgasen berührt werden; bei anderen nur, sofern ihr Querschnitt kreisförmig und ihr lichter Durchmesser nicht größer als 250 Millimeter ist. Bei Dampfspannungen über 10 Atmosphären Überdruck sind Kesselteile (Stützen, Flanschen, Mannlochdeckel, Rohranschlüsse usw.) aus Gußeisen oder Temperguß gänzlich verboten. Als Kesselwandungen gelten hierbei die Wandungen und Anschlußteile zwischen den Absperrventilen für Dampf und Wasser und der Ablassvorrichtung. Die Rauchgasvorbärmer (Economiser) können demnach bis zu hohen Drücken aus besonderen Gußeisenorten (Perlit- oder Elektroguß) hergestellt werden.

**Kupfer** verliert bei hohen Temperaturen bedeutend an Festigkeit und wird leicht brüchig. Seine Verwendung ist daher erheblich beschränkt, u. a. gegenüber überhitztem Dampf von mehr als 250° untersagt.

**Beschädigungen der Kesselbleche.** Das im ersten Feuerzuge gelegene Blech beult infolge Überhitzung, die entweder durch Stichflammen oder durch Kesselstein oder durch eine Olschicht 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, mache sich für die Wasser- und Feuerseite gut passende Schablonen aus Holz oder Blech und untersuche bei jeder Kesselreinigung, ob sich die Beule verschlimmert hat. Bei Flammrohren oder anderen Kesselteilen, bei denen der Dampfdruck von außen wirkt, müssen entweder die Beulen in rotwarmem Zustande zurückgedrückt oder der beschädigte Teil ausgewechselt werden.

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

**Anrostungen auf der Wasserseite** entstehen durch Luftblasen oder bei ungeeigneter chemischer Beschaffenheit des Speisewassers. Im ersteren Falle treten sie an den Stellen mit geringer Verdampfung und langsamer Strömungsgeschwindigkeit des Wassers auf. Abhilfe ist durch Entgasung des Speisewassers (siehe Seite 71), mitunter bereits durch Verlegung der Ausmündungsstelle des Speiserohres an eine heiße Kesselstelle in Höhe des mittleren Wasserstandes möglich. Im übrigen sind die Ursachen der Anzehrungen nicht immer leicht feststellbar und in Fachkreisen noch viel umstritten. Sie lassen sich bei saurem Wasser durch Zusätze von Soda oder Natriatron beheben, andererseits wird die sogenannte Laugensprödigkeit der Kesselbleche, bei welcher dieselben rissig und mürbe wurden, auf zu hohen Gehalt des

Kesselwassers an diesen Stoffen zurückgeführt (siehe Seite 72). Zuweilen finden sich Anfrassungen an den Flammrohrschüssen über dem Feuer so stark vor, daß sich eine mit viel Unkosten verbundene Auswechslung derselben erforderlich macht. Sie können dadurch verursacht sein, daß das Blech über dem Feuer eine höhere Temperatur als an den übrigen Stellen annimmt und hierdurch im Wasser befindliche Chlorverbindungen zerlegt werden, die das Blech rasch zerstören. Auch durch das Abdecken des Feuers während der Betriebspausen wird die Entstehung dieser Anfrassungen in Kosthöhe insofern begünstigt, als an den betreffenden Stellen eine fortwährende langsame Verdampfung stattfindet, wobei die Chlorausscheidungen infolge des Fehlens des Wasserumlaufes voll zur Wirkung kommen können.

**Nietverbindungen** haben durch die neueren Herstellungsverfahren (Schweißen und Walzen) an Bedeutung verloren und werden bei manchen Bauarten (Wasserohrkessel) überhaupt nicht mehr benützt, obwohl mechanische Nieteinrichtungen entwickelt worden sind, die in bezug auf Sicherheit nicht zu beanstanden sind. Für hohe Drücke ist die Nietung bei den erforderlichen großen Blechstärken nicht mehr ausführbar. Für niedere Drücke ist sie aber noch viel im Gebrauche. Nietlöcher werden sauber und genau aufeinanderpassend gebohrt und nötigenfalls mit der Reibahle nachgerieben.

Die Nieten werden warm eingezogen. Beim Erkalten ziehen sie sich zusammen und pressen die Bleche fest aufeinander. Die Nietköpfe — Sekkopf und Schließ-

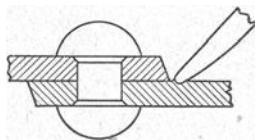
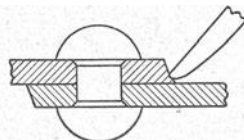


Abb. 109. falsche

Abb. 110. richtige  
Stemmkante.

kopf — müssen infolgedessen genügenden Widerstand gegen Aufbiegen haben und hoch sein. Eine Nietverbindung mit flachen Nietköpfen kann nicht genügend festhalten. Sind die Nieten im Laufe der Jahre abgerostet, was namentlich bei den Nieten in der Rauchkammer von Lokomobilen vorkommt, so müssen sie durch neue ersetzt werden. Völlig dicht werden die Nieten und die Nähte erst durch **Verstemmen**. Gewöhnlich werden die Kessel nur von außen verstemmt, was auch völlig genügt. Einzelne Kesselabriken 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. 109). Falsch ist es, das untere Blech mit einem scharfen Meißel gegen die freiliegende Kante aufzustauchen, da die entstehende Furche die Blechstärke verringert und den Ausgangspunkt für die sehr gefährlichen Blechriffe in der Stemmkante bildet (Abb. 110).

Die Kessel werden allgemein mit hydraulischem (Wasser-)Druck oder mit pneumatischem Druck (mittels Preßluftmaschinen) zusammengenietet. Handnietung ist nur an unzugänglichen Stellen üblich. Die maschinellen Nietvorrichtungen drücken, nachdem der rothwarmer Niet durch das Nietloch gestoßen ist, zunächst die Bleche mit großer Kraft aufeinander; hierauf wird der Schließkopf der Niete angestaucht und durch einen Wasserstrahl rasch abgekühlt, so daß sich der Niet nach dem Zurückgehen des Preßstempels nicht aufbiegen kann. Infolgedessen halten die maschinell genieteten Verbindungen sehr gut dicht. Bei der maschinellen Nietung füllt der Nieterschaft 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 herauschlagen und müssen nötigenfalls ausgebohrt werden, um ein Aufreißen der Bleche zu verhüten.

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

Die Nietlochriffe treten als Stegriffe a oder als Kantenrisse b auf (Abb. 111, 112). Sehr schwierig zu finden und deshalb besonders gefährlich sind die Stegriffe unter der Überlappung (siehe Abb. 112), die bei der Besichtigung des Bleches nicht

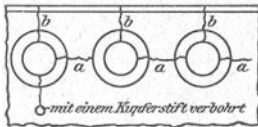


Abb. 111.

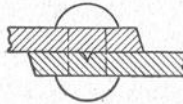


Abb. 112.

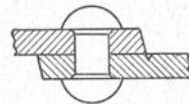


Abb. 113.

### Verschiedene Blechriffe.

auffindbar sind und sich nur durch Undichtheit bemerkbar machen. 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 durch Einbohren eines Stiftes am Fortschreiten

verhindert werden. Sie sind sehr häufig an den Nietnähten in der Nähe des Feuers anzutreffen, z. B. in der vorderen Rundnaht der Walzenkessel, in den Feuerbuchsen von Lokomotivkesseln und in den Rauchkammern der Schiffskessel. Bei älteren Kesseln rühren sie vielfach schon von der Kesselschmiede her. Gewöhnliche Kantenrisse, wie die drei äußeren Risse b in Abb. 111, müssen ledig-

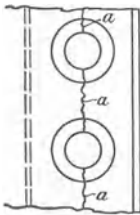


Abb. 114. Durch (sehr gefährliche) Stegriffe a beschädigte Nietverbindung.

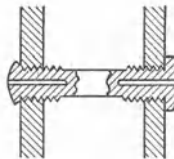


Abb. 115. Stehbolzen.

lich sorgfältig beobachtet werden. Solange sie dichthalten und nicht fortschreiten, sind sie unbedenklich. Die Stegriffe a erfordern eine sofortige Auswechslung des Bleches.

Kesselwände mit kleinem gegenseitigen Abstände versteift man durch **Stehbolzen** (Abb. 115). Es sind dies mit Schraubengewinde versehene schmiedeeiserne oder kupferne Bolzen, die mit jedem Ende in eine der beiden zu versteifenden Kesselwände eingeschraubt und eingietet oder angestaucht sind. Sie werden zur Versteifung der breiten Wände der Wasserkammern von Wasserrohrkesseln sowie zwischen den Feuerbuchswänden und dem äußeren Kesselmantel bei Lokomotiven und Lokomobilen angewendet.

In den Stehbolzen treten häufig Risse auf. Damit ein derartiger Bruch bemerkbar ist, bohrt man die Stehbolzen schon vor dem Einziehen entweder von außen her 3 bis 5 Millimeter weit und 30 bis 40 Millimeter tief an, oder man macht sie hohl. Ist ein solcher Stehbolzen schadhast geworden, so wird dies durch das aus der 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 Stehbolzens. Ist der Stehbolzen unverfehrt, so wird der vorgehaltene Hammer abspringen, während bei gebrochenem Bolzen der Hammerschlag sich entweder gar nicht oder nur wenig fortpflanzt. Zur Vornahme einer solchen Prüfung gehören zwei Mann. Einzelne durchbrochene Stehbolzen bedeuten an sich noch keine Gefahr, sie können jedoch den Bruch benachbarter Stehbolzen beschleunigen, und es können durch ihre rechtzeitige Erneuerung unter Umständen umfangliche Kesselausbesserungen vermieden werden.

**Das Einwalzen und Abdichten der Rohre** wird bei den Siede- und den Rauchrohrkesseln angewendet. Benützt werden elektrisch betriebene Einwalzapparate, mit denen man eine bessere und gleichmäßigere Haftaufweitung erzielt als mit den früher üblichen Handapparaten. Eingehende Versuche haben ergeben, daß die Haftkraft gefeilter Rohre in den Einwalzstellen wesentlich größer ist als die von polierten und rauh gedrehten. Die Rohrenden werden deshalb vor dem Einwalzen gefeilt und sorgfältig ausgeglüht. Walzfehler dürfen sie nicht haben.

**Die Wasserdruckprobe des Kessels.** Um zu sehen, ob die Nietverbindungen dicht halten, wird der Kessel völlig mit Wasser gefüllt und hierauf mit einer Handdrumpumpe Wasser bis zu einem bestimmten Druck nachgedrückt. Undichte Stellen müssen verstemmt werden, aber nicht bei hohem Wasserdruck im Kessel, da hierbei die Nietköpfe abspringen oder Nietnähte aufreißen können. Der bei den amtlichen Wasserdruckproben anzuwendende Druck richtet sich nach dem Betriebsdruck des Kessels und ist im Dampfkesselgesetz geregelt. Will sich ein Heizer überzeugen, ob sein Kessel dicht hält, so genügt die Wasserdruckprobe mit dem höchsten zulässigen Betriebsdruck.

### 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 Ablass- 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 Dampfraum und bei den meisten Kesselarten auch der Wasserspiegel zu sehr verkleinert, und es entsteht sehr nasser Dampf, der, wie wir bereits früher sahen, Wärmeverluste herbeiführt und zu Wasserschlägen und Betriebsstörungen der Dampfmaschine usw. Anlaß geben kann.

Noch gefährlicher als der zu hohe ist der **zu niedrige** Wasserstand im Kessel. Sinkt der Wasserspiegel so weit, daß einzelne von den 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 Dampfgewalt widerstehen können, die Kesselanlage, d. h. der Kessel zerknallt.

Es ist daher sehr wichtig, daß die Stelle, unter welche der Wasserspiegel im Kessel nicht absinken 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

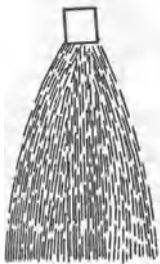


Abb. 116.  
Dampfstrahl  
aus dem  
Wasserraum.



Abb. 117.  
Dampfstrahl aus  
dem Dampfraum  
des Kessels.

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 Essenchieber 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 1,3fache der gesamten Kesselfläche ist, muß dieser Abstand mindestens 150 Millimeter betragen. (Näheres enthält § 3 der reichsgesetzlichen Bekanntmachung über die Anlegung von Dampfkesseln.) Der als normal anzusehende Wasserstand, der nur ausnahmsweise überschritten werden darf, liegt je nach der Kesselart 100 bis 200 Millimeter höher als der zulässige niedrigste Wasserstand.

Nach den reichsgesetzlichen Vorschriften (§ 7 des Dampfkesselgesetzes) muß jeder Dampfkessel mindestens mit zwei Vorrichtungen zur Erkennung des Wasserstandes versehen sein, von denen wenigstens die eine ein Wasserstandsglas sein muß. Schwimmer, Schmelzpfropfen sowie 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 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. 116) erkennt man daran, daß er breiter ist und ein stärkeres Geräusch erzeugt als der Dampfstrahl aus dem Dampfraum (Abb. 117). 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 sie auch während des Kesselbetriebes schmieren zu können, macht man den Hahnkegel hohl und versieht ihn mit einer SchmierSchraube und mit Schmiermuten. Als HahnSchmiere kann man Talg mit Graphit benutzen. Der Graphit verhütet das Festbrennen der Hahnkegel. Die Hahnkegel haben am unteren Ende eine Schraubenmutter, mittels welcher sie im Hahnkufen festgehalten werden. Zwischen Mutter und Hahngehäuse muß eine Unterlegscheibe mit vier-eckigem Boche angebracht werden, damit sich die Mutter beim Gebrauche des Hahnes nicht losdrehen kann.

Um das Tropfen und die starke Abnutzung der Hähne zu verhüten, benutzt man auch 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 schlichförmig sein und erforderlichenfalls nachgefeilt werden. Zum Nachschleifen der Hähne benutzt man feinen Schmirgel oder Glasstaub und Öl. Will man nachsehen, ob der Hahnkegel im Hahngehäuse gleichmäßig anliegt, so bestreicht man ihn recht dünn mit Schlämme Kreide, dreht ihn einige Male im Hahngehäuse um und überzeugt sich dann, ob die Schlämme Kreide an der Dichtungsfläche gleichmäßig abgerieben ist.

Für Drücke über 10 bis 12 Atmosphären verwendet man an Stelle der Probierhähne Probierventile. Ihre Regel erhalten einen auswechselbaren Dichtungsring aus Hartgummi oder ähnlichem Material oder es werden Regel und Sitz aus einem nichtrostenden Sonderstahl von großer Härte hergestellt, wodurch eine sehr zuverlässige Abdichtung erreicht wird.

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 ohne weiteres deutlich erkennen kann, ob sie geöffnet oder geschlossen sind.

**Die Wasserstandsgläser.** Dieselben sind die beste und verlässlichste Vorrichtung zur Erkennung des Wasserstandes. Man unterscheidet röhrenförmige und flache Wasserstandsgläser. Die Einrichtung der röhrenförmigen Wasserstandsgläser

ist aus Abb. 118 zu ersehen. Das Wasserstandsglas sitzt oben und unten in den Wasserstandsköpfen a und b und kann durch 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. Das Glasrohr wird, nachdem die Verschlussmutter c entfernt worden ist, von oben hereingeschoben. Seinen wasser- und dampfdichten Abschluß besorgen die in einer kleinen Stopfbüchse liegenden Gummiringe d, welche durch die Überwurfmuttern f und die Preßringe g an das Glasrohr 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 Reinigungs-schrauben r versehen, nach deren Entfernung der Heizer mit einem Draht etwaigen Schlamm und Kesselstein entfernen kann. Der Zeiger k bezeichnet den festgesetzten zulässig niedrigsten Wasserstand im Kessel.

Eine beträchtliche Anzahl von Kesselzerknallen ist darauf zurückzuführen, daß sich der Heizer durch einen falschen Wasserstand im Wasserstandsglase hat täuschen lassen. Ist die obere oder untere Verbindung des Wasserstandsglases mit dem Kessel verstopft, so bildet sich im Wasserstandsglase ein höherer Wasserstand als im Kessel. Es kann dann sehr leicht vorkommen, daß der Wasserpiegel im Kessel zu tief sinkt und die Kesselbleche 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 niedervallt 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 hineinpassen. In sorgfältig gearbeiteten Wasserstandsköpfen müssen die Wasserstandsgläser oben und unten über den Gummiringen hervorstehen. Namentlich im unteren Wasserstandskopfe muß das Glas über den Gummiring hinaus in eine ringförmige Pfanne von ungefähr 8 Millimeter Tiefe hineinpassen. Fehlt dieselbe, so kann sich der Heizer dadurch helfen, daß er eine 5 Millimeter dicke ringförmige Messing- oder Bleischeibe vor dem Gummiring über das Wasserglas schiebt. Auch im oberen Wasserstandskopfe muß das Glas eine hinreichend lange Führung haben und einige Millimeter in den Hohlraum des Metallgehäuses hineinragen. Beim Einsetzen eines neuen Wasserstandsglases muß zuerst die untere und dann die obere Stopfbüchsenmutter angezogen und hierbei das Glas mit der Hand fest nach unten gedrückt werden, damit es mit dem unteren Ende dicht aufsitzt. Sind zwei Wasserstandsgläser vorhanden, so sind **stets beide** anzustellen, damit sie zur gegenseitigen Kontrolle über den Wasserstand im Kessel benutzt werden können. Völlig verkehrt ist es, wenn der Heizer nur ein Wasserstandsglas anstellt und das andere in der Absicht abschließt, es beim Bruche des ersten Glases als Ersatz haben zu wollen.

Eine Erneuerung der Wasserstandsgläser soll erst dann nötig werden, wenn

sie 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, das Kondenswasser unaufhörlich am Glase niederrieselt und letzteres hierbei allmählich aufgelöst und dünner wird. Die Wasserstandsgläser dürfen nicht an den metallenen Führungen, sondern nur an den Gummiringen anliegen. Klemmt ein Glas schon beim Einsetzen, so stehen die Wasserstandsköpfe schief zueinander und müssen gerade gerichtet werden. Andernfalls treten beim Anziehen der Stopfbüchsenmutter Spannungen in den Glasröhren

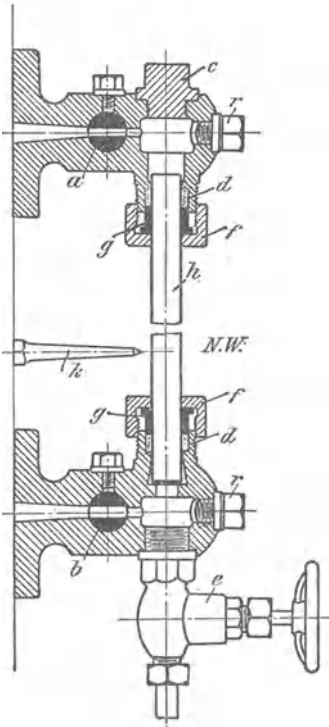


Abb. 118. Wasserstandsglas (Schnitt).

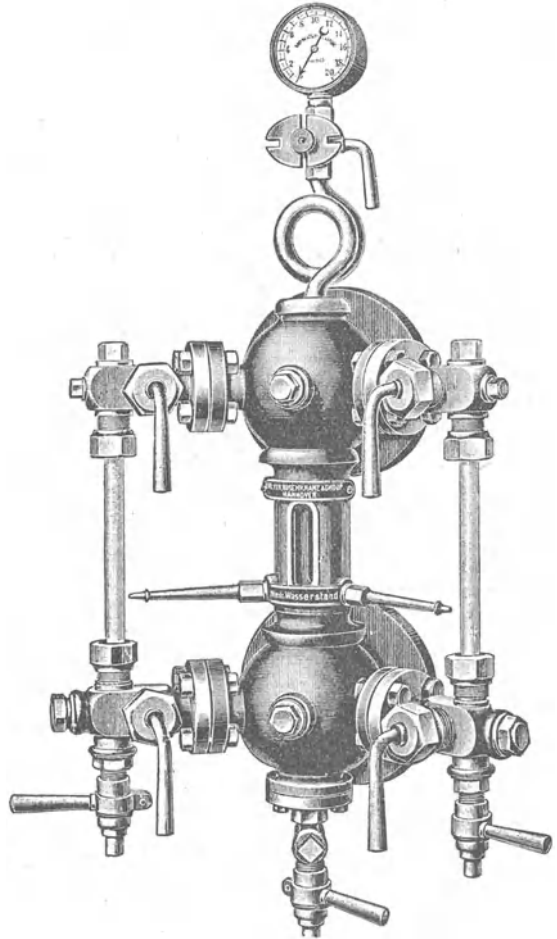


Abb. 119. Vollständiger Wasserstand von Dreyer, Rosenkranz & Droop A.G., Hannover.

auf, und letztere brechen häufig. Dasselbe ist der Fall, wenn sie schroffen Temperaturwechsel beim Anstellen oder durch Luftzug ausgesetzt sind. Verwendet werden Glasrohre aus Jenaer Verbundglas, die aus zwei übereinander verschmolzenen Glaschichten von verschiedener Ausdehnung bestehen und gegen schroffen Temperaturwechsel unempfindlich sind.

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 Abschlußhahn. Bei der Auswahl der Gläser achte man



darauf, daß sie gut in die Armatur passen, d. h. daß sie die richtige Länge und den richtigen Durchmesser haben. Ferner müssen die Gläser frei von Schlieren und Sandkörnern sowie an beiden Enden verschmolzen sein. Die gebräuchlichsten Wasserstandsgläser sind 280, 320 und 340 Millimeter lang und haben einen äußeren Durchmesser von 13, 16 oder 20 Millimeter.

Die runden Wasserstandsgläser werden noch mit Schutz-

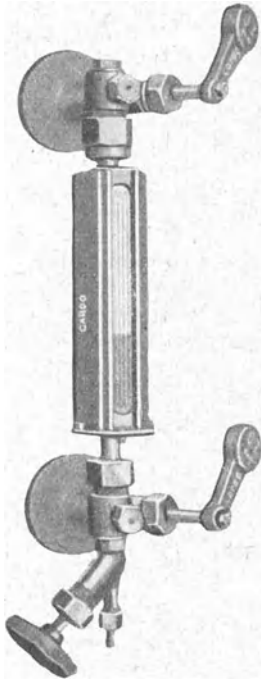


Abb. 120.

Abb. 120 u. 121. Cardio-Wasserstandsanzeiger D.R.P. Schäffer & Budenberg, Magdeburg-Buckau.

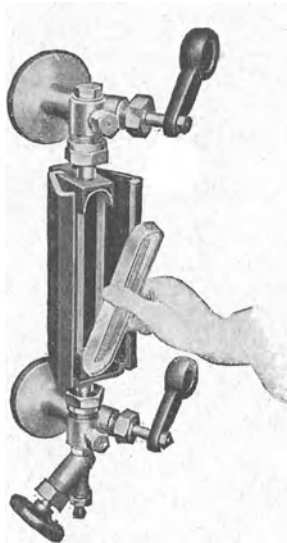


Abb. 121.

Abb. 121: Auswechselung des flachen Schauglases.

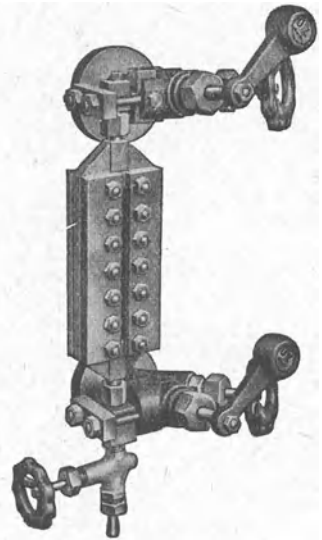


Abb. 122. Hochdruckwasserstandsanzeiger „Glimo“ bis 100 Atm.

hüllen versehen, die die Gläser vor kalter Zugluft und den Feizer bei Glasbruch vor Glassplintern schützen sollen. 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.

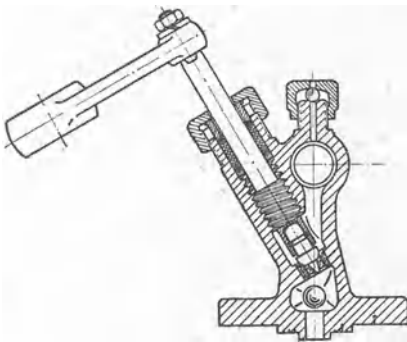


Abb. 123. Wasserstandshahn mit selbsttätigem Kugelverluß bei Glasbruch. Schäffer & Budenberg.

An Stelle der runden Wasserstandsgläser werden fast ausschließlich 10 bis 15 Millimeter dicke Flachgläser verwendet, die auf der Wasserseite Rillen haben, wodurch der Wasserraum schwarz, der Dampfraum silberglänzend weiß erscheint und beide schnell und deutlich erkennbar sind. Wegen dieser Lichtwirkung, die auf der verschiedenen Brechung der Lichtstrahlen in Wasser und Dampf beruht, werden sie **Reflexions-Wasserstandsanzeiger** genannt. Sie werden in einen metallenen Glashalter eingebaut und eignen sich für hohe Betriebs-

drücke, sind gegen schroffen Temperaturwechsel unempfindlich und bedürfen keiner Schutzhüllen.

Der „Cardo“-Glashalter<sup>1)</sup> (Abb. 120), Patent Schäffer & Budenberg, zeichnet sich durch schonende Lagerung und leichte Auswechselbarkeit des Glases aus. Zwei über die ganze Glaslänge reichende umklappbare Glashalter pressen das Glas auf seinem ganzen Umfang gleichmäßig an die Klingeritdichtung und an das Gehäuse an und verhüten hierdurch das Abplittern der Glaskanten durch ungleichmäßiges Anpressen. Auf der Außenseite des Glases, unter den Druckleisten der beweglichen Glashalter, befindet sich aus gleichem Grunde eine schmale Polsterplatte.

Bei dem Glimo-Hochdruckwasserstandsanzeiger, Patent Schäffer & Budenberg, ist die Reflexionsglasplatte durch eine vordere und eine hintere Glimmerscheibe ersetzt, da auch die Glasplatten bei hohem Druck und hoher Temperatur unter dem chemischen Einflusse des Kesselwassers schadhast werden, die Durchsicht verschlechtert wird und die Glimmerscheiben sich auch bei hohen Drücken (bis 120 Atmosphären) um ein Vielfaches haltbarer erwiesen haben.

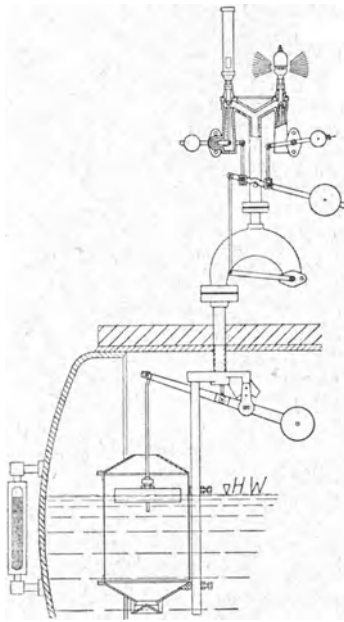


Abb. 124. Hannemann-Marmapparat. Der hochangestiegene Wasserstand hat den Tauchkörper gehoben und der Gewichtshebel das rechte Ventil geöffnet, so daß die Pfeife mit hohem Ton ertönt.

Kugel oder einer Drehklappe im oberen und unteren Wasserstandskopf, die bei Glasbruch vom Druck des ausströmenden Dampfes gegen dessen Austrittsöffnung geschleudert werden. (Abb. 123 und 125.)

Die Schwimmerwasserstandsanzeiger und Marmapparate gelten zwar nicht als gefehliche Wasserstandsvorrichtungen, sind aber sehr zweckmäßig. Der viel angewendete Hannemann-Marmapparat (Abb. 124) hat zwei Dampfpeifen, von denen die eine, mit dumpfem Ton, den niedrigsten, die andere, mit hohem Ton, den höchsten Wasserstand meldet. Der Apparat kann auch außerhalb des Kessels in

Hinter dem Wasserstandsapparat befindet sich eine Glühlampe, deren Licht schräg nach oben gegen den Wasserspiegel geworfen und nach dem Heizerstand reflektiert wird, wodurch der Wasserstand als leuchtende Flamme erscheint und weithin sichtbar ist.

Wasserstandsgläser mit selbsttätigem Verschluss verhindern bei Glasbruch das Ausströmen des Dampfes und des Wassers aus dem Kessel und dienen auch dem Schutze des Heizers gegen Verbrühungen. Die Abschlußvorrichtung besteht entweder in einer Messing-

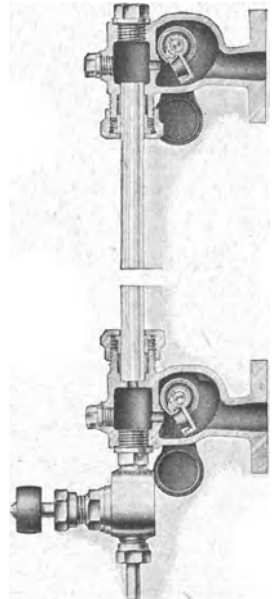


Abb. 125. Wasserstandsanzeiger der Firma Schumann & Co., Leipzig-Plagwitz. Bei einem Bruch des Wasserstandsglases werden die Klappen durch den Druck des ausströmenden Wassers und Dampfes geschlossen.

<sup>1)</sup> Cardo (lateinisch) = Türangel; der Name kennzeichnet die typische drehbare Anbringung der Glashalter.

einem Tauchtopf, der selbstverständlich mit dem Dampf- und Wasserraum des Kessels verbunden sein muß, untergebracht werden und wird bis zu 60 Atmosphären Druck verwendet. Die Melbegrenzen können auch während des Betriebs geändert werden.

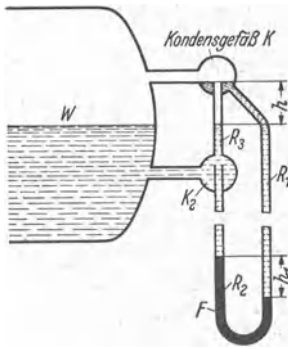


Abb. 126. Schema des Fernwasserstandsanzeigers „Subo“.

**Fernwasserstandsapparate** an Kesseln mit hoch über dem Heizerstande gelegenen Wasserstandsgläsern sind in einigen guten Bauarten als gefühlige Wasserstandsapparate zugelassen. Bauart „Subo“, Schäffer & Budenberg, (Abb. 126) besteht aus einem U-Rohr, bei dem ein Schenkel im Dampf-, der andere im Wasserraum mündet und das unten mit einer roten, wasserunlöslichen Anzeigeflüssigkeit von etwa dem doppelten spezifischen Gewicht des Wassers gefüllt ist, die in demselben Maße, wie der Wasserstand im Kessel auf- und niedergeht, aus dem Gleichgewicht gehoben wird und den Wasserstand weithin sichtbar macht. Der Verschlebung des Apparates ist dadurch vorgebeugt, daß sich die Rohre mit Kondenswasser aus dem Dampfraum füllen und am Anschlußstutzen ein Schlammsammler  $K_2$  mit Abbläseventil angebracht ist.

**Wasserstands-Fernanzeiger Hannemann, Berlin-Frohnau** (Abb. 127). Der gewichtsentslastete Tauchkörper mit patentierter Wellenlagerung (Abb. 155, Seite 134) überträgt die Bewegungen des Wasserpiegels im Kessel mittels eines Schwimmers und eines dünnen über Rollen laufenden Stahlseiles auf einen lichtundurchlässigen Spiegelförper im Mattglaszylinder eines Anzeigegerätes, das oben und unten je eine Glühlampe hat, die ihr Licht gegen den Spiegelförper werfen, so daß der Wasserraum rot, der Dampfraum weiß und der Wasserstand weithin sichtbar erscheinen.

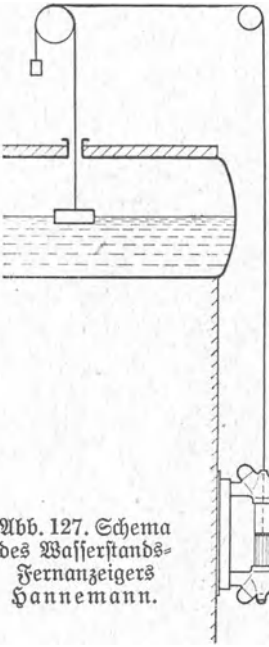


Abb. 127. Schema des Wasserstands-Fernanzeigers Hannemann.

Der heruntergezogene Wasserstand der Hanomag, Hannover-Linden (Abb. 128) gilt nicht als gefühlige Wasserstandsapparate, ist aber auch vielfach angewendet. Schwimmer S ist bis 25 Atmosphären hohl, darüber hinaus massiv und durch ein Gegengewicht ausgeglichen. Rohr R verläuft senkrecht von der Kesseltrommel T bis in Augenhöhe des Heizers, füllt sich im Betriebe mit Wasser und hat unten das Gehäuse mit dem Wasserstandsglase, der Marke NW und dem Durchblasehahn H.

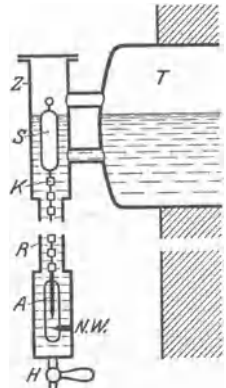


Abb. 128. Heruntergezogener Wasserstand der Hanomag, Hannover-Linden, für Betriebsdrücke bis zu 25 Atmosphären.

Die Wasserstandsgläser sind bei Betriebschluß ab- und bei Betriebsbeginn als erste Handlung des Heizers anzustellen. Beim Anheizen und während des Betriebes steigt der Wasserspiegel an, da sich das Wasser mit Dampfblasen durchsetzt und beim Erwärmen ausdehnt. (1000 Liter Wasser von 4° nehmen bei 25° 1002, bei

100° 1042 und bei 200° 1159 Liter Raum ein.) Umgekehrt fällt der Wasserstand bei Unterbrechung der Verdampfung und beim Abkühlen des Wassers nach mehrstündiger Betriebspause.

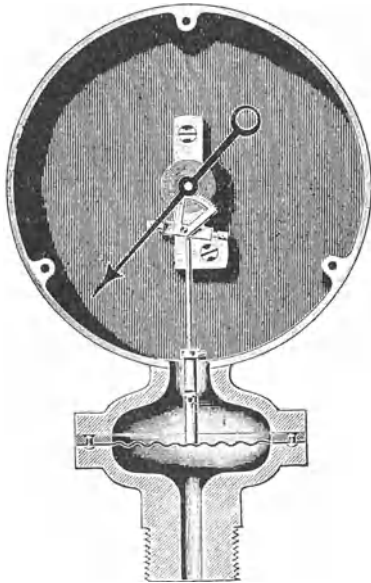


Abb. 129.

Plattenfedermanometer.

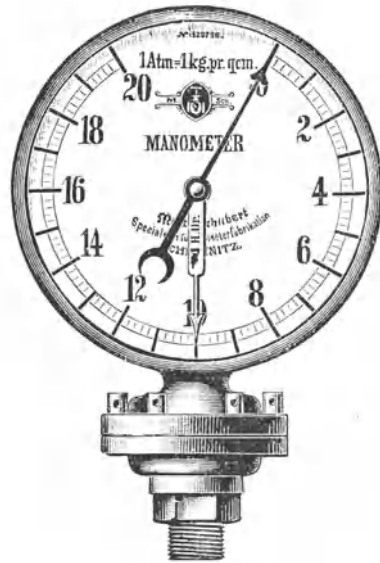


Abb. 130.

**Die Manometer.** Bei dem Plattenfedermanometer (Abb. 129) wirkt der Dampfdruck auf eine aus dünnem Stahlblech hergestellte Plattenfeder, die am ganzen Umfang 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 durch eine Lenkerstange und einen Zahnradbogen die Zeigerachse dreht.

Der kleinste Druckbereich des Plattenfedermanometers beträgt 0 bis 200 Millimeter Wasserfäule, der größte 25 Atmosphären. Da die Plattenfeder bei großem Durchmesser und dünner Blechstärke auch so ausgeführt werden kann, daß sie nach unten federt, können die Manometer auch als Vakuummeter ausgebildet werden.

Das Röhrenfedermanometer (Abb. 131)

hat eine hohle, spiralförmig gebogene Feder von ovalem Querschnitt, die mit ihrem offenen Ende an einen Metallschuh am Manometergehäuse fest angelötet ist, während das andere zugelötete Ende sich frei bewegen kann. Unter dem Einfluß des Dampfdruckes sucht sie einen kreisförmigen Querschnitt anzunehmen und sich gerade zu strecken. Die hierbei auftretende Bewegung ihres freien Endes wird durch einen

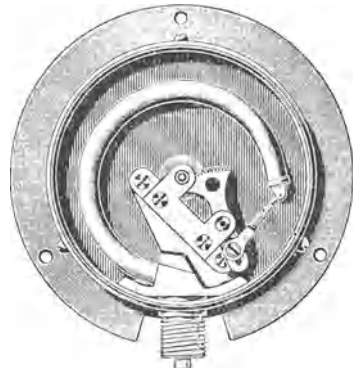


Abb. 131. Röhrenfedermanometer mit abgenommenem Zifferblatt. Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover.

Mechanismus zur Zeigerbewegung entlang der Skala benutzt. Die Röhrenfedermanometer werden für alle im Dampfkesselbetrieb vorkommenden Drücke gebaut. Bis 60 Atmosphären werden Metallfedern, darüber hinaus Stahlröhrenfedern verwendet.

Die Manometer sollen zur Schonung der Feder nur handwarm werden. Druckschwankungen, die ein dauerndes Pendeln des Zeigers hervorrufen, und Druckstöße bei plötzlichen Be- und Entlastungen so-

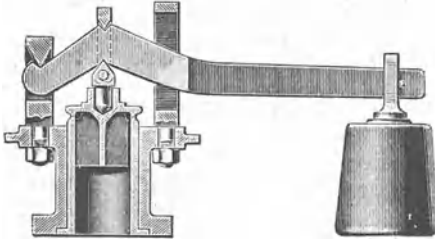


Abb. 132 mit Gewichtsbelastung.

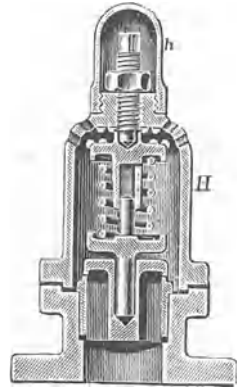


Abb. 133 mit Federbelastung.

Normale Sicherheitsventile von Dreher, Rosenkranz & Droop G. m. b. H., Hannover.

wie dauernde Erschütterungen dürfen nicht auf das Manometer einwirken. Nach dem Dampfkesselgesetz ist am Zifferblatte des Manometers **der festgesetzte höchste Betriebsdruck** durch eine unveränderliche deutliche Marke zu bezeichnen, ferner muß das Manometer für den Probedruck bei den amtlichen Druckproben ausreichen, die Manometerleitung mit einem Wasserfaß versehen, zum Ausblasen eingerichtet und dicht am Manometer ein Dreitwegehahn mit einem Stutzen zum Anschrauben des amtlichen Kontrollmanometers vorhanden sein. Die Manometerleitung wird zur Verhütung von Verstopfungen durch Roß nicht aus Eisen, sondern aus Kupfer hergestellt.



Abb. 134. Kesselmanometer mit Wasserfaß und angeschraubtem amtlichen Kontrollmanometer.

Die Plattenfeder ist im Anzeigen wesentlich träger und gegen ungleichmäßige Erwärmung empfindlicher als die Röhrenfeder. Ungenauigkeiten im Mechanismus des Plattenfedermanometers machen sich stärker bemerkbar, da die Übersehung der Feder auf den Zeiger ungefähr 1:70 beträgt, gegenüber 1:2 beim Röhrenfedermanometer. Im übrigen sind die Manometer für Dampfkessel Präzisionsstücke, die bei schonender Behandlung auch im Dauerbetrieb keine oder doch nur sehr geringe Anzeigefehler ergeben.

Dem Dreitwegehahn muß der Heizer besondere Aufmerksamkeit zuwenden; namentlich muß er darauf achten, daß die Durchbohrungen deutlich auf dem Hahnkegel gekennzeichnet sind.

Die Angaben der Manometerzifferblätter lauten auf kg/qcm, wobei  $1 \text{ kg/qcm} = 1 \text{ Atmosphäre}$  gesetzt wird. (Siehe Seite 81 u. 82.)

**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. 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 Gewähr unter der Bedingung, daß die Manometer nicht geöffnet werden; zur Kontrolle hierüber bringen sie an jedem Manometer eine plombierte Schnur an.

**Barometer** dienen zum Messen von Drücken unter 1 Atmosphäre, der Luftleere. Sie sind gebaut wie die Manometer, haben aber wesentlich empfindlichere Federn und Ziffernblätter mit anderer Einteilung (entweder 0 bis 100 oder 0 bis 76, dem normalen Barometerstand). Da sie nur bei den Kondensationsanlagen der Dampfmaschinen und Dampfturbinen verwendet werden, sind sie 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 abblasen, sobald der höchste zulässige Dampfdruck überschritten wird. Das dabei entstehende Geräusch ist zugleich ein Warnungszeichen für den Heizer, der hierauf die Dampferzeugung durch Anstellen der Speisepumpe oder durch Verminderung des Essen-zuges hemmen muß. Nach den gesetzlichen Vorschriften muß jeder feststehende Dampfkessel mindestens ein Sicherheitsventil, bewegliche Dampfkessel und Schiffskessel müssen zwei haben.

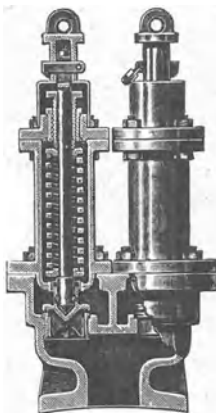


Abb. 135. Sicherheitsventile mit direkter Federbelastung für Schiffskessel und bewegliche Dampfkessel.

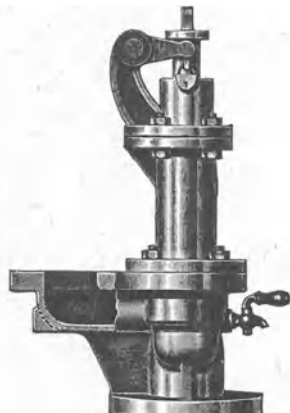


Abb. 136.

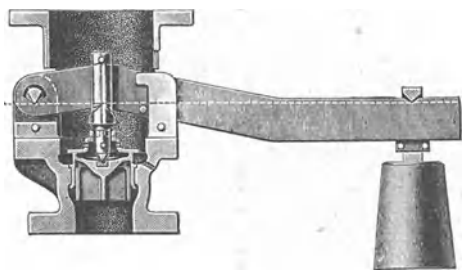


Abb. 137. Vollhubsicherheitsventil, wird von Schäffer & Budenberg auch mit Wasser-schleife ausgeführt (Dr. P. Maguerre).

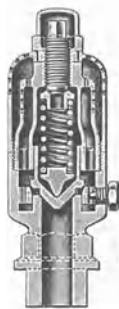


Abb. 138.



Abb. 139.

Pop'sches Sicherheitsventil mit verstellbarem Vollhub für Lokomotiven.

Werden die Sicherheitsventile durch ein Gewicht oder eine Feder belastet, die an einem Hebel wirken, so nennt man die Belastung indirekt. Die Gewichtsbelastung (Abb. 132) 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 (Arane, 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. 135). Das Belastungsgewicht hängt in einer Kerbe auf dem Hebel und wird

durch eingebohrte 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 durch Anheben lüften und die Ventilteller auf dem Sitz drehen lassen. Man versieht deshalb die Ventilteller mit einem Sechseck- oder Vierkant für einen Schraubenschlüssel. Sicherheitsventile für Schiffskessel, Lokomotiven und sonstige fahrbare Kessel werden auch mit direkter Federbelastung ausgeführt, d. h. die Feder wirkt nicht an einem Hebel, sondern sitzt unmittelbar auf dem Ventilteller. An derartigen Ventilen wird eine Zugstange angebracht, mit der man das Ventil lüften kann (Abb. 136 u. 139).

**Vollhubventile** haben über den eigentlichen Ventilteller noch eine angegoßene volle Scheibe, die einen größeren Durchmesser als der Ventilteller hat (Abb. 137). Das Ventilgehäuse ist bis an die obere Kante dieses Tellers verlängert, läßt aber einen Zwischenraum von einigen Millimetern frei. Bei einer geringen Drucküberschreitung im Kessel hebt sich der Ventilteller nur wenig; wird der Überdruck aber größer, so strömt der austretende Dampf so heftig gegen jene Scheibe an dem Ventilteller, daß letzterer sehr hoch gehoben wird und das Ventil stark abbläst. Damit der Ventilteller nicht zu hoch gehoben wird, darf das Ventilgehäuse bei geschlossenem Sicherheitsventil nicht zu viel über die mehrfach erwähnte Scheibe hinausragen. Bei dem auf Lokomotiven, Dampfböten usw. häufig angewandten Poppschen Vollhub-Sicherheitsventil (Abb. 138 und 139) ist durch die Verstellbarkeit eines den Ventilsitz und den Ventiltiegel 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 können einen kleineren Durchmesser haben und sind infolgedessen billiger 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 waagrecht oder die Gelenke der Hebel und die Führungsflügel des Ventiltellers klemmen. Gänzlich unzulässig ist es, die Belastung oder die Hebellängen zu ändern, was nur die zuständigen behördlichen Aufsichtsbeamten vornehmen dürfen. Ein gut in Ordnung gehaltenes Sicherheitsventil hebt sich in der Nähe des höchsten Kesseldruckes durch einen geringen Druck der Hand und schließt sich beim Loslassen der Hand von selbst wieder. Die Führungsflügel des Ventiltellers sollen in der Durchgangsöffnung des Ventils etwa  $\frac{1}{2}$  Millimeter Spielraum haben. Die Sicherheitsventile werden am besten an der höchsten Stelle des Dampftraumes, z. B. an einem Stutzen des Dampfdomes angebracht. Befinden sie sich an einer tiefen, dem Wasserspiegel im Kessel nähergelegenen Stelle, so kann namentlich beim Abblasen der Vollhubventile aus dem Kessel Wasser fortgerissen werden.

**Hilfsgefeuerte Sicherheitsventile** für Hochleistungskessel (Abb. 140)<sup>1)</sup>. Die Vorschrift des Dampfkesselgesetzes, daß der Druck auf den Ventiltiegel bei gewichtbelasteten Sicherheitsventilen 600 Kilogramm nicht überschreiten darf, hatte dazu geführt, daß bei hohem Dampfdruck eine sehr große Anzahl von Ventilen angebracht werden mußten. (In einem Falle 16 Doppel-Vollhub-Sicherheitsventile, also 32 Einzelventile, wodurch die Kesseltrommel und ihre Aufhängung allein durch die

<sup>1)</sup> Abb. 140 ist der Zeitschrift „Werft, Reederei, Hafen“ 1936 Heft 6, Berlin: Julius Springer, entnommen.

Belastungsgewichte mit 1700 Kilogramm belastet wurden.) Diesem Übelstand ist durch hilfsgesteuerte Sicherheitsventile abgeholfen; in dem erwähnten Falle hätten zwei derselben genügt.

Im Raum A ist Kesseldruck, der das Hauptsicherheitsventil mit dem Kolben F von unten auf den Sitz preßt und bei Überschreitung des Höchstdruckes das kleine Hilfsventil D öffnet. Der ausströmende Dampf strömt durch die gestrichelte Rohrleitung von D nach E hindurch in den Raum oberhalb des Steuerkolbens F und läßt das Hauptventil abblasen. Nach dem Fallen des Dampfdruckes zieht die Feder G den Keil des Hauptventiles hoch. Der im Ventil befindliche Dampf entweicht durch Undichtheiten. Diese Ventile werden auch mit Gewichtsbelastung ausgeführt.

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

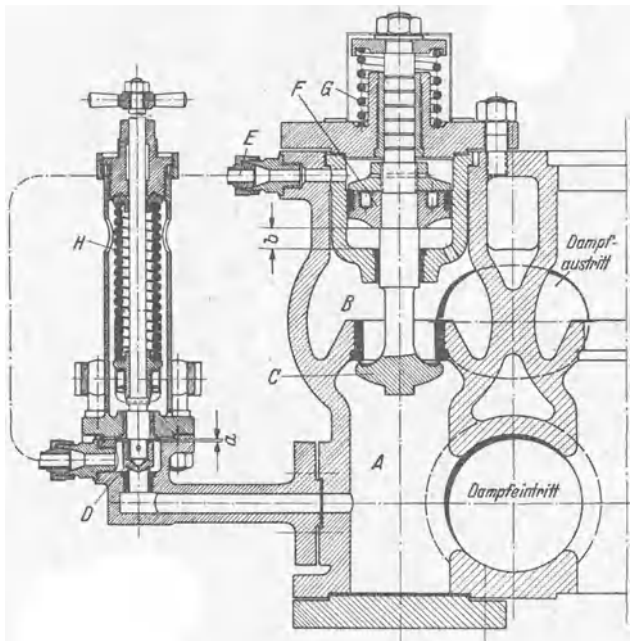


Abb. 140. Hilfsgesteuertes Sicherheitsventil für Hochleistungskessel.

Handpumpen dürfen nur für Dampfkessel verwendet werden, wenn Heizfläche in Quadratmetern mal Kesseldruck in Atmosphären nicht größer als 120 ist<sup>1)</sup>. Die Speisevorrichtungen sind ständig betriebsbereit zu halten und abwechselnd zu benutzen.

**Die Saugwirkung und Saughöhe der Speisevorrichtungen** siehe Seite 81, 82.

**Die einfach wirkende Speisepumpe mit Pumpenkolben** (Abb. 141) besteht aus dem Pumpenzylinder a und den angeschraubten Ventilgehäusen b und b. In dem Pumpenzylinder geht der massive Kolben c auf und nieder; die Stopfbüchse d schließt den Pumpenkolben und den Pumpentiefel wasser- und luftdicht ab. Der dichte Abschluß des Kolbens wird durch geflochtene, mit Talg eingefettete Hanfzöpfe oder sonstige Packungen erzielt, die in die Stopfbüchse eingelegt und mittels zweier Schrauben und der sog. Stopfbüchsenbrille e zusammengedrückt werden. Die Bewegung des Kolbens wird durch einen rotierenden Erzzenter, mit dem er durch die Zugtange f verbunden ist, erzeugt. In den Ventilgehäusen befinden sich

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



zwei mit Führungen versehene selbsttätige Ventile aus Rotguß, von denen das eine, das Saugventil *g*, nach der Saugrohrleitung, das andere, das Druckventil *h*, nach der Druckrohrleitung führt. Beim Aufwärtsgange des Kolbens entsteht in dem Pumpengehäuse ein luftleerer Raum; das Druckventil 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 Pumpentiefel durch das geöffnete Druckventil in die Speiseleitung und in den Kessel gepreßt. Da auf jede Kolbenbewegung nur eine Wirkung, entweder eine Saug- oder eine Druckwirkung kommt, nennt man diese Art Pumpen einfachwirkend.

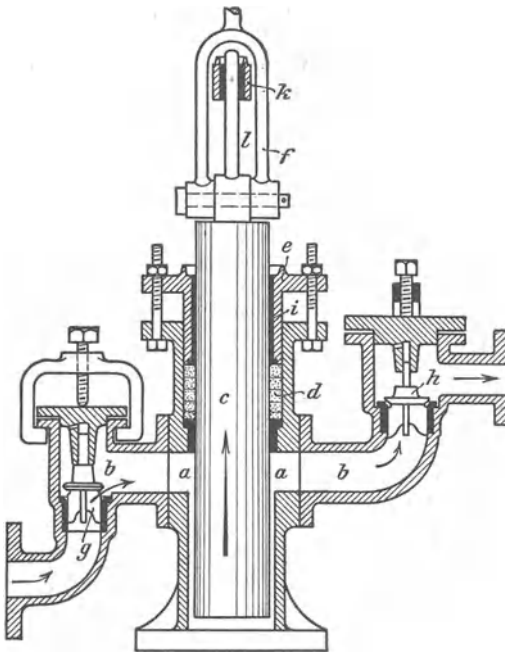


Abb. 141. Einfach wirkende Speisepumpe.

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 auszubüchsen. Die Führungen für den Kolben macht man aus Rotguß oder Messing, einesteils zur Verhütung des Kosses, andererseits auch der geringen Abnutzung wegen, da Reibungsflächen von Gußeisen auf Gußeisen oder Gußeisen auf Schmiedeeisen zu stark verschleifen. Zur sicheren Führung erhalten die Ventiltiegel unten angegossene Führung

flügel und oben 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 Sitze auf, so ist die Hubhöhe des Ventiltiegels durch einen Metall- oder Lederring über dem Führungsstift zu verringern. Die Hubhöhe der Ventiltiegel soll  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{4}$  des lichten Ventildurchmessers betragen; sie muß um so kleiner sein, je schneller die Pumpe arbeitet. Läuft die Pumpe schnell, oder wählt man eine größere Hubhöhe, so bringt man auf den Ventiltiegeln Spiralfedern an, die beim Hubwechsel des Kolbens einen schnellen Abschluß der Ventile bewirken. Die Spiralfedern an den Saugventilen verringern die Saugkraft der Pumpe und dürfen bei großer Saughöhe der Pumpe nicht zu stark gespannt sein, da die Pumpe sonst leicht versagt. Im allgemeinen ist es auch nicht gebräuchlich, den schnelleren Abschluß des Saugventils durch eine darauf lastende Feder zu beschleunigen. Wendet man daher wirklich einmal solche Federn auf dem Saugventile an, so muß man darauf achten, daß sie den Ventiltiegel in geschlossenem Zustande nicht zu sehr belasten.

Die **Dreiplungerpumpe** (Abb. 142) hat drei um  $180^\circ$  versetzte Kurbeln. Infolge dieser Kurbelanordnung arbeitet die Pumpe stoßfrei und liefert einen gleichmäßigen Wasserstrahl. Zur Regelung der Leistung werden der Saugraum und der Druckraum der Pumpe durch ein Rohr (in der Abb. 142 seitlich) 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.

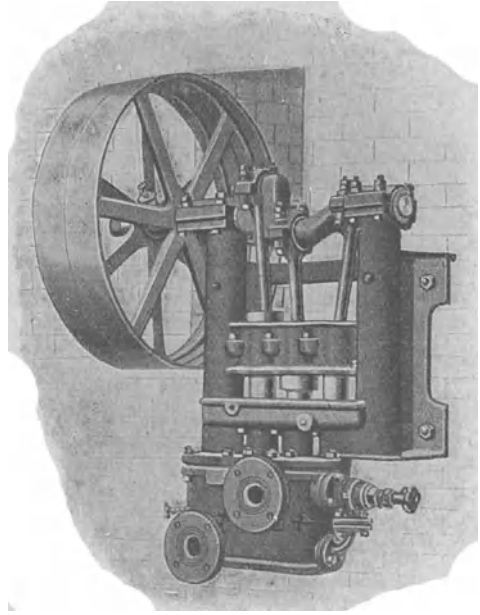


Abb. 142. Dreiplungerpumpe mit Umlaufvorrichtung von F. E. Naeyer Akt.-Ges., Pumpenfabrik in Chemnitz.

Die **Dampfpumpen** werden mit und ohne Schwungrad ausgeführt. Die schwungradlosen Dampfpumpen haben weite Verbreitung gefunden. Sie besitzen wenig bewegte Teile und lassen sich auf schnellen und sehr langsamen Gang einstellen, so daß die geförderte Wassermenge in weiten Grenzen veränderlich ist und die Pumpen sich auch für ununterbrochene Kesselspeisung eignen. Da der Kolben 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. Auch zu **schneller Gang** oder zu geringe lichte Weite des Saugrohres können die Ursache des Versagens der Pumpe sein; die Geschwindigkeit des Wassers in der Saugleitung soll daher ein Meter je Sekunde nicht überschreiten. Am unteren Ende des Saugrohres bringt man bei Pumpen einen Saugkorb mit einem Tellerventil oder einer Gummiplatte an (Abb. 143). 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 Gummiflappe bewirken, daß das Wasser im Saugrohr stehen bleibt und die Pumpe bei der Ingangsetzung sofort ansaugt. Saugt die Pumpe schwer an, so schließt man das Absperrventil in der Speiseleitung, öffnet das Pumpengehäuse, gießt letzteres voll Wasser und setzt, nachdem man das Pumpengehäuse wieder verschlossen hat, die Pumpe in Bewegung. Um die Pumpe schnell nachsehen und innen reinigen zu können, müssen die Schraubenverschlüsse der Pumpengehäuse leicht zugänglich

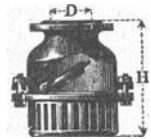


Abb. 143. Saugkorb mit Tellerventil.

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. 81, 82).

Die **Dampfstrahlpumpen oder Injektoren** sind wegen ihrer Einfachheit und Zuverlässigkeit vielfach angewendet. Der Dampf tritt an der Stelle *d* in den Injektor (Abb. 144). Wird die Ventilspindel herausgeschraubt, so strömt der Dampf durch die Düse *a* und erzeugt im Injektorgehäuse eine Luftverdünnung,

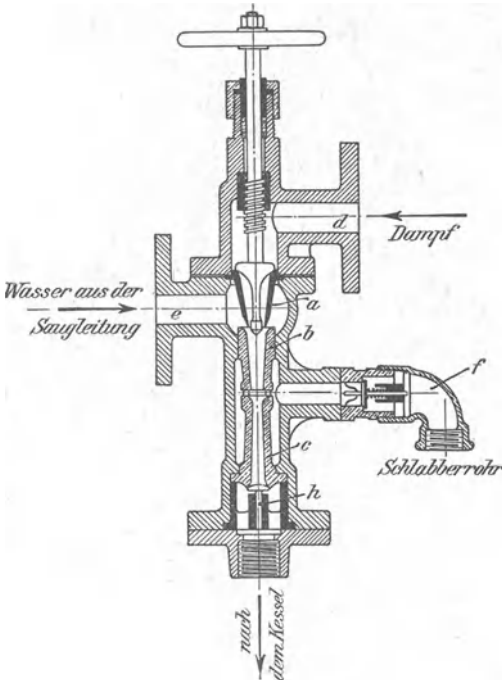


Abb. 144. Der einfache Injektor.

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 *a* heraustritt, anfangs zerstreut ist und durch das Überlaufrohr *f*, das sog. Schlabberrohr, entweicht. Allmählich dringt jedoch der Wasserstrahl in die Fangdüse *c* ein, setzt infolge der allmählichen Erweiterung dieser Düse seine Geschwindigkeit in Druck um, öffnet das bei *h* angebrachte Rückschlagventil und tritt in den Kessel ein. Der Überlauf des Wassers durch das Schlabberrohr wird nach kurzer Zeit geringer, bis schließlich beim weiteren Öffnen des Dampfzuzusses 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. Während des Ansaugens ist zunächst wenig Dampf zu strömen zu lassen. Hat der Injektor angesaugt, so muß durch weiteres Herausdrehen der Regulierspindel noch mehr Dampf in ihn hineingelassen werden, bis das Wasser vom Dampfstrahl in den Kessel gedrückt wird.

Bei dem häufig auf Lokomotiven verwendeten Schaufschen Injektor sind die Misch- und die Überdruckdüse in der Mitte zusammengelassen und haben an der Verbindungsstelle schließförmige Öffnungen, durch welche das Überlaufwasser abfließen kann.

Der **Körtingsche Universal-Injektor** bildet eine Vereinigung von zwei Injektoren, von denen der eine das Wasser ansaugt und der zweite das angesaugte Wasser in den Kessel drückt (Abb. 145 u. 146).

Beim **Einstellen des Injektors** muß der Hebel in seiner Endstellung an der Knagge anliegen und die beiden im Innern befindlichen Ventile fest auf den Sitz drücken, daß sie schließen. Sind diese Ventile bereits geschlossen, ehe der Hebel an

der Knagge anliegt, so kann beim Ingangsetzen des Injektors nicht der volle Hub des Exzenters, auf dem der Hebel sitzt, ausgenutzt werden, und es wird dann insbesondere das Ventil für die Druckseite nicht genügend gehoben, so daß das Versagen des Injektors möglich ist. Aus demselben Grunde darf auch beim Abschrauben des oberen Injektorteiles nur ein dünnes Papierblatt und keine dicke Abbestplatte zum Abdichten verwendet werden.

Das Ingangsetzen vollzieht sich sehr schnell, so daß der Heizer nur nötig hat, den Hebel langsam von einer Seite nach der anderen zu bewegen und hierbei auf das richtige Ansaugen des Injektors zu achten. Während der Ansaugperiode läßt sich der Hebel leicht drehen; sobald das Druckventil  $V_1$  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 Injektoren wirken sehr zuverlässig. Sie saugen kaltes Wasser bis  $6\frac{1}{2}$  Meter,  $60^\circ$  Cel-

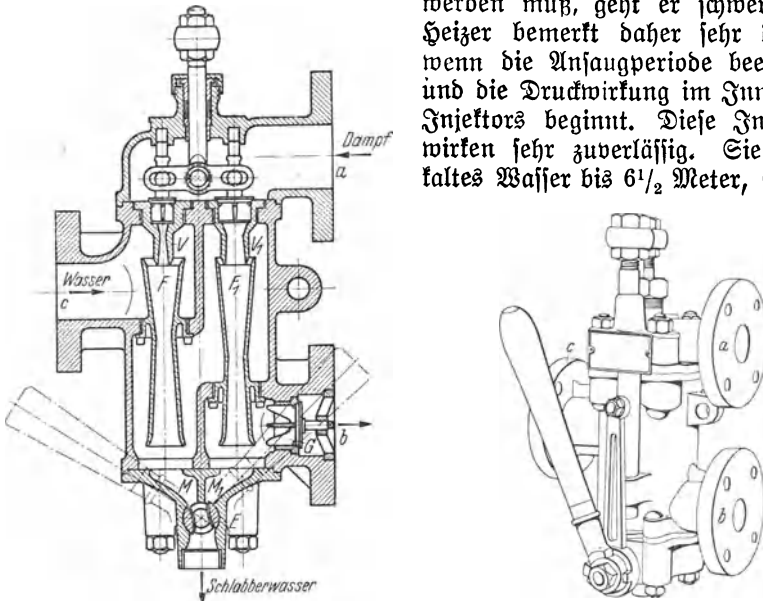


Abb. 145 u. 146. Schnittzeichnung und Ansicht des Rörting-Injektors neuerer Bauart. Bei geringer Bewegung des Hebels, der mit Hahn E fest verbunden ist, wird zunächst das Ventil der Saugdüse V geöffnet, weil es kleiner als das Ventil der Druckdüse  $V_1$  ist. Das angesaugte Wasser läuft durch Kanal M ins Freie. Bei weiterer Fortbewegung des Hebels stößt der Stiel des Saugventils oben im Injektorgehäuse an, so daß nunmehr Düsenventil  $V_1$  angehoben wird. Hahn E hat Kanal M abgeschlossen, das angesaugte Wasser tritt nach Düse  $V_1$  und  $F_1$ , läuft durch Kanal  $M_1$  ab, bis Hahn E auch diesen abschließt, und wird dann durch das Rückschlagventil G hindurch in die Speiseleitung nach dem Kessel gedrückt.

sius warmes Wasser noch 2 Meter hoch an. Fließt ihnen das Wasser zu, so kann die Temperatur des Speisewassers bis zu  $70^\circ$  Celsius betragen.

**Der Restarting-(Wiederansaug-)Injektor** saugt selbsttätig wieder an und arbeitet von selbst weiter, 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. Dreht man den Hebel (Abb. 147, 148), so bewegt sich der Zapfen l in die Höhe und hebt den Ventilkörper a zugleich mit der daran gebrachten 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 eine Klappe n, die um den Bolzen o nach außen aufklappen kann und während des regelrechten Ganges des Injektors geschlossen ist.

Verfagt der Injektor während der Speisung, so braucht er infolge dieser Klappe nicht von neuem angestellt zu werden, sondern er saugt von selbst wieder an. Da beim Ansaugen aber weniger Dampf gebraucht wird und die Dampfzuströmung beim Abschneiden des Injektors unverändert bleibt, muß der überschüssige Dampf bequem entweichen können. Diesem Zwecke dient die Klappe *n*. Sobald der Injektor während des vollen Ganges verfagt, 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 angefaugt, so daß die Mischdüse *o* die Form einer ungeteilten Düse annimmt und das Wasser durch die Druckdüse *e* und das Rückschlagventil *i* in die Speiseleitung

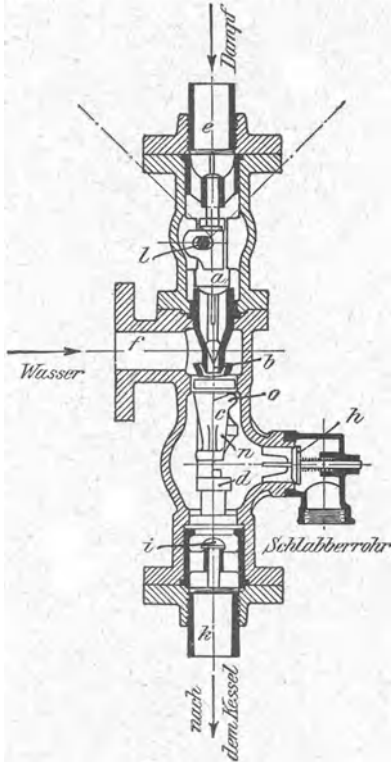


Abb. 147. Schnitt durch den Restating-Injektor.

nach dem Kessel bringt. Bei den Restating-Injektoren kann man sogar die Saugleitung aus dem Wasser heben; sobald man sie wieder unter Wasser hält, arbeitet der Injektor weiter. Der Restating-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 In-



Abb. 148. Restating-Injektor von Schäffer & Budenberg, Magdeburg-Buckau.

jektor zu vermeiden. Alle Rohrleitungen für Kessel Dampf und Wasser sowie alle in die Rohrleitungen eingeschalteten Ventile und Hähne müssen den vollen freien Querschnitt der Rohre haben. Besonders ist darauf zu achten, daß die Rohre nicht durch zu eng 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 angesetzt, 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 versagenden In-

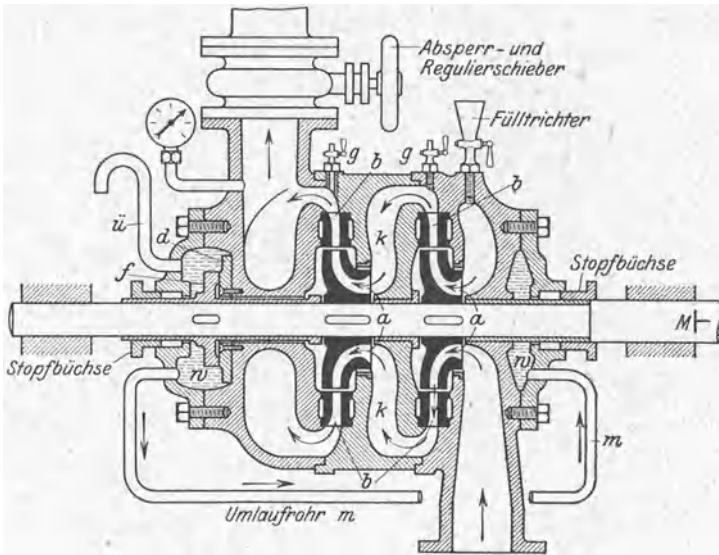


Abb. 149. Zweistufige Kreiselpumpe.

jektors 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 Wärmeerparnis ein großer Unterschied darin, ob das Kesselspeisewasser unter Verwendung einer Pumpe oder eines Abdampf- oder eines Rauchgasvorbärmers 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. 149) bewirkt. Die Zahl der Schleuderräder ist verschieden. Abb. 149 zeigt eine zweistufige Pumpe. Die Schleuderräder sind auf der Welle festgekittet und haben im Innern spiralförmig nach außen verlaufende Kanäle S (Abb. 150). Aus dem Schleuderrad tritt das Wasser durch ein gleichfalls mit Kanälen L versehenes, in das



Abb. 150. Querschnitt durch eine Kreiselpumpe. S = schnell rotierendes Schleuderrad; L = feststehendes Leitrad; K = Abflußkanäle nach der Druckleitung.

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.

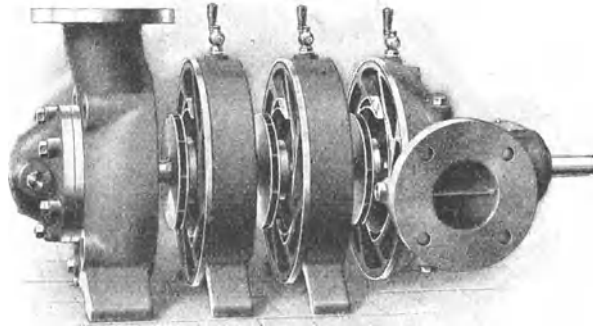


Abb. 151. Auseinandergenommene Kreiselpumpe.

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 leer nicht anläßt. 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 des Unterdruckes in der Saugleitung erhält die Pumpenwelle einen seitlichen Druck, zu dessen Ausgleich bei jeder Zentrifugalpumpe eine besondere Vor-

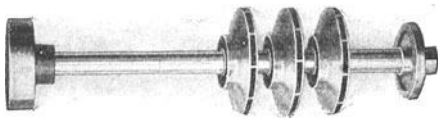


Abb. 152. Rotor einer 3stufigen Kreiselpumpe.

richtung vorgesehen ist. In Abb. 149 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 selbstverständlich 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 dasselbe entleeren kann.

Entsprechend der unvermeidbaren Abnutzung an den Auflageflächen der Entlastungsscheiben d und f tritt im Laufe der Zeit eine Verschiebung der Welle mit 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 einer dünnen Blechscheibe zwischen Scheibe d und Pumpengehäuse ausgeglichen werden.

Die Leistung der Pumpen wird geregelt mittels eines Schiebers zwischen ihrem Druckstutzen und der anschließenden Speiseleitung oder durch Änderung der Drehzahl oder durch beide zugleich. Die Pumpen laufen meist ununterbrochen, doch darf die Förderung nicht längere Zeit abgestellt werden, da sie sonst zu heiß werden.

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

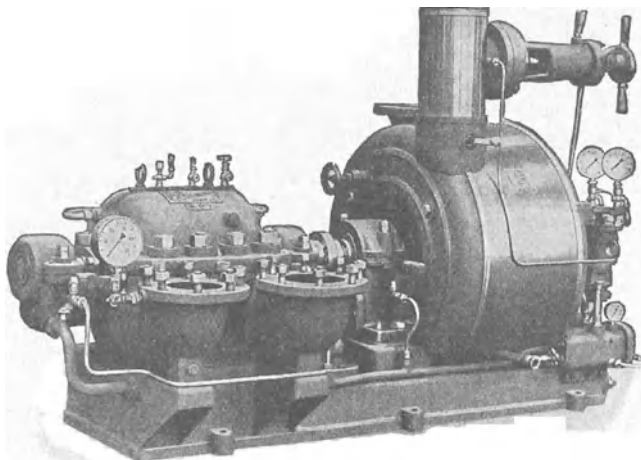


Abb. 153. Turbinenpumpe von Jaeger & Co., Leipzig-Plagwitz. Die Rohrleitungen schließen den unteren Gehäuseteil an und werden beim Öffnen der Pumpe nicht abgenommen. (Auch auf großen Seedampfern viel in Anwendung.)

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 m mit der Wasserkammer auf der Druckseite zur Verhütung des Einschnüffelns 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 umgesetzt wird. Auf der richtigen Bauart der Kanäle beruht daher zum großen Teil das richtige Funktionieren der Zentrifugalpumpe, deren Bauart nicht so einfach ist, wie es auf den ersten Blick ausieht. Der Kraftbedarf der Zentrifugalpumpen soll angeblich etwas höher sein als bei Kolbenpumpen; doch werden sie infolge ihrer Einfachheit, ihres geringen Platzbedarfes, der Betriebssicherheit und der stoßfreien Arbeitsweise bei großen Kesselanlagen ausschließlich angewendet.

Die **selbsttätigen Speisewasserregler** speisen ununterbrochen und derart, daß der Wasserstand im Kessel auf einer bestimmten normalen Höhe bleibt und Wasser-  
manoeel und Überweissen verhindert werden. Am bekanntesten und verbreitetsten



b) aus dem Druckregler, der den Gang und die Leistung der Speisepumpe der jeweiligen Einstellung des Wasserstandsreglers anpaßt.

a) Der Wasserstandsregler (Abb. 154). Der massive Tauchkörper Y ist schwerer als Wasser, wird aber durch die Gegengewichte des Regelventiles Ae so ausgewogen,

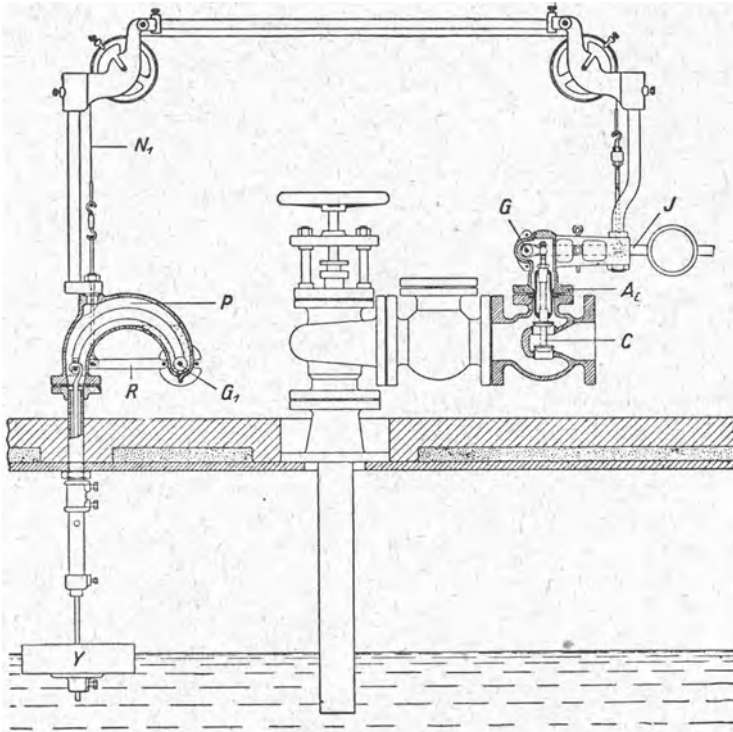


Abb. 154. Selbsttätiger Wasserstandsregler der Firma Hannemann, Berlin-Frohnau.

daß er allen Bewegungen des Wasserspiegels genau wie ein Schwimmer folgt. Fällt der Wasserstand, so zieht der Tauchkörper den Hebel R, der seinen Drehpunkt  $G_1$  im Traglager P hat, nach unten, wobei das über Rollen laufende Stahlband N die äußeren Hebel J des in die Speiseleitung eingebauten Regelventiles anhebt, den Doppelkegel C öffnet und die Speisung im Gange setzt oder, wenn sie bereits langsam im Gange war, verstärkt. Bei steigendem Wasserstande (also bei abnehmender Kesselbelastung) wird der Tauchkörper Y gehoben, die Bewegungen des Gestänges und des Regelventiles vollziehen sich in umgekehrter Richtung: die Speisung wird selbsttätig vermindert oder völlig abgestellt.

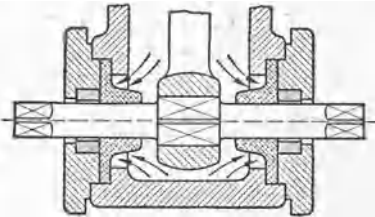


Abb. 155. Patentierte Hannemannsche Wellenlagerung mit selbstdichtenden, nachgiebigen Gummimantelnetzen.  $G_1$  und G in Abb. 154.

Damit die Bewegungen des Wasserstandes und des Tauchkörpers möglichst reibungsfrei auf den Doppelkegel C des Speiseventils Ae übertragen werden und insbesondere die Wellenlager  $G_1$  und G beim Heben und Fallen des Tauchkörpers keinen großen Widerstand bieten, sind an diesen Stellen keine Stopfbüchsen, sondern paten-

tierte Abdichtungen mit Gummimanschetten verwendet, die vom Dampf- bzw. Wasserdruck angepreßt werden und infolge ihrer Elastizität die geringen Verdrehungen aufnehmen, ohne zu gleiten. Das Traglager P bildet infolge seiner gebogenen Form einen Wasserjack, wodurch die Gummimanschette der Einwirkung des Dampfes entzogen ist und auch bei hohen Temperaturen noch kühl bleibt. Die weite Verbreitung der Hanne-mannschen Apparate beruht zum großen Teil auf diesem überaus einfachen, in der Wirkung sicheren und den gewöhnlichen Stopfbüchsen mit Brille, Schrauben und Abbestattung überlegenen Patent, das die Firma bei ihren sämtlichen Konstruktionen verwendet (Abb. 155).

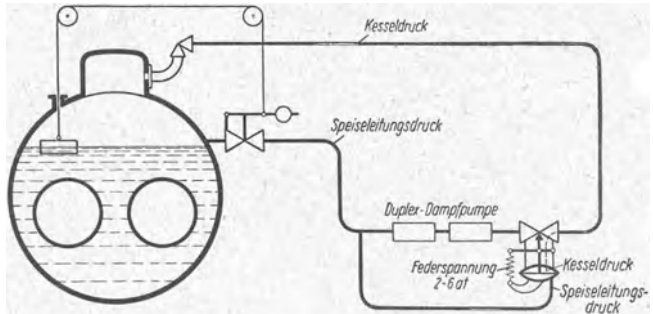


Abb. 156. Schema des Differenzdruckreglers „Dampf“ der Firma Hannemann. Bei hohem Wasserstand wird das Speiseventil am Kessel durch den Schwimmer gedrosselt. Der Speiseleitungsdruck steigt infolgedessen an, drückt die Membran im Druckregler nach oben und drosselt das Dampfventil der Duplexpumpe, so daß letztere langsamer läuft und der Speiseleitungsdruck fällt, bis er dem auf die obere Membranseite wirkenden Druck (Kesseldruck und Federspannung) wieder das Gleichgewicht hält.

b) Der Wasserstandsregler regelt nur das Zuflußventil zum Kessel. Sind mehrere Kessel vorhanden, so erhält jeder einen Wasserstandsregler. Wird einer derselben gedrosselt, so würde der Druck in der Speiseleitung ansteigen, falls die Fördermenge der Speisepumpe nicht entsprechend verringert und überhaupt geregelt wird. Diesen Zwecken dient der

**Druckregler.** Er hält in der Speiseleitung einen gleichmäßig hohen Überdruck über dem Kesseldruck und wird auch **Differenzdruckregler** genannt. Hat ein Kessel einen Betriebsdruck von 10 Atmosphären, so beträgt der Speiseleitungsdruck, der in jeder Kesselanlage höher als der Kesseldruck ist, etwa 12 Atmosphären und der Differenzdruck zwischen beiden 12-10 = 2 Atmosphären. Diese 2 Atmosphären hält der Differenzdruckregler aufrecht, auch wenn der Kesseldruck steigt oder fällt oder wenn der Wasserstandsregler die Speisung drosselt oder völlig frei gibt; hingegen bei Kesselanlagen ohne Druckregler der Speiseleitungsdruck schwankt und namentlich bei gedrosseltem Wasserstandsregler bedeutend ansteigt. Der Vorteil des Differenzdruckreglers ist infolgedessen, daß der Wasserstandsregler sehr genau arbeitet und die Speisevorrichtungen nicht überanstrengt werden und leicht gehen.

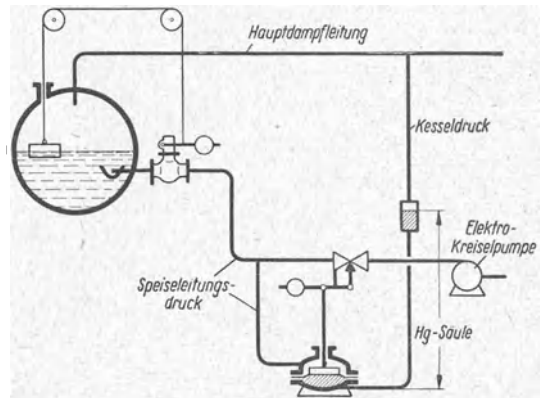


Abb. 157. Schema des Differenzdruckreglers „Universal“ der Firma Hannemann. Der Speiseleitungsdruck wirkt auf die obere Membranseite des Druckreglers (nicht auf die untere wie in Abb. 137). Hg-Säule = Quecksilbersäule und Kesseldruck brücken auf die untere Membranseite. Im übrigen ist die Wirkungsweise wie beim Regler „Dampf“.

Nur in kleinen Anlagen mit nicht allzu hohem Druck und mit Riemen- oder

Erzenterpumpen genügt an Stelle des Differenzdruckreglers meist ein einfaches federbelastetes, als Überströmventil ausgebildetes Sicherheitsventil in der Speiseleitung, das das von der Pumpe zuviel geförderte Wasser entweichen läßt.

In anderen Fällen verwendet man einen Differenzdruckregler. Seine Bauart ist verschieden je nach der Größe der Kesselanlage und der Art der vorhandenen Speisepumpe, ob dieselbe eine Simplex- oder Duplexdampfpumpe oder eine mit einer Dampfturbine oder einem Elektromotor gekuppelte Kreiselpumpe ist. Die beiden Hauptteile des Hannemann-Differenzdruckreglers sind das Membrangehäuse und das Regelventil (Abb. 156 und Abb. 157).

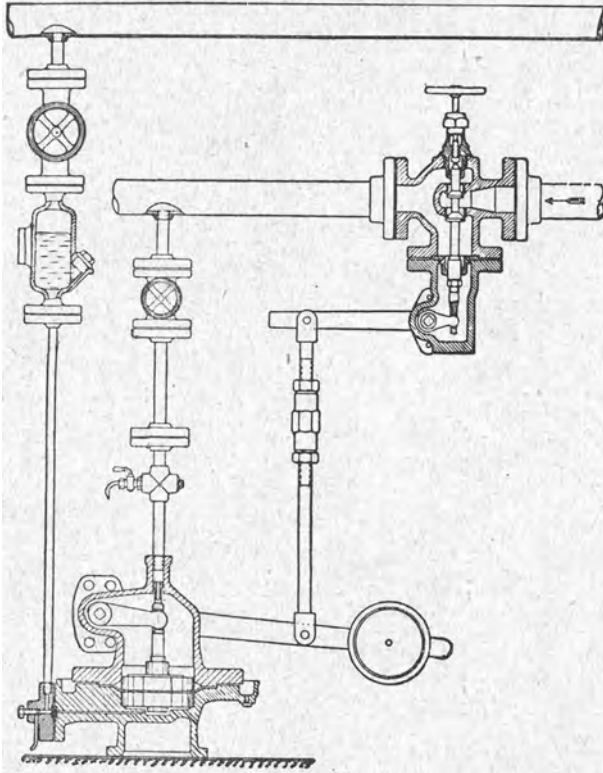


Abb. 158. Druckregler „Universal“ der Abb. 138. Die Dampfleitung ist oben, die Speiseleitung unten. Die Membran ist zwischen den beiden Kolbenhälften eingespannt. Das linke senkrechte Rohr enthält die Quecksilberfüllung.

Bei größeren Kesselanlagen ist infolge des meist sehr erheblichen Druckabfalles in der Dampfleitung nach dem Regler auch der Unterschied zwischen Dampfdruck und Speiseleitungsdruck am Regler von dementsprechender Größe. In diesen Fällen wird an Stelle der erforderlichen zusätzlichen Federspannung zum Dampfdruck der Druck einer Quecksilbersäule in einem senkrechten Standrohr benützt, der eine sehr feinfühlig und stete Regelung des Speiseleitungsdruckes bewirkt, ohne, wie dies bei großen Federspannungen vielleicht möglich ist, überlastet zu werden. Soll der Überdruck der Speiseleitung dauernd ein höheres oder kleineres Maß erhalten, so kann dies leicht durch teilweises Auffüllen oder Ablassen von Quecksilber aus seinem Standrohr bewerkstelligt werden. Letzteres hat zu diesem Zweck einen Füllbehälter an seinem

oberen und einen Ablass an seinem unteren Ende. Dieser Differenzdruckregler, der wegen seiner allgemeinen Verwendbarkeit nicht nur für große, sondern auch für kleine Kesselanlagen von der Firma Hannemann mit „Universal“ bezeichnet ist, hat aus konstruktiven Gründen (Quecksilber) die umgekehrte Anordnung wie der Differenzdruckregler „Dampf“ (Abb. 156): der Dampfdruck und der Quecksilberdruck wirken von unten, der Speiseleitungsdruck von oben auf die Reglermembran.

Bei Dampfturbobumpen können die Differenzdruckregler in die Dampfleitung der Dampfturbine, aber auch in die Druckleitung der Pumpe eingebaut werden. Im ersteren Falle regeln sie die Leistung der Pumpe durch Veränderung ihrer Drehzahl, im anderen Falle wirken sie als Drosselregler, so daß der Überdruck in der

Speiseleitung hinter dem Regler (zwischen diesem und dem Kesselspeiseventil) auf gleicher Höhe gehalten wird. Auch bei elektrisch angetriebenen Kreiselpumpen erfolgt der Reglereinbau in dieser Weise.

Die selbsttätigen Speiseregler sind viel im Gebrauch und bewirken, daß der Wasserstand im Kessel nur wenige Millimeter schwankt. Sie erleichtern die Bedienung, liefern trockenen Dampf usw. Der Heizer kann sie auch zeitweilig abstellen, falls dies aus betrieblichen Gründen, etwa bei vorübergehendem Hochspeisen zur Ausnützung der Wärmespeicherung des Wasserinhaltes des Kessels, geboten erscheint.

**Das Speise- oder Rückschlagventil** (Abb. 159) gestattet dem Wasser den Eintritt in den Kessel, verhindert aber dessen Austritt. Es wird unter dem Druck des Pumpentolbens 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 Führungsfüßeln im Ventilsitz noch einen langen, im Deckel des Ventilgehäuses geführten Stiel.

Zwischen dem Speiseventil und dem Kessel ist gemäß gesetzlicher Vorschrift ein Absperrventil einzuschalten (Abb. 159). 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 Ablaufvorrichtung.** Damit das Kesselwasser zeitweilig abgelassen werden kann, ist der Kessel an der tiefsten Stelle mit einem Hahn oder Absperrventil zu versehen. Ist die Ablaufvorrichtung nicht unmittelbar 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 Ablaufhahn zu öffnen.

Nach dem Dampfkesselgesetz ist jeder Kessel mit einer zuverlässigen **Ablaufvor-**

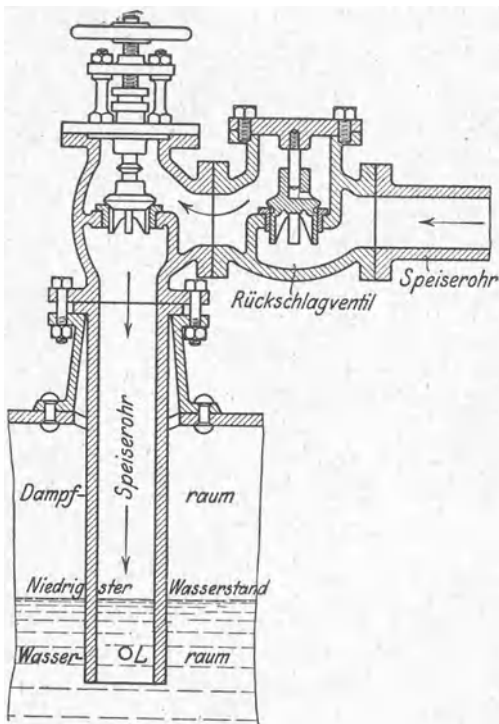


Abb. 159. Speisepfopf mit Rückschlag- und Absperrventil und Speiserohr.

**richtung** zu versehen. Verwendet werden vorwiegend Absperrventile, selten gewöhnliche Hähne oder Stopfbüchsenhähne an der tiefsten Kesselstelle. Verbindungsstücke mit dem Kessel (Rohre oder Krümmer) sind gegen die Einwirkung der Heizgase zu schützen, damit der Schlamm nicht darin festbrennt. Vor dem Entleeren des Kessels sind das Feuer und die glimmende Flugasche zu entfernen, das Mauerwerk abzukühlen und der Dampfdruck herunterzulassen. In begründeten Ausnahmefällen ist große Vorsicht zu gebrauchen (ganz langsames Ablassen bei möglichst niedrigem Druck), da der Kessel bei schnellem Druckabfall undicht werden kann. (Siehe Punkt 25 der amtlichen Betriebsvorschriften Seite 150.)

Schlammablagerungen im Kessel versucht man durch öfteres regelmäßiges Öffnen der Ablassvorrichtung, nachdem der Kessel mehrere Stunden still gestanden hat, unter vermindertem Dampfdruck auszublasen. Bei dem einfachen Ablasshahn kann es leicht vorkommen, daß er von dem durchströmenden heißen Wasser so stark er-

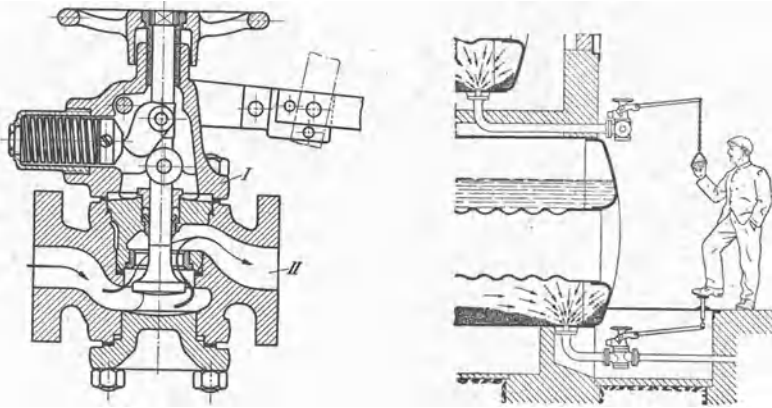


Abb. 160 u. 161. Abschlämmapparat von F. Gustav Gerdt's, Bremen, geöffnet, viel im Gebrauch, hat eine sehr große Schließkraft, die dichten und schnellen Abschluß des gehärteten Ventilkegels gewährleistet, kleinen lichten Durchgang (30 oder 40 Millimeter), so daß die Strömungsgeschwindigkeit groß ist und feste Bestandteile fortweist, eine Überlastungssicherung, die den Ablassstutzen gegen Bruch schützt, falls der Belastungshebel zu stark gehandhabt wird. Er wird auch so ausgeführt, daß die Herausnahme des Abschlämm-Mechanismus bei vollem Betrieb möglich ist. Bei tagsüber öfterem Gebrauch genügen immer nur wenige Sekunden für das Abschlämmen.

wärmt und ausgedehnt wird, daß er sich nicht wieder schließen läßt und bei Anwendung von Gewalt abbricht. Absperrventile lassen sich zwar leichter schließen, sind jedoch nicht dicht zu bekommen, sobald sich beim Ausblasen abgesprungene Kesselsteinschalen auf der Sitzfläche festsetzen. Das Abschlämmen der Kessel mittels gewöhnlicher Hähne oder Ventile bleibt daher immer eine sehr gefährliche Sache. Das Herumstochern in verstopften Ablassvorrichtungen ist, solange noch Druck im Kessel vorhanden ist, wegen der großen Unfallgefahr durch plötzlich austretendes Kesselwasser, dem wiederholt Kesselwärter erlegen sind, unbedingt zu unterlassen und auch bei völlig entspanntem Kessel nur mit großer Vorsicht angängig. Ablassrohre sind bei zu hastigem Öffnen der Ablassventile unter Druck wiederholt abgerissen und möglichst ohne Krümmer auszuführen.

Diese Übelstände vermeidet man durch die 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. 160 und 161). Hat sich beim Abschlämmen Kesselstein im Ventil festgesetzt und ist das-

selbe infolgedessen wasserundurchlässig geworden, so kann der Kesselstein durch Drehen am Handrade zerrieben und das Ventil dicht gemacht werden. Das Ventil ist kurz und stoßweise zu öffnen, da hierbei der Schlamm am besten fortgerissen wird. Nach jedesmaligem Abschlämmen muß sich der Heizer davon überzeugen, ob das Ventil noch dicht schließt.

Die Dampfabsperrentile werden bis etwa 25 Atmosphären Betriebsdruck aus einem hochwertigem Grauguß, für höhere Drücke und Betriebstemperaturen bis 425° (nach den Bestimmungen der Vereinigung der Großkesselbesitzer) aus Elektrostahtguß und für besonders hohe Beanspruchungen und Temperaturen aus „Phnosstahl“ (Schäffer & Budenberg) hergestellt. Die Ventilschäfte sind sorgfältig geglättet sein, um die Stopfbüchsenpackung zu schonen. Unten ist sie kugelig, damit der Ventilschiffel beim Schließen des Ventils zentrisch auf seinem Sitz zu liegen kommt.

Der Regel muß daher entsprechend beweglich sein und nach dem Aufsetzen auf den Sitz bei weiterem Drehen der Spindel liegen bleiben können, so daß ein Aufeinandergleiten und Pressen der Dichtflächen vermieden wird. Auf die Flügelführung des Regels wird vielfach verzichtet und dieselbe durch eine lange und genaue Spindelführung ersetzt, da sie bei guter Passung leicht klemmt oder aber bei reichlichem Spiel keine hinreichende Führung gewährleistet. In Anwendung ist sie noch bei Satteldampf und niedrigen Drücken, wobei die Führungsflügel sehr kurz gemacht werden. Die Sitzringe im Regel und im Gehäuse werden aus Messing oder Nitrostahl hergestellt, doch wird für Satteldampf und für Heißdampf bis 300° auch eine Regelweichdichtung (eine verbesserte Jenkins-Dichtung) benötigt.

Die Stopfbüchse erhält Asbestpackung und unten einen Schuttring gegen das Eindringen von Fremdkörpern (Verpackungsresten) in das Ventil. Die Regelbefestigung dichtet bei völlig geöffnetem Ventil an der Innenseite des Ventilbeckens ab, so daß die Stopfbüchse auch unter vollem Betriebsdruck gefahrlos nachverpackt werden kann.

Die Ventile werden in der Regel so eingebaut, daß der Dampf unter dem Regel eintritt und über dem Regel austritt. Eine Ausnahme machen Ventile mit Entlastungsregeln für hohe Drücke und großem Durchmesser (über 4000 Kilogramm Druck unter dem Regel), da hier der Druck bei geschlossenem Ventil über dem Regel lasten muß. In Ringleitungen, in denen die Dampfströmung nach beiden Seiten erfolgen kann, ist es gleichgültig, wie man die Ventile einbaut. Wünscht man jedoch in einer Richtung besonders dichten Abschluß, so ist zu beachten, daß die Abdichtung bei Dampfeintritt über dem Regel besser ist als umgekehrt.

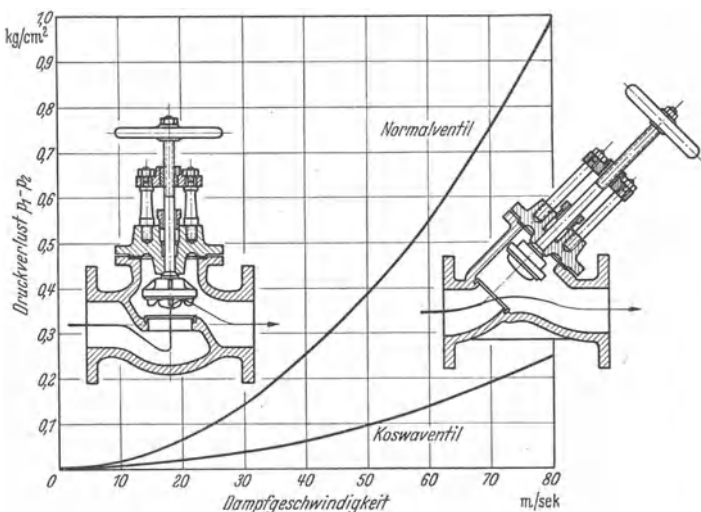


Abb. 162. Bei 50 Meter sekundlicher Dampfgeschwindigkeit verursacht das Normalventil (links) 0,4, das Koswaventil (rechts, Schumann & Co., Leipzig) nur 0,1 Atm. Spannungsabfall. Sehr geringen Strömungswiderstand haben auch das Rheiventil (Schäffer & Budenberg) u. a.

Die Form der Ventile wird so gewählt, daß ihr Strömungswiderstand möglichst gering bleibt (Abb. 162).

Für Heißdampfleitungen mittlerer und großer Durchmesser kommt heute nur noch der **Absperrschieber** mit parallelen Dichtflächen in Frage, der von jeder Armaturenfabrik in eigener Ausführung hergestellt wird. Alle Dampfventile müssen langsam geöffnet werden; die Nichtbeachtung dieser Maßnahme hat schon häufig zu Wasserschlägen in den Rohrleitungen und zu Rissen in Dampfmaschinenzylindern geführt. Sehr große Ventile und Absperrschieber versteht man mit einem kleinen Umgehungsventil zum Anwärmen der Rohrleitung.

**Die Rohrleitungen.** Maßgebend sind die Dinormen und, ausschließlich für Heißdampf, die sehr ausführlichen Richtlinien der Vereinigung der Großkesselbesitzer. Farbenbezeichnung nach den Dinormen: Dampf: rot, Wasser: grün, Öl: braun, Gas: gelb. Verwendet werden nahtlose Rohre aus Flußeisen oder (für Heißdampf bis 550°) aus besonderem legierten Stahl. Bei hohen Temperaturen (über 400°) sollen zur Vermeidung des Fressens der Gewinde die Muttern aus einem anderen Werkstoff als die Schraubenbolzen bestehen. Geschweißte Rohre sind wegen der Möglichkeit des Aufplatzens der Naht beim Biegen seltener im Gebrauch.

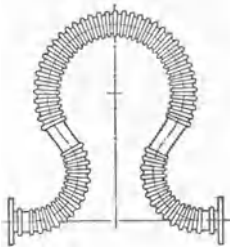


Abb. 163<sup>1)</sup>. Rohrbogen zum Längenausgleich.

Für den elastischen Längenausgleich genügen schlanke Rohrleitungsbögen, die bei den Anschlüssen an den Kessel und an die Turbine auch als Falten- oder Wellrohr ausgeführt werden. Lange Rohrleitungen erhalten U-rabögen (Abb. 163) oder Ausgleichstücke mit Stopfbüchsen, in denen sich das Rohr in seiner Längsrichtung verschieben kann. Nach den „Richtlinien“ wird die Rohraufhängung wegen der geringen Wärmeverluste durch Ausstrahlung und der leichteren Beweglichkeit als zweckmäßiger empfohlen als die Auflage-

rung auf Rollen. Letztere sind leicht beweglich zu erhalten und auch im Gebrauch. Rohrschellen für die Aufhängung sind vom Rohr zu isolieren und auf eingelegte Wärmeschutzsteine von hoher Druckfestigkeit ( $\sim 100$  bis  $150$  kg/qcm) zu lagern. Rohrgefälle muß wegen der Entwässerung und der Wasserschläge in Richtung der Dampfströmung gleichmäßig verlaufen (etwa 3 bis 4 Millimeter je Meter Länge). Vor der Ingebrauchnahme sind die Rohre durch mehrstündiges Beizen und Neutralisieren und kräftiges Ausblasen mit Dampf, nicht aber durch äußeres Behämmern mit eisernen Werkzeugen sorgfältig zu reinigen. Die Dichtungsflächen der Flanschen müssen genau parallel liegen, Schraubenlöcher genau zusammenpassen. Die Schrauben sind paarweise gegenüberliegend und stufenweise reihum gut, aber nicht übertrieben und nicht mit Hämmern anzuziehen. Hierbei wird bei Schrauben aus hochwertigen Sonderstählen die Verlängerung des Bolzens mit Messuhren gemessen und auf ein zulässiges Maß unterhalb der Elastizitätsgrenze beschränkt.

**Dichtungen und Dichtungsflächen** sollen Temperaturbeständigkeit, namentlich bei häufigem Wechsel vom warmen zum kalten Zustand, Elastizität zur Aufnahme des Anpressungsdruckes und zum Ausgleich geringer Unebenheiten der Dichtungsflächen sowie Korrosionsbeständigkeit gegen chemische Einflüsse des Dampfes, des Öles (Druckölschmierung) und heißer Gase (Lufterhitzer) besitzen. Angewendet werden ebene Dichtungsflächen, Dichtungen mit Nut und Feder, mit Vor- und Rücksprung, mit Eindrehung für Runddichtungen, mit Linsendichtungen usw.

**Weichpadungen**, die sog. It-Dichtungen (Klingerit u. ä.) sind am häufigsten, bestehen aus einer Mischung von Asbest mit Kautschuk ( $\sim 10$  Prozent) als Binde-

<sup>1)</sup> Abb. 163 ist aus „Doppel, Taschenbuch f. d. Maschinenbau“, Berlin: Julius Springer. entnommen.

mittel und mit mineralischen Bestandteilen (Schwerpat) und mit Drahteinlagen zur Erhöhung der Festigkeit, und haben sich in Dampfleitungen bis 35 Atmosphären und 425° bewährt. Dicke für Hochdruckleitungen nicht über 1 Millimeter. Sie eignen sich auch für Kalt- und Heißwasser, falls die Zusätze die Kautschukbestandteile vor dem zerstörenden Einflusse des alkalischen Speisewassers schützen. Für Dampfleitungen müssen besondere Zusätze die It-Dichtungen ölbeständig machen. Dicke nicht über 2 Millimeter. Auch ölgetränkte Pappdichtungen haben sich bewährt.

**Weichgummidichtungen** werden am besten in Kaltwasserleitungen verwendet, mit Leinwand- oder Drahteinlage auch bei Mannlochdeckeln für mittlere Drücke und Temperaturen.

**Metalldichtungen** sind für hohe Drücke und Temperaturen bestimmt. Ihr Ausdehnungswert muß möglichst dem des Stoffes der Rohrleitung gleich sein. Bei gewellten Stahldichtungen mit beiderseitiger graphitierter Abbestauflage darf der Anpressungsdruck zur Vermeidung von Längs- und Querrissen eine gewisse Grenze nicht überschreiten (800 kg/qcm). Dichtungen aus handelsüblichem Kupfer verlieren bei hohen Temperaturen erheblich an Festigkeit, besser ist Elektrolytkupfer, weil es sehr rein ist, also Phosphor, Arsen, Antimon usw. nicht enthält. Weicheisendichtungen in Form von Rinsen oder gerillten Flachdichtungen haben sich bewährt (100 Atmosphären, 470°), Nitro-Stahl- und Aluminiumdichtungen gleichen infolge ihrer Nachgiebigkeit ungenau ausgerichtete Dichtflächen aus, doch fällt die Zugfestigkeit des Aluminiums bei steigender Temperatur beträchtlich. Letztere erhalten deshalb die ziemlich große Dicke von 1,5 bis 2,5 Millimeter.

Sorgfältiger **Wärmeschutz** ist aus wirtschaftlichen und (namentlich bei Heißdampf) auch aus sicherheitstechnischen Gründen erforderlich, da bei guter Isolierung die Temperaturunterschiede und die Beanspruchungen in der Rohrleitungsanlage geringer werden. Verwendet werden hauptsächlich: Seide als Zopf bis 100°, Kork als Schrot und in Schalen bis 120°, Magnesia mit 15 bis 20 Prozent Kieselgur gestopft und in Schalen bis 250°, Kieselgur als Masse bis 500°, gegläht und als Formstück bis 800°, Schlackewolle gestopft, mit Hart- oder Blechmantel bis 700° und Gichtstaub gestopft, mit Blechmantel bis 1000°. Die Isolierungen müssen gegen Druck und Stoß standhalten (beim Anlegen von Leitern, Auflegen von Brettergerüsten) und nötigenfalls mit einem Hartmantel von 10 bis 25 Millimeter Dicke aus einer Mischung von Gichtstaub, Kieselgur und Gips oder ähnlichem oder mit einem Blechmantel (teurer) versehen werden. Bei Freileitungen hat der Blechmantel einen Schutzanstrich, der Hartmantel eine Ummantelung mit teerfreier, mit Stahlbändern befestigter Pappe zu erhalten. Isoliermassen, die als Schmiermasse aufgetragen werden, lassen sich leicht ausbessern, können aber nur an warmen Rohrleitungen angebracht werden, was bei schnellem Bauen hinderlich sein kann.

Bei Heißdampf ist auch sorgfältiger Wärmeschutz der Flanschen erforderlich und werden auch Schweißverbindungen statt der Flanschen empfohlen. Flanschekappen erhalten mitunter einen mit Wrasenröhrchen versehenen zweiteiligen, mit Flügelschrauben zusammengehaltenen Dichtungsring.

## 14. Die Speisewasservorwärmer und Rufferhitzer.

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 Kesselspeisewasser ist demnach wesentlich kälter als das Wasser im Kessel. Durch Ausnutzung der im Auspuffdampf einer Dampfmaschine oder



der in den Abgasen einer Kesselanlage enthaltenen Wärme kann man die Temperatur des Speisewassers beträchtlich erhöhen. Man erzielt hierdurch eine Kohlenersparnis und vermeidet auch Längendehnungen der Kesselbleche und Undichtheiten der Nietverbindungen. Die Vorwärmer werden in die Druckleitung der Speisepumpe eingebaut.

**Der Abdampfvorwärmer** (Abb. 164 u. 165) besteht aus einem zylindrischen Schmiedeeisernen Mantel mit einem ausziehbaren Rohrsystem, das häufig aus dünnwandigen Kupfer- oder Messingrohren besteht. Das Wasser wird von der Speisepumpe innen durch die Rohre hindurchgedrückt, wogegen der Auspuffdampf der Dampfmaschine die Rohre von außen umgibt. Diese Anordnung ist die fast allgemein gebräuchliche, weil sich ein etwaiger Schlamm- und Kesselsteinbelag aus dem Kesselspeisewasser auf der Innenseite der Rohre besser als auf deren Außenseite beseitigen läßt. Der Dampfraum wird in der Regel mit einem Kondensstopf zur Ableitung des Kondenswassers oder mit einem offenen Rohr von geringem Durchmesser

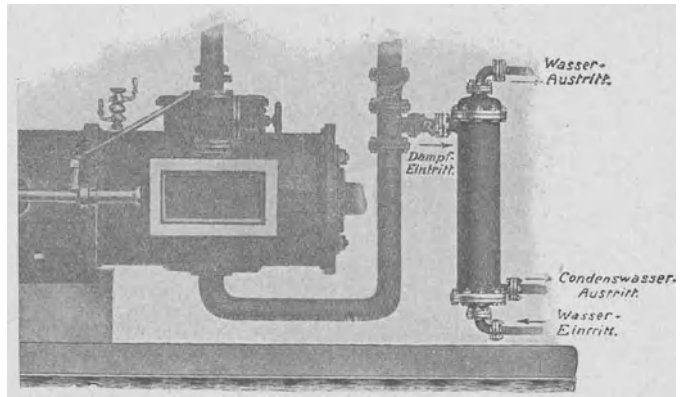
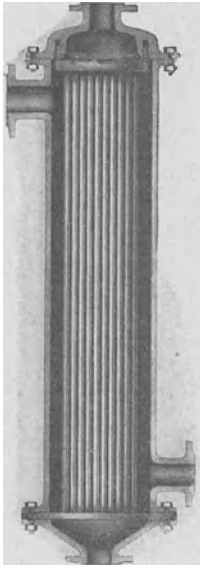


Abb. 164 und 165. Abdampfvorwärmer von Schumann & Co., Maschinenfabrik, Leipzig-Plagwitz. Das Speisewasser durchströmt die Rohre von unten nach oben. Auf der Außenseite werden die Rohre vom Abdampf der Auspuffmaschine bespült. Der untere waagerechte Stutzen am Mantel des Vorwärmers leitet das Kondenswasser ab.

für den Wasserabfluß verbunden. Damit sich das Rohrsystem bei der Erwärmung ungehindert ausdehnen kann, wird der eine Rohrboden fest, der andere beweglich angeordnet und mit einem Gummiring gegen die Deckelwandung abgedichtet. Der Heizer muß darauf sehen, daß diese Dichtung immer gut hält, da andernfalls die Speisepumpe das Wasser nicht durch die unter hohem Innendruck stehenden Rohre, sondern in den Dampfraum mit wesentlich geringerem Druck drückt, hierdurch unter Umständen das von der Dampfmaschine kommende Auspuffrohr mit Wasser gefüllt wird und gefährliche Wasserschläge im Dampfmaschinenzylinder entstehen können. Derartige Unregelmäßigkeiten bemerkt der Heizer am schlechten Funktionieren der Kesselspeisung und am verstärkten Wasserablauf aus dem Kondensstopf des Vorwärmers. Zur Sicherheit wird daher an einer möglichst tiefgelegenen Stelle des Auspuffrohres, dicht vor der Dampfmaschine, ein Ablaßhahn angebracht, den der Heizer öfter zu kontrollieren hat. Da der Abdampf wenig über 100° Celsius warm ist, wird das Speisewasser bei diesen Vorwärmern meist bis etwa 60° Celsius erwärmt. Sicherheitsventil und Manometer sind nicht erforderlich, da sich im Rohrsystem nur der in der Speisewasserleitung bestehende

Druck bildet. Abdampfvorbwärmer werden auch an Kondensationsmaschinen zwischen Dampfzylinder und Kondensator eingebaut. In diesem Falle ist ihm ein Dampfentöler vorzuschalten. Sie sind möglichst nahe dem Dampfzylinder einzubauen, da sie auf den Auspuffdampf wie ein Kondensator wirken und bis zu einem gewissen Grade ein Vakuum erzeugen, wodurch der Auspuffdampf vom Dampfzylinder abgesaugt wird und die Dampfmaschine leichter geht.

Die Abgas- oder Rauchgasvorbwärmer sind unter der (englischen) Bezeichnung **Economiser** allgemein bekannt und von dem Engländer Green im Jahre 1845 zuerst gebaut. Die gußeisernen Economiser werden in zwei Bauarten hergestellt, als Glattrohrovorbwärmer mit Ruffkrägern und als Rippenrohrovorbwärmer mit Ausbläsern.

Der Glattrohr-Economiser besteht aus senkrecht angeordneten gußeisernen Rohren von 96/116 Millimeter Durchmesser, deren Länge bei den normalen

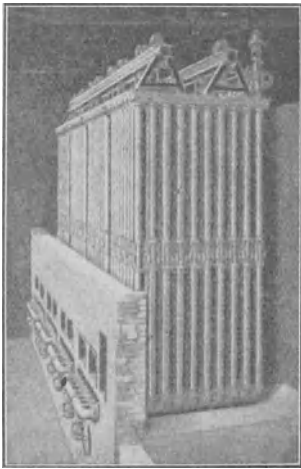


Abb. 166. Glattrohreconomiser der Vereinigten Economiser-Werke G. m. b. H., Hilden/Rh. u. Freital/Sa., bestehend aus 4 Rohrgruppen von 96 qm Heizfläche und mit Ruffkrägern.

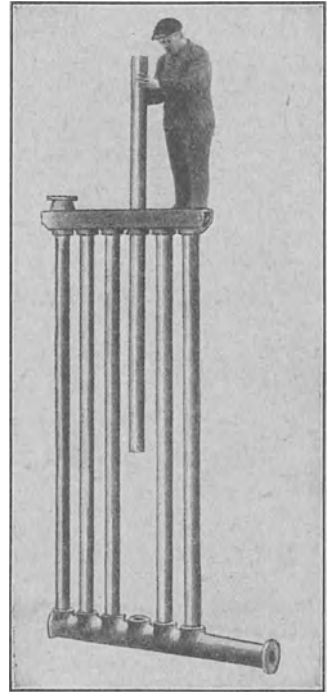


Abb. 167 zeigt das Einsetzen eines Ersatzrohres. Sein Sitz im Oberkasten muß mit Eijenfitt abgedichtet werden.

Ausführungen 2,800 Meter oder 4 Meter mit 1 bzw. 1,5 Meter Heizfläche je Rohr beträgt. Die Rohre sind oben durch rechteckige Sammelfästen, unten durch waagerechte Querrohre miteinander verbunden und in dieselben ohne besonderes Dichtungsmaterial eingepreßt. Die Preßverbindung besteht in einer konischen Ausbohrung der Querrohre und Sammelfästen — etwa 1 : 110 — und dem Konus der Rohre — etwa 1 : 115 — und hält bis etwa 20 Atmosphären ohne Verankerungen fest, bei höheren Drücken hingegen wird ein Teil der Rohre als Ankerrohre ausgebildet und mit den Sammelfästen und Querrohren durch eine Verschraubung oder sonstwie fest verbunden, um ein Abdrücken der Rohre aus den Preßverbindungen zu verhüten. In den oberen Sammelfästen sind oberhalb der Rohrenden Verschlüsse zum zeitweiligen Reinigen der Rohre von Kesselsteinansatz angebracht. Die Verschlüsse (Abb. 168, 169) bestehen aus konischen gußeisernen Deckeln, die von innen eingesetzt und vom Wasserdruck fest angepreßt werden, so daß

sie ohne besondere Dichtung halten. Beim Reinigen der Rohre sind sie einfach durch Aufschlagen mittels eines Hammers zu lösen, wobei sie in den Sammelkästen hineinfallen. Um sie alsdann herein- und herausnehmen zu können, ist in jeder Rohrreihe ein Deckelverschluß vorhanden, dessen Durchmesser 2 Millimeter größer ist und durch den die übrigen kleineren Deckel hindurchgesteckt werden können, ohne daß es eines Auseinandernehmens des Rohrregisters bedarf. Die größeren Deckel tragen die angegoßene Bezeichnung „Hauptdeckel“ und werden durch ein Stutzenloch hindurch gesteckt. (Bereinigte Economiserwerke in Freital und Hilden.) Der Beseitigung der

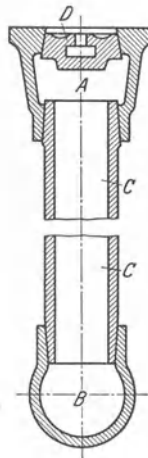
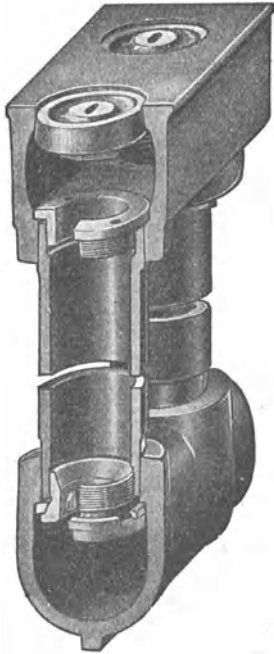


Abb. 168 und 169. Economisierrohre mit und ohne Verankerung. Erstes ist Patent der Firma Vereinigte Economiser-Werke G. m. b. H. in Hilden und Freital in Sachsen. A = oberer, B = unterer Sammelkasten; C = Economisierrohr; D = konischer Deckel, der vom Wasserdruck in die Bohrung gepreßt wird und bei der Entfernung des Kesselsteins aus den Economisierrohren durch Aufschlagen mit einem Hammer gelöst werden kann, wobei er in den Kasten A fällt.

Schlammansammlung in den Rohren dienen die Abblasehähne, die an unteren Querrohren, also an der tiefsten Stelle, angebracht sind und beim Durchspülen des Economisers zu öffnen sind, bis das abfließende Wasser keine Trübung mehr zeigt. Sind mehrere Schlammhähne vorhanden, so sind sie der Reihe nach zu öffnen und ist hierbei am hinteren Ende zu beginnen. Jedes Rohr ist mit einem Schaber ausgestattet, der von einer maschinell bewegten Kette langsam auf- und niedergezogen wird und die Ruß- und Flugaschenansätze auf den Rohren abstreift. Die herabgefallene Flugasche und der Ruß sind regelmäßig, etwa monatlich, aus der Economisierkammer zu entfernen, wozu besondere Reinigungsöffnungen in das Economisiergemäuer eingebaut sind. Im Betrieb ist ferner darauf zu achten, daß die Kraberbalken nicht hängen bleiben und die Ketten, die andernfalls sehr stark abgenutzt werden, nicht auf den Kettenrädern schleifen. Die Wasserführung in den Economisierrohren ist so eingerichtet, daß sie den Rauchgasen entgegenströmt, der Wassereintritt liegt demnach an der Gasaustrittsseite. Im übrigen wird sie aber von den Economisierfabriken verschieden angeordnet. Das Gegenstromprinzip ergibt stets die größten Temperaturunterschiede zwischen den Rauch-

gasen und dem Wasser im Economiser und wird wegen des guten Wärmeaustausches bevorzugt. Wie an der tiefsten Stelle der Economiser die Abblammleitung, so befindet sich oben, auf der Plattform des Economisers, an den Rohren eine Entlüftungsleitung mit einem Entlüftungsventile, durch welches die beim Erwärmen des Speisewassers frei werdende Luft automatisch abgeführt wird. Läßt die Wärmeleistung des Economisers nach, so ist nachzusehen, ob die Rohre innen mit Kesselstein verkrustet sind, Ascheverlagerungen vorliegen, das Economisiergemäuer dicht ist, die beiden Lentklappen richtig stehen usw. Etwa alle 1 bis 2 Jahre ist der Economiser auf Kesselstein- und Schlammansatz in den Rohren zu untersuchen. Dicke Kesselsteinschichten setzen die Wirkung des Economisers herab und können ein

Plätzen der Rohre veranlassen, weil sie die Rohre beim Abkühlen am Zusammenziehen hindern. Zum Reinigen verwendet man Stoßschaber oder besondere Rohrreiner je nach der Dicke und Härte des Ansatzes. Die äußeren Anzehrungen der Ökonomiser 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. Durch besondere Wasserführung in den Ökonomiserrohren sucht man diesen Beschädigungen der Rohre vorzubeugen. Je nach der Anfangstemperatur des Speisewassers und dem Wassergehalt des Brennstoffes mischt man auch dem Speisewasser vor dem Eintritt in den Ökonomiser einen Teil des vorgewärmten Speisewassers bei, indem von der Speiseleitung, vor deren Einmündung in den Kessel, eine Rohrleitung abgezweigt und in die Wassereintrittsstelle am Ökonomiser geleitet wird. Zumeist wird das Speisewasser schon in der Wasserreinigungsanlage auf eine genügend hohe Temperatur erwärmt. Die Mindesttemperatur des Wassers soll an dessen Eintrittsstelle in den Ökonomiser etwa 35° Celsius betragen, muß aber bei niedriger Gastemperatur noch höher sein, um das Schwitzen und Verschmieren der Ökonomiserrohre mit Ruß mit Sicherheit zu verhüten.

Um etwaige Reparaturen am Ökonomiser unabhängig vom Kesselbetrieb ausführen zu können, wird für die Essengase noch ein Essenzug angelegt, der um die Ökonomiserkammer herumführt. Durch Verstellen mehrerer Essenschieber kann man die Heizgase durch diesen Umgehungs kanal direkt in den Schornstein ableiten, den Ökonomiser völlig vom Rauchgasstrom ausschalten und alsdann seine Kammer begehen (siehe Abb. 171 Seite 146). Die Kesselspeisung erhält eine Umgehungsleitung, so daß bei Ökonomiserreparaturen unmittelbar in den Kessel gespeißt werden kann.

Die Glattrohrökonomiser werden für Drücke bis zu 35 Atmosphären gebaut.

Die Rippenrohrökonomiser haben seit ihrem Aufkommen vor etwa 25 Jahren die Glattrohrökonomiser nahezu völlig verdrängt. Ihre Vorzüge bestehen in dem geringen Platzbedarf und in der Brauchbarkeit für Drücke, für die der Glattrohrökonomiser nicht mehr ausreicht, da die Rippen dem Rohrkörper eine große Druckfestigkeit geben. Infolge ihrer gedrängten Bauart können sie dem Kessel unmittelbar angegliedert und ihr Betrieb mit dem Kesselbetrieb zwangsläufig und organisch vereinigt werden. In Neuanlagen erhält jeder Siederohrkessel einen Ökonomiser als selbstverständlichen Zubehörteil für sich. Hierdurch wird die Wärmeausnutzung verbessert und auch ermöglicht, die Speisewasservorwärmung und die Ausnützung der Abgase den Betriebsbedürfnissen des einzelnen Kessels anzupassen.

Die Rippenrohre werden aus einem besonderen Edelguß (Perlitguß oder Elektroguß) von großer Festigkeit und Feuerbeständigkeit bis zu 1200° hergestellt, erhalten einen lichten Durchmesser zwischen 40 und 80 Millimeter und eine Länge zwischen 0,75 bis 3 Meter. Ihr lichter Durchgang ist nicht immer kreisförmig, sondern auch elliptisch (Ökonomiser „Reford“ der Vereinigten Ökonomiserwerke G. m. b. H., Hilden a. Rhein und Freital i. Sa.), wodurch die Heizfläche wirksamer

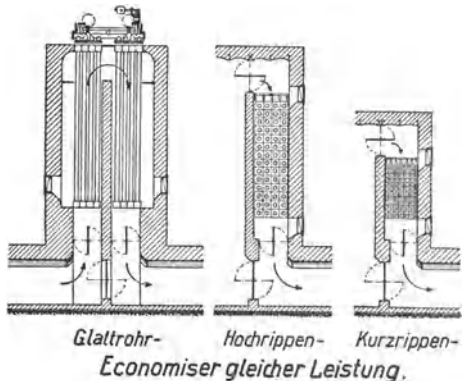


Abb. 170 nach M. u. E. Hartmann, Freital/Sa.

Nach der Heerdter Ökonomiser GmbH., Düsseldorf, beträgt die Grundfläche ihres Kurzrippenökonomisers  $\frac{1}{3}$  der eines Glattrohrökonomisers gleicher Leistung.

und der im Gaschatten liegende Rohrteil kleiner wird. Die ursprünglich vorherrschende Kreisform der Rippen ist neuerdings fast allgemein durch das Quadrat mit abgerundeten Ecken ersetzt worden. Über die zweckmäßigste Höhe der Rippen bestehen verschiedene Ansichten. Wegen der großen Rohrabstände, die die hohen Rippen bedingen, werden auch **Kurzrippen** angewendet, die außer der Gewichtserparnis einen besseren Wärmedurchgang haben sollen und eine gedrungene, billige Bauweise des Economiser ermöglichen. Die Flanschen an den Rohrenden sind quadratisch und bilden an dem zusammengesetzten Economiser vorn und hinten die Abchlusswand. Die Seitenwände werden aus Mauerwerk oder doppelwandig aus Blech mit Isolierung hergestellt.

Die Rippenrohre liegen waagrecht und werden mit Rußbläsern sauber gehalten.

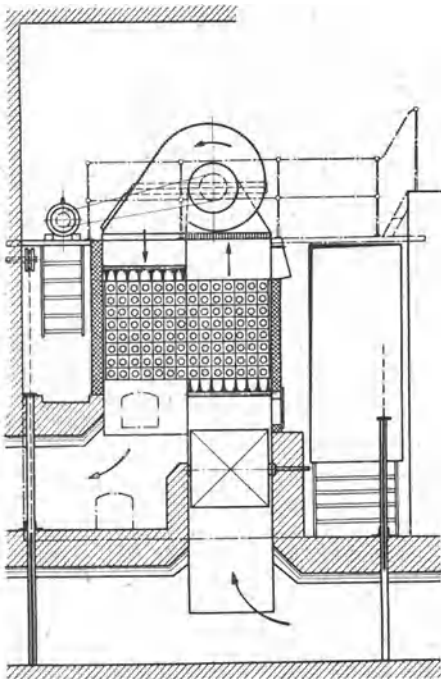


Abb. 171. Schnitzzeichnung eines Rippenrohr-economisers mit Saugzug mit 2 Rügen von Walter Saupe, Dresden-N.

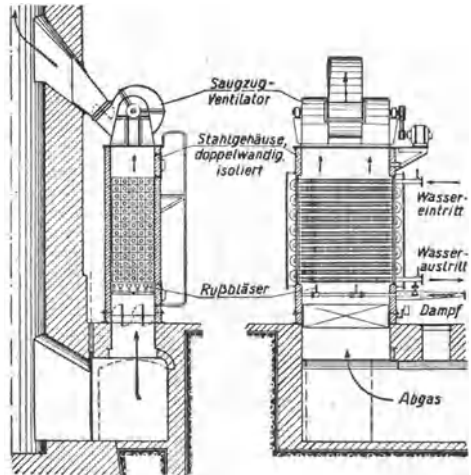


Abb. 172. Saugzueconomiser, Ein-Zugtype, von Hartmann, Freital, mit ausfahrbarem Rußbläser für Dampf oder Preßluft, unmittelbar am Schornstein.

ten, auf deren Bauart und Handlichkeit viel Wert gelegt wird, da die Reinhaltung der Rohre von Flugasche und Ruß für die Leistung des Economisers sehr wichtig ist. Verwendet werden Bläserrechen, die eine große Anzahl Düsen haben und über die ganze Breite des Economisers reichen. Die Düsen sind so eingerichtet, daß der Dampfstrahl eine kleine Menge Rauchgase aus der Economiserkammer ansaugt und sich mit ihr vermischt und daß der so gebildete Fegestrahl zur Erhöhung seiner Stoßkraft eine axiale Drehung, einen Drall, erhält. Hierdurch wird verhütet, daß die getroffene Heizfläche, wie dies bei bloßem Dampfe möglich ist, naß wird und der Ruß und die Flugasche ankleben. Ein Abblasen in halb-, ein- oder mehrtägigen Zeitabständen hat sich im allgemeinen als ausreichend erwiesen. Je schärfer der Gaszug, um so geringer der Schmutzansatz. Bei Verfeuerung von gutartigem Brennstoff werden die Rippenrohre außen durch den Gasstrom blank gehalten und kann das Abblasen auch völlig unterbleiben. In Sonderfällen, etwa bei naßem Dampf und niedrigen Temperaturen in der Economiserkammer, wird der Rußbläser mit Preßluft betrieben.

Bei dem **Saugzug-Economiser** (Abb. 171 und 172) ist der Economiser mit einem Saugzug-Ventilator baulich vereinigt. Er hat Kurzrippen, an Stelle der Einmauerung ein hohlwandiges, gut isolierend ausgekleidetes Stahlblechgehäuse, ist leicht, kann ohne besonderes Fundament und unmittelbar auf dem Rauchgaskanal aufgestellt werden und ist infolgedessen billig, so daß die Grenze, bei welcher sich der Kapitalaufwand für einen Economiser noch lohnt, durch diese Sonderbauart von 80 auf etwa 30 Quadratmeter Kesselheizfläche herabgesetzt worden ist. Er eignet sich für Kesselanlagen, bei denen die Anschaffung eines Economisers ohne Saugzug an dem geringen Essenzug scheitert. Letzterer wird durch den Ventilator verstärkt und mit der Anlaßvorrichtung des Ventilatormotors, die zur Erleichterung der Handhabung im Heizerstande angebracht ist, geregelt. Der Essenzchieber bleibt voll geöffnet und wird nur bei Betriebschluß geschlossen. Außer Sonderfällen wird der Saugzug-Economiser bei Aufstellung am Schornstein als Ein-, bei Aufstellung über einem Rauchkanal als Zwei-Zugbauart ausgeführt. Sein Kraftbedarf ist im Verhältnis zum Wärmegevvinn bei der Erhöhung der Temperatur des Speisewassers zumeist nicht wesentlich.

Abb. 173 zeigt ein **Hochleistungs-Kurzrippenrohr** der Heerdter Economiser GmbH., Düsseldorf-Reisholz, für hohe Drücke geeignet, mit 75 Millimeter lichtem Durchmesser als erfahrungsgemäß gutem Maß, um den Economiser durch einen möglichst großen Wasserinhalt vor dem Ausdampfen bei vorübergehendem Ruhen der Speijung zu bewahren. Die Kurzrippen haben die Form eines Quadrates mit abgerundeten Ecken an Stelle der länglichen Rechteckform. Die Rippenrohre liegen infolgedessen, und weil ihr Achsenabstand im eingebauten Zustand größer ist als ihre Rippenkante, völlig frei im Gasstrom. Sie ruhen auf besonderen Zwischenträgern, nicht auf ihren Flanschen, und können daher ein- und ausgebaut werden, ohne daß andere Rohre abgestützt werden müssen. Verwendet wird nach Möglichkeit ein feststehender Kupfbläser, da biegsame Metallschläuche mitunter durch angesammeltes Kondenswasser zerstört worden sind.

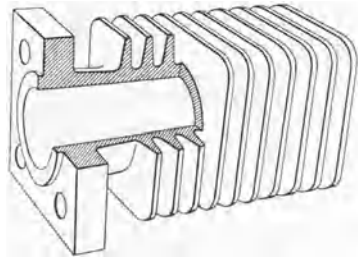


Abb. 173. Hochleistungs-Kurzrippenrohr der Heerdter Economiser GmbH., Düsseldorf-Reisholz.

Die gußeisernen Rippenrohr-Economiser reichen für die zur Zeit üblichen Betriebsdrücke, die nur vereinzelt über 50 Atmosphären hinausgehen, gut aus. Für höhere Drücke werden **schmiedeeiserne Economiser** aus einem Sondermaterial verwendet.

**Allgemein gilt für alle Economiserbauarten:** Die Speijung soll zur Vermeidung der Dampfbildung im Economiser möglichst ununterbrochen laufen. Die Economiser sind, falls eine Enthärtungsanlage vorhanden, mit enthärtetem Wasser zu speijen. Sie erhalten an ihrer Wassereintritts- und Austrittsstelle je ein Thermometer und außerdem ein Sicherheitsventil mit einer um 3 bis 4 Atmosphären höheren Belastung als der festgesetzte Betriebsdruck des Kessels, da der Druck in der Speijeleitung infolge des Strömungswiderstandes in der Rohrleitung stets höher ist als im Kessel.

Bei neuzeitlichen Kesseln ist ohne Economiser nicht auszukommen, da die Temperatur der Abgase beim Verlassen der Kesselheizfläche um etwa 100° Celsius über der Siedetemperatur des Wassers im Kessel liegt, also sehr hoch ist. Es ist demnach möglich, das Speisewasser im Economiser bis auf die Siedetemperatur im Kessel zu erwärmen, d. i. bei 12 Atmosphären 200°, bei 40 Atmosphären 250° Celsius

(siehe Spalte 3 der Tabelle Seite 80). Doch werden die Economiser gewöhnlich (aber nicht immer) so bemessen, daß die Wassertemperatur an der Austrittsstelle 30 bis 50° unter dieser Siedetemperatur liegt, damit sie bei verminderter oder aussetzender Speisung nicht ausdampfen. Ergibt sich hierbei eine ungenügende Abkühlung der Abgase, so kann ihre Wärme in einem Lufterhitzer für die Kesselfeuerung weiter nutzbar gemacht werden. Die hohe Abgastemperatur bringt es auch mit sich, daß im Economiser noch sehr heißes Wasser, etwa Kondensat, dessen Temperatur an seinen Siedepunkt, also an 100° herankommt, um 60 bis 70° Celsius erwärmt werden kann. In gewöhnlichen Fällen genügt dies auch, um die nutzbare Wärme der Abgase unterzubringen.

### Die Kohlenersparnis durch die Vorwärmer.

In den **Abdampfvorwärmern** wird das Speisewasser durchschnittlich auf etwa 70° erhitzt. Bei einer Anfangstemperatur von 18° ergibt sich sonach für jedes Kilogramm vorgewärmtes Wasser ein Wärmegewinnt aus dem Abdampf von  $70 - 18 = 52$  Wärmeeinheiten. Unter Annahme eines Betriebsdruckes von 10 Atmosphären Überdruck würde dann nach Spalte 6 der Tabelle Seite 80, wonach zur Umwandlung von 1 Kilogramm Wasser in Dampf von diesem Druck rund 665 Wärmeeinheiten erforderlich sind, die Wärmeersparnis betragen:

$$\frac{52}{665} = \frac{X}{100} \quad \text{oder} \quad \frac{52 \cdot 100}{665} = 7,8\%.$$

In den **Economisern** wird das Speisewasser höher als in den Abdampfvorwärmern erhitzt, da die Temperatur der Rauchgase ganz beträchtlich höher als die des Auspuffdampfes ist; außerdem wird ihnen das Speisewasser zum meist aus einer Enthärtungsanlage in vorgewärmtem Zustande zugeführt. Bei Annahme einer Temperatursteigerung von 75 auf 140° würde sich je Kilogramm Speisewasser eine Wärmeersparnis von  $140 - 75 = 65$  Wärmeeinheiten ergeben oder unter Zugrundelegung eines Betriebsdruckes von 10 Atmosphären

$$\frac{65}{665} = \frac{X}{100} \quad \text{oder} \quad \frac{65 \cdot 100}{665} = 9,7\%.$$

Die wirtschaftlichen Vorteile der Speisewasservorwärmer sind unbestritten. Auch ohne rechnerische Nachweise kann sich der Heizer von ihnen überzeugen, wenn er den Vorwärmer einmal ausschaltet und nichtvorgewärmtes Wasser in den Kessel speist. Hinzu kommen noch die Schonung der Kessel durch Vermeidung schädlicher Temperaturschwankungen, die Erleichterung des Betriebes bei Belastungsänderungen und die Verhinderung von Anfrassungen der Kesselbleche, da die Luft aus dem Speisewasser bereits im Economiser ausgeschieden wird, auf dessen Gußeisen sie kaum schädigend einwirkt.

Die Economiser verdienen daher mit vollem Rechte ihre weite Verbreitung.

### Die Abgas-Lufterhitzer.

Bei den Lufterhitzern wird die Wärme der Rauchgase zur Erwärmung der Verbrennungsluft benutzt, wodurch die Temperatur im Feuerbett und im Feuerraum gesteigert und die Verheizung geringwertiger, insbesondere aschenreicher, gasarmer und feuchter Brennstoffe ermöglicht wird. Es wird also mit dem Lufterhitzer nicht, wie beim Economiser, eine Abwärmeverwertung der Rauchgase schlecht hin, sondern die Verfeuerung billiger, schwerentzündlicher Kohlenarten als betriebliches Ziel gesetzt. Die üblichen Temperaturen der vorgewärmten Luft liegen bei 100 bis 150°.

Höhere Temperaturen sind zwar möglich, doch können die alsdann im Feuerraum auftretenden hohen Temperaturen zu einer übermäßigen Inanspruchnahme der eisernen Teile und der Ausmauerung der Feuerung führen. Auch darf der Wschenschmelzpunkt nicht zu niedrig liegen, beträgt er mehr als  $1300^{\circ}$ , so dürften bei Roßfeuerungen keine Schwierigkeiten zu erwarten sein, da bei diesen Feuerungen die durchschnittliche Temperatur unter diesem Maße bleibt, jedoch bei Verfeuerung von hochwertigen Brennstoffen bis etwa  $1450^{\circ}$  ansteigt. Zur Schonung des feuerfesten Mauerwerks erhalten hierbei die Wände des Feuerraumes Kühltrohre im Wasserkreislauf des Kessels.

Durch Anwendung der Lufterhizer wird auch die Roß- und Kesselleistung beträchtlich erhöht, sie eignet sich daher für Höchstleistungskessel mit erheblichen Belastungsschwankungen, die durch Zu- und Abschalten des Lufterhizers leicht überwunden werden. Die Abgastemperaturen am Kesselfende sind bei derartigen Anlagen immer so hoch, daß dem Lufterhizer noch ein Economiser vorgeschaltet wird. Doch wird auch, falls auf eine hohe Lufterhizerleistung Wert gelegt wird, der Economiser in zwei Teile zerlegt und zwischen beiden der Lufterhizer eingebaut (Abb. 174).

Die Lufterhizer werden als sog. Taschenlufterhizer aus etwa 1,5 bis 3 Millimeter dicken Blechtafeln der handelsüblichen Größen ( $1,5 \times 3$  m,  $1,25 \times 2,5$  m,  $1 \times 2$  m) angefertigt. Die Bleche werden unter Zuhilfenahme von Ankerbolzen und Abstandshaltern gleichmäßig nebeneinander gereiht und unter Verwendung der autogenen und elektrischen Schweißung zu einzelnen Elementen oder Paketen vereinigt, so daß viele enge Kanäle für die Rauchgase und für die Luft entstehen und die Bleche auf der einen Seite von den Rauchgasen, auf der anderen von der Luft bestrichen werden, und zwar bewegen sich beide im Kreuzstrom zueinander. In Abb. 174 strömen die Rauchgase in senkrechter Richtung von oben nach unten, die Luft im unteren Teile des Lufterhizers in waagerechter Richtung von rechts nach links, im oberen Teile von links nach rechts. Die Luft wird von einem Ventilator angefangt und durch den Lufterhizer und eine Rohrleitung hindurch unter den Roß der Feuerung getrieben. Die Anlage wirkt demnach bei Roßfeuerungen wie eine Unterwindfeuerung und wird auch wie diese geregelt.

Wie der Economiser, so wird auch der Lufterhizer zumeist von der Rauchgasführung absperrbar eingerichtet, wozu in den Rauchgaskanälen Drehschieber angebracht sind. Werden dieselben geschlossen, so ziehen die Rauchgase unmittelbar in den Schornstein ab, wovon bei Schwachlast Gebrauch gemacht werden kann. Die Reinhaltung der abgasseitigen Heizfläche ist von wesentlichem Einfluß auf die Leistung des Lufterhizers. Bei Brennstoffen, die eine körnige, nicht klebende Flugasche ergeben, sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich; in allen anderen Fällen ist der Einbau von Rußbläsern erforderlich, die fahrbar und so angeordnet werden, daß die Abgaskanäle des Lufterhizers nacheinander gründlich durchgeblasen werden können.

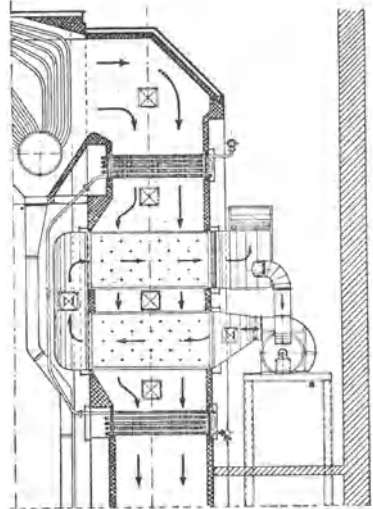


Abb. 174. Lufterhizer an einem Steilrohrkessel. Der Ventilator saugt kalte Luft an und drückt sie durch den Erhizer hindurch in die Unterwindfeuerung. Ober- und unterhalb des Lufterhizers befindet sich der in zwei Teile zerlegte Economiser.



Auch bei Lusterhitzern müssen Schwigerscheinungen auf der Abgasseite, die Ruß- und Flugaschenablagerungen und Anrostungen in der Nähe des Lusterintrittes hervorrufen und insbesondere bei der Verheizung von Brennstoffen mit hohem Wassergehalt auftreten, vermieden werden. Die Luft wird in diesen Fällen vorgewärmt, indem man etwas Heißluft zurückführt. In Abb. 174 deutet das kleine Rohr am Ventilator die senkrecht von oben nach unten stattfindende Rückführung an. Auch im Lusterhitzer kühlt man die Rauchgase nicht unter 120 bis 130° ab, um noch einen genügenden natürlichen Auftrieb der Rauchgase im Schornstein zu erhalten; doch werden derartige Kesselanlagen auch vielfach mit künstlichem Zug betrieben.

In Ausnahmefällen, etwa bei der Verheizung stark schwefelhaltiger Brennstoffe, oder bei hohen Abgastemperaturen, werden Lusterhitzer aus Gußeisen verwendet, da letzteres gegen Korrosions- und Temperatureinflüsse widerstandsfähiger als Eisenblech ist.

## 15. Betriebsvorschriften für die Kesselwärter von Landdampfesseln.

(Anmerkung des Verfassers.) Allgemein gilt für den Heizer, daß er den Dampfessel abends, bei Betriebschluß, abzusperrt und früh, bei Betriebsbeginn, aufzumachen hat. Er hat demgemäß abends sämtliche Dampfventile und das Speiseventil zuzudrehen, die Wasserstandsapparate abzustellen, das Feuer herauszunehmen, den Essenschieber, die Feuertüre und die Klappe vom Mischfall zu schließen (siehe hierzu jedoch Punkt 22). Der Kessel muß genügend mit Wasser gefüllt und der Dampfdruck einige Atmosphären heruntergearbeitet sein. Im Kesselhause ist für Ordnung zu sorgen, insbesondere dürfen auf dem Kesselgemäuer keine brennbaren Stoffe liegen. Früh, nach dem Betreten des Kesselhauses, hat der Heizer als erste Arbeitsvornahme den Wasserstandsapparat anzustellen und einen Blick auf das Manometer zu werfen. Sind der Wasserstand und der 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 unbefugterweise geöffnet worden sind und kontrolliert durch Befühlen der Speisewasserleitung und Abfließleitung, ob deren Abschlußorgane über Nacht dicht gehalten haben. Hierauf feuert er den Dampfdruck allmählich hoch und wärmt die Dampfleitung nach der Dampfmaschine vorsichtig an.

Die amtlichen Betriebsvorschriften<sup>1)</sup> lauten:

### Allgemeines.

1. Die Kesselwärter haben die nachfolgenden Betriebsvorschriften für die Bedienung von Landdampfesseln zu beachten.

2. Die Kesselwärter haben sich den Dampfesselprüfern und sonstigen zuständigen Stellen gegenüber auf Anforderung über die Kenntnis der Vorschriften auszuweisen.

3. Das Betreten der Kesselräume durch Unbefugte ist verboten und darf nicht geduldet werden. Das Verbot ist anzuschlagen.

4. Der Kessel muß unter sachkundiger

ger Aufsicht bleiben, solange sich Feuer auf dem Koft befindet oder die Verheizung nicht abgestellt ist. Der Kesselwärter darf vor der Ablösung und der ordnungsmäßigen Übergabe des Kessels seinen Posten nicht verlassen.

5. Die Kesselanlage ist stets rein, gut beleuchtet und frei von allen nicht dahin gehörigen Gegenständen zu halten. Die vorgeschriebenen Ausgänge der Kesselanlage müssen während des Betriebes stets unvergeschlossen und frei bleiben. Andere, etwa versperrte Ausgänge sind zu kennzeichnen.

6. Werkzeuge, Bedarfsgegenstände

<sup>1)</sup> Diese Vorschriften müssen im Kesselhause aushängen.

und sonstige Ersatzteile für den Betrieb sollen stets vorhanden sein und geordnet aufbewahrt werden.

### **Inbetriebsetzung des Kessels.**

7. Wenn der Kessel geöffnet war, so ist vor dem Schließen festzustellen, daß fremde Gegenstände aus ihm entfernt sind. Alle zum Kessel gehörigen Vorrichtungen müssen gangbar, ihre Verbindungen mit dem Kessel frei und die Entleerungsvorrichtungen geschlossen sein.

8. Das Anheizen muß vorsichtig und darf erst dann erfolgen, wenn der Kessel so weit mit Wasser gefüllt ist, daß der Wasserstand mit Sicherheit als genügend erkannt werden kann.

9. Rauchschieber, Zugdrehklappen usw. müssen vor dem Anheizen geöffnet werden, damit Rauchgasverpuffungen nicht eintreten können.

Es ist verboten, das Brennmaterial besonders zum Zwecke des leichteren Anzündens mit Petroleum oder anderen leicht entzündlichen Brennstoffen zu übergießen.

10. Während des Anheizens ist der Dampfraum des Kessels durch Öffnen der Sicherheitsventile oder anderer Vorrichtungen mit der äußeren Luft zu verbinden.

Dichtungen sind nachzusehen und erforderlichenfalls vorsichtig nachzuziehen.

11. Vor Beginn und während des Anheizens sind alle Ausrüstungs- und Zubehörteile, besonders die Wasserstandsborrichtungen, unter Benutzung aller Hähne oder Ventile zu prüfen; das Manometer ist zu beobachten.

### **Betrieb des Kessels.**

12. Hähne und Ventile sind vorsichtig zu öffnen und zu schließen. Besondere Sorgfalt ist bei Benutzung von Entleerungsvorrichtungen anzuwenden. Dampfleitungen und Überhitzer sind beim Anwärmen zu entwässern unter Berücksichtigung der Eigenart der Anlage. Dampfleitungen dürfen nur langsam angewärmt werden.

Die Entnahme von heißem Wasser

aus Dampfesseln für Gebrauchszwecke ist unzulässig, soweit nicht in Ausnahmefällen besondere Einrichtungen hierfür genehmigt sind.

13. Der Wasserstand muß stets in ausreichender Höhe gehalten werden. Er darf im Betrieb im allgemeinen nicht unter die Marke des niedrigsten Wasserstandes sinken. Kann der Wasserstand nicht mehr mit Sicherheit als genügend erkannt werden, so ist sofort die Einwirkung des Feuers zu unterbrechen und dem zuständigen Vorgesetzten unverzüglich Anzeige zu erstatten.

14. Die Wasserstandsborrichtungen sind sämtlich zu benutzen und sauber zu halten. Alle Hähne und Ventile sind täglich, nach Bedarf mehrmals zu prüfen. Sie sind langsam und vorsichtig zu öffnen und zu schließen. Mängel, insbesondere Verstopfungen, sind sofort zu beseitigen. Die Wasserstandsgläser sind gut zu beleuchten. Schutzborrichtungen an ihnen sind stets in Ordnung zu halten.

15. Alle Speiseborrichtungen sind stets in brauchbarem Zustand zu erhalten, möglichst abwechselnd zu benutzen, zum mindesten aber öfter auf ihre Betriebsfähigkeit hin zu prüfen.

16. Das Manometer ist zeitweise vorsichtig auf seine Gangbarkeit zu prüfen. Hierbei ist danach zu sehen, ob die Zeigerstellung mit dem Abblasen der Sicherheitsventile übereinstimmt, ob der Zeiger beim vorsichtigen Schließen des Hähnes ohne Hemmung auf den Nullpunkt sinkt und beim langsamen Wiederöffnen auf den früheren Stand zurückgeht. Eine erhebliche Unstimmigkeit zwischen den Anzeigen des Manometers und dem Abblasen der Sicherheitsventile ist dem Vorgesetzten zu melden.

17. Der Dampfdruck soll die festgesetzte, auf dem Fabrikschild angegebene und am Manometer durch eine rote Marke bezeichnete, höchste Spannung nicht überschreiten. Steigt der Druck zu hoch, so ist der Kessel aufzuspeisen und der Zug zu vermindern. Blasen dabei die Sicherheitsventile nicht ab, so sind sie sofort nachzusehen.

18. Die Sicherheitsventile sind regelmäßig auf ihren ordnungsmäßigen Zustand zu prüfen. Jede eigenmächtige Änderung der Ventile oder ihrer Belastung, insbesondere jedes Überlasten und Unwirksammachen, ist verboten.

19. Beim Abschladen und bei der Handbeschädigung des Kofes ist gebotenfalls der Zug zu vermindern.

20. In Betriebspausen ist der Kessel nach Bedarf aufzupeifen und der Zug zu vermindern.

21. Gegen Ende des Kesselbetriebes ist die Zufuhr von Brennstoff einzustellen, der Dampf soweit wie möglich wegzuarbeiten und der Kessel nach Bedarf aufzupeifen; erforderlichenfalls sind die Absperrvorrichtungen, besonders die der Wasserstandsrichtungen und die der Speiseleitung zu schließen. Die Einwirkung des Feuers ist aufzuheben und hernach der Rauchschieber zu schließen.

22. Das Decken des Feuers nach Beendigung des Betriebes ist nur gestattet, wenn der Kessel unter sachkundiger Aufsicht bleibt. Dabei darf der Rauchschieber nicht ganz geschlossen werden.

23. Die Kesselwärter haben den Zustand der Kessel, der Kesselmauerung und der Zugführung, besonders auch der Gewölbe, zum Schutze einzelner Kesselteile gegen die Einwirkung heißer Gase (besonders der Schutgewölbe unterhalb der Wasserfammern bei Wasserrohrkesseln) zu beobachten.

Auffallende Erscheinungen an Rietnähten und an Schweißnähten, besonders an solchen von Wasserfammern, undichte und schadhafte Stellen, starke Verrostungen und ungewöhnliche Erscheinungen am Kessel, Beschädigungen am Mauerwerk, Einsturz von Schutgewölben sind dem Vorgesetzten unverzüglich zu melden.

Vor Ledwasser und ausströmendem Dampf sind alle Teile des Dampfkessels sorgfältig zu schützen.

24. Schäden sind baldigst zu beseitigen. Bei gefahrdrohenden Schäden ist der Kessel sofort außer Betrieb zu setzen.

### Reinigen und Entleeren des Kessels.

25. Mit dem Entleeren des Kessels darf erst begonnen werden, wenn das Feuer und die glimmende Flugasche entfernt sind und das Mauerwerk genügend abgekühlt ist.

Muß der Kessel aus zwingenden Gründen unter Dampfdruck entleert werden, so hat dies mit größter Vorsicht und bei möglichst niedrigem Druck zu geschehen<sup>1)</sup>.

Damit der Kessel völlig ausläuft, ist für Luftzutritt zu sorgen.

26. Einlassen von kaltem Wasser in den entleerten heißen Kessel ist untersagt.

27. Bei Frostgefahr sind außer Betrieb gesetzte Kessel und Rohrleitungen gegen Einfrieren zu schützen.

28. Außer Betrieb gesetzte Kessel und Rohrleitungen sind sorgfältig gegen die Einwirkung von Feuchtigkeit, insbesondere auch gegen die Einwirkung von Grundwasser zu schützen.

29. Der zu befahrende Kessel muß von den mit ihm verbundenen und unter Dampf gehenden Kesseln in allen Rohrverbindungen durch genügend starke Blindflanschen oder durch Abnehmen von Zwischenstücken sicher und sichtbar abgetrennt werden.

Gemeinschaftliche Feuerungsrichtungen sind sicher abzusperren. Der Kessel und die Züge sind gut zu lüften.

30. Kesselstein und Schlamm sind aus dem Kessel gründlich zu entfernen. Der Kesselstein darf nicht mit zu scharfen Werkzeugen abgeklopft und nicht mit gesundheitschädlichen Mitteln entfernt werden.

31. Die Züge und die äußeren Kesselwandungen sind gründlich von Flugasche und Ruß zu reinigen.

<sup>1)</sup> Anmerkung des Verfassers: Das Herumstochern in verstopften Abflavvorrichtungen ist wegen der großen Unfallgefahr bei unter Druck befindlichen Kesseln unbedingt zu unterlassen und auch an völlig entspannten Kesseln nur mit großer Vorsicht angängig. Zu empfehlen sind Abschlämmapparate (Seite 138).

32. Nach jeder Reinigung haben die Kesselwärter oder andere hierfür geeignete Personen den Kessel und seine Feuerzüge zu befahren und genau zu untersuchen.

Dabei sind besonders stark beanspruchte Stellen, z. B. Krempen an Böden, Kammerhälse und Stützen, Nietnähte und Schweißnähte, die Durchgangsöffnungen der Wasserstandsrichtungen, die Mündungen der Speise- und Entleerungsvorrichtungen sorgfältig auf ihren Zustand zu prüfen. Mängel sind dem Vorgesetzten zu melden (siehe auch Ziffer 23).

33. Beim etwaigen Anstrich des Kessellinneren ist mit Vorsicht zu verfahren. Der Anstrich ist möglichst dünn aufzutragen.

Die Verwendung von Stoffen, die betäubende oder leicht entzündliche Gase entwickeln, ist verboten.

34. Zur Beleuchtung beim Befahren der Kessel und Züge dürfen leicht-

entzündliche Brennstoffe nicht benutzt werden.

Bei Benutzung elektrischer Lampen ist darauf zu achten, daß die Handlampen und Kabel den jeweils geltenden Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, e. V., entsprechen und in Ordnung sind. Unter anderem müssen die Lampen mit einem sicher befestigten Überglas und mit Schutzorb versehen sein und dürfen keine Schalter haben. Die Spannung muß bei Wechselstrom durch Schutztransformatoren mit getrennter Wicklung auf 42 Volt oder weniger herabgesetzt werden. Der Schutztransformator muß unmittelbar an der festverlegten Netzleitung oder nahe am Stecker angeschlossen sein. Stecker für Kleinspannungen dürfen nicht in Dosen für höhere Spannungen passen.

35. Gelegentlich der Reinigung eines Kessels sind die Ausrüstungs- und Zubehörteile zu untersuchen und erforderlichenfalls instand zu setzen.

## 16. Wärmewirtschaft und Kesselhausüberwachung.

**Die selbsttätige Feuerregelung.** Belastungsschwankungen in einer Kesselanlage bemerkt der Heizer bei der Beobachtung des Manometers. Nimmt die Kesselbelastung zu, so steigert sich die Dampferzeugung und der Dampfdruck sinkt. Der Heizer hat alsdann die nötigen Maßnahmen zu treffen. Das Abstellen der Kesselspeisung, das immer als erstes Hilfsmittel angewendet wird, scheidet bei den modernen Kesselanlagen aus, da dieselben ausnahmslos mit selbsttätigen Wasserreglern ausgerüstet sind, deren Außerbetriebsetzung bei Kesseln mit geringem Wasserinhalt nicht zugänglich ist. Der Heizer muß demnach entsprechend der Zunahme der Kesselbelastung für erhöhte Dampferzeugung sorgen, indem er das Feuer verstärkt, also den Essenschieber neu einstellt, bei Wanderrosten die Rostgeschwindigkeit erhöht und bei Anwendung von Unterwind die Unterwindklappen verstellt oder die Drehzahl des Unterwindgebläses erhöht. Bei dieser Regelung darf auch der Wirkungsgrad des Feuers nicht beeinträchtigt werden und der Heizer hat am Kohlen säureapparat (Manarex u. a.) abzulesen, ob dies der Fall ist, und bei rückläufigem Kohlen säuregehalt der Rauchgase die Schieberstellung, die Rostgeschwindigkeit und die Unterwindrichtung so oft zu ändern, bis die Einstellung richtig ist. Auch gut eingearbeitete Heizer werden bei dieser Regelung nicht immer gleich das Richtige treffen, und es wird immer einige Zeit dauern, bis die Dampferzeugung die Dampf abgabe wieder deckt; ganz abgesehen davon, daß der Heizer in dringenden Fällen sehr leicht das Feuer nicht richtig in Ordnung halten wird.

Die selbsttätige Feuerregelung ist daher für Großbetriebe eine betriebstechnische Notwendigkeit geworden. Sie hält die Dampferzeugung auf gleicher Höhe mit der Dampferentnahme, und zwar so, daß auch bei großen Belastungsschwankungen nicht nur der Dampfdruck, sondern auch der Wirkungsgrad der Feuerung, das ist der

prozentuale Kohlen säuregehalt der Feuergase, unverändert bleiben. Sie besteht demnach:

1. in der Dampfleistungsregelung und
2. in der Verbrennungsregelung.

Sind mehrere Kessel in dem Betriebe vorhanden, so kommt noch hinzu:

3. die Regelung der Dampferzeugung auf die einzelnen Kessel.

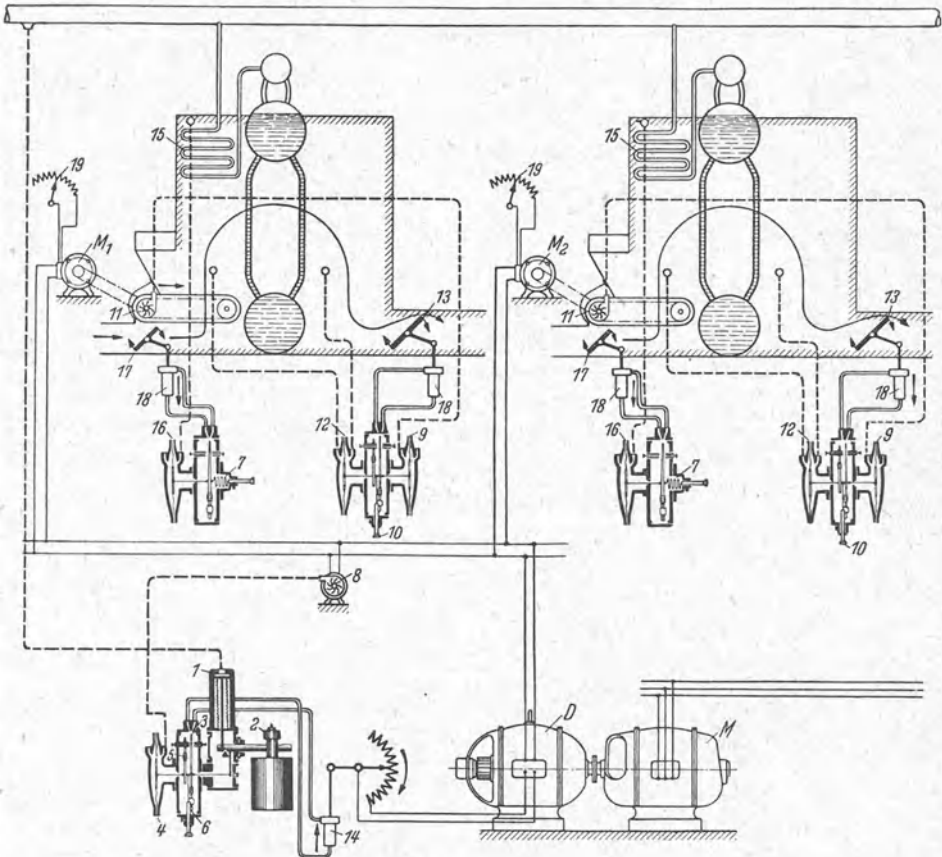


Abb. 175. Schema der selbsttätigen Feuerregelung der Aſkania-Werke A.-G., Berlin-Friedenau, an zwei Wanderroſtkesseln.

Die Anwendungsmöglichkeiten der selbsttätigen Feuerregler sind ziemlich vielseitig; in nachstehendem ist nur auf einen Grundfall mit Wanderroſtfeuerung eingegangen, der ſinngemäß auch für andere mechanische Feuerungen und für die Kohlenſtaubfeuerung gilt.

Die Regelung erfolgt in einfacher Weiſe dadurch, daß das Feuer bei zunehmender Dampfabgabe verſtärkt, bei abnehmender Dampfabgabe abgeſchwächt wird.

Für die Änderung der Luftzufuhr reicht das ſonſt übliche und auch hier angewandte Verſtellen des Eſſenſchiebers hinter dem Kesselende nicht aus, da der Regelbereich der Eſſenſchieber ſelten er möglicht, den Kessel auf weniger als einem Drittel ſeiner Höchſtleiſtung herunterzuregeln. Es liegt dies hauptſächlich daran, daß auch bei ſtark gedroſſeltem Eſſenzug der Auftrieb der heißen Feuergaſe im Feuer-

raum besteht und eine Weiterverbrennung verursacht. Besonders in hohen Feuerräumen (Steilrohrkessel) tritt dann das „Dünsten“ oder Qualmen auf, wobei die Rauchgase aus Mauerwerksfugen und Schaulöchern entweichen und die Verankerungen in bedenklicher Weise erwärmt werden.

Diesem Übelstande wird dadurch abgeholfen, daß die Luftzufuhr nicht nur durch den Essenschieber am Kesselende, sondern auch vorn am Kessel bei ihrem Eintritt unter dem Kofst vermindert wird. Bei Wanderrosten ohne Unterwind geschieht dies durch Verstellen einer oder mehrerer Klappen der vorderen Kofstverkleidung. Bei Unterwind werden entweder eine Drosselklappe in der Druckleitung des Gebläses oder bei Zonenrosten die miteinander verbundenen Regellappen gesteuert. Hierdurch läßt sich die Kesselbelastung auf nahezu Null einstellen, ohne daß das Feuer qualmt. Auf diese Regelung, die Zug- oder Druckregelung im Feuerraum, wird jedoch verzichtet, wenn keine kleine Lasten zu steuern sind.

Die selbsttätige Regelung der Brennstoffmenge erfolgt bei Wanderrosten dadurch, daß der Feuerregelungsapparat die Kofstgeschwindigkeit ändert bei gleichbleibender Schütthöhe für alle Belastungen. Sie richtet sich nach der Art des jeweils vorhandenen Kofstetriebes. Ist letzterer ein Gleichstrommotor, so verstellt der mechanische Regler die Widerstände in der Nebenschluß- und in der Hauptstromleitung, wodurch sich die Drehzahl des Motors und mit dieser der Kofstvorschub ändern. Ist der Antriebsmotor ein Drehstrommotor, so wird eine Schaltungsteuerung mit einer elektromagnetischen Kupplung verwendet und hierdurch ein regelbarer veränderlicher schrittweiser Kofstvorschub erzielt. Erläuterung zu Abb. 175:

Ist die Regeleinrichtung in Ruhestellung, so befinden sich das Meßsystem 1, auf welches der Dampfdruck aus der Sammelleitung wirkt, und das Gewicht 2 im Gleichgewicht. Bei steigender Belastung, also bei sinkendem Dampfdruck, bekommt das Gewicht 2 das Übergewicht und lenkt das Strahlrohr 3, aus welchem aus einem (nicht gezeichneten) Kraftgetriebe Öl unter Druck auströmt, aus seiner Mittelstellung ab und bringt es vor die Mündung des rechten Rohres nach dem Steuerzylinder 14. Letzterer wird hierbei in der Pfeilrichtung verschoben und schaltet Widerstandsstufen der Gleichstromdynamomaschine D ab, so daß sich deren Spannung erhöht und die von ihr gespeisten Kofsttriebmotoren  $M_1$  und  $M_2$  und die Gebläse 8 und 11 schneller laufen. Sind durch die erhöhte Kofstgeschwindigkeit die Verbrennung und die Dampferzeugung so weit gesteigert, daß die Dampfspannung wieder auf dem Solldruck verhardt, so ist die Regelung der Kohlenzufuhr beendet und das Strahlrohr 3 nimmt wieder seine Mittelstellung ein. Das Rückführgebläse 8 wirkt bei der Regelung so, daß sich durch den schnelleren Gang seines (nicht gezeichneten) Motors seine Saugwirkung auf die Membran im Gehäuse 4 erhöht und hierdurch das Niedergehen des Gewichtes 2 gehemmt wird.

Die Gebläse 11 dienen der Verbrennungsregelung, wobei sie auf die Membranen und die Strahlrohre der Meßsysteme 9 einwirken; die Strahlrohre verlassen hierbei ihre Mittelstellung und leiten den Öldruck in die Steuerzylinder 18, die durch ein Gefänge mit den Essenschiebern 13 verbunden sind und diese verstellen. Die Meßsysteme 16 regeln auf dieselbe Weise den Druck (oder Zug) und den Luftzutritt zum Feuerraum, da sich derselbe, wie wir bereits sahen, bei steigender Rauchgasmenge (geöffnetem Essenschieber) vermindert, bei sinkender Rauchgasmenge (gedrosseltem Essenschieber) vermehrt. Hierbei werden durch die Steuerzylinder 18 die Luftklappen 17 unter dem Kofst mehr oder weniger offen gehalten werden, bis der anfängliche Druck (oder Zug) wieder hergestellt ist, das Strahlrohr in seine Mittelstellung zurückgeht und das Meßsystem in Ruhestellung kommt.

Die selbsttätigen Feuerregler halten den Dampfdruck sehr gut auf gleichmäßiger Höhe. Voraussetzung ist, daß der Kessel für die von ihm geforderte Leistung bemessen ist. Beträgt seine Höchstleistung 50 Kilogramm Dampf je Stunde und Quadratmeter Heizfläche, so kann auch der Feuerregler nicht mehr herausholen. Der Heizer wird sehr entlastet, aber nicht etwa ausgeschaltet und muß seine Fachkenntnisse durch die Ausnützung der Vorteile des selbsttätigen Feuerreglers beweisen.

Die **Dampfmengenmesser** (Dampfuhren; Abb. 176 bis 178) zeigen die Dampfmenge in Tonnen (= 1000 Kilogramm) je Stunde an, die durch eine Dampfleitung hindurchfließt. Sie lassen also, wenn sie in die Hauptdampfleitung eingebaut sind,

die jederzeitige Belastung des Kessels erkennen, nach welcher der Heizer den Betrieb (die Feuerung, den Essenzug, die Kesselspeifung) einzustellen hat. Sie bestehen aus einem Staugerät und dem anzeigenden Mengemesser. Das Staugerät ist als Ringkammermeßgerät mit einer Blende zwischen den Ringkammern ausgeführt. Beim Durchströmen des Dampfes durch die Blende, die einen kleineren lichten Durchmesser als die Dampfleitung hat, bildet sich vor derselben ein Überdruck, hinter derselben ein Unterdruck. Beide Drücke werden mittels dünner Röhre auf die Plattenfeder und die Zeigervorrichtung des Mengennessers im Gesichtsbereich des Heizers übertragen und ändern sich mit der Geschwindigkeit des strömenden Dampfes und mit dem Dampfdruck. Die Blende ist für den Fall, daß man auf andere Drücke übergehen will, leicht auswechselbar. Vor und hinter dem Staugerät sind gerade Rohrstreifen von 10 bzw. 5 Meter Länge ohne Abzweigungen und eingebaute Armaturen erforderlich.

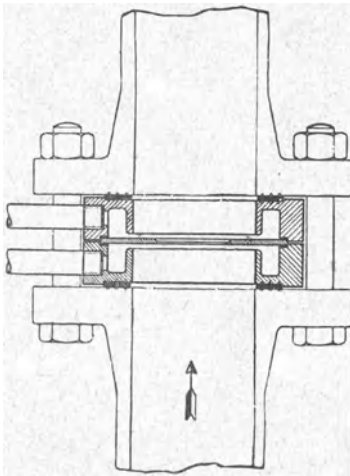


Abb. 176. Schnitt durch die eingebaute Ringkammer des Staugerätes der A.G., Berlin.

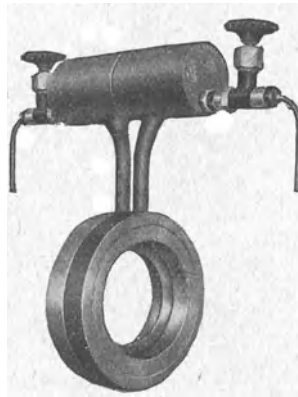


Abb. 177. Ansicht des Staugerätes des Dampfmenge messers.

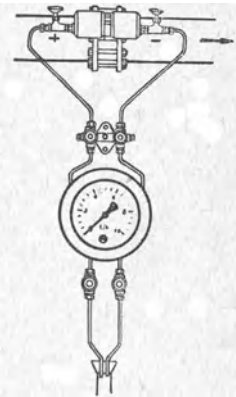


Abb. 178. Schematische Anordnung der Meßanlage in waagrechtlicher Dampfleitung.

**Die selbsttätigen Rückspeisearparate** dienen der Rückleitung des Kondensates aus Heizvorrichtungen und Rohrleitungen in den Kessel. Das Kondensat muß ölfrei, auch nicht in anderer Weise verunreinigt und zur Kesselspeifung geeignet sein. Erläuterung zu Abb. 179:

Das Kondensatwasser 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 wieder von neuem Kondensatwasser 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 Kessel-

druck und das Wasser tritt mit seinem natürlichen Gefälle in die Speiseleitung und durch das Rüdkschlagventil hindurch in den Dampfkessel.

**Laufende Überwachung.** Zu einem geordneten Kesselbetrieb gehören:

1. eine fortlaufende Feststellung des täglichen Kohlenverbrauches,

2. eine fortlaufende Feststellung des Speisewasserverbrauches,

3. die Überwachung der Verbrennung in der Feuerung,

4. das Aufzeichnen des Dampfdruckes und der Temperatur des überhitzten Dampfes.

Der Verbrauch an Brennstoffen und Speisewasser wird auf die stündliche Menge festgestellt und zueinander in Beziehung gebracht. Der Feizer 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, der Kessel infolge von starkem Kesselsteinansatz, schlechtem Essenzug, Anhäufung von Flugasche in den Kesselzügen oder aus sonstigen Gründen schlecht arbeitet. Das Messen der verfeuerten Kohlenmenge erfolgt entweder

durch Wiegen oder dadurch, daß der Feizer die Zahl der Kohlenkarren, die er in das Kesselhaus hineinführt, aufschreibt. Von Zeit zu Zeit ist auch das Gewicht der Schlacke festzustellen.

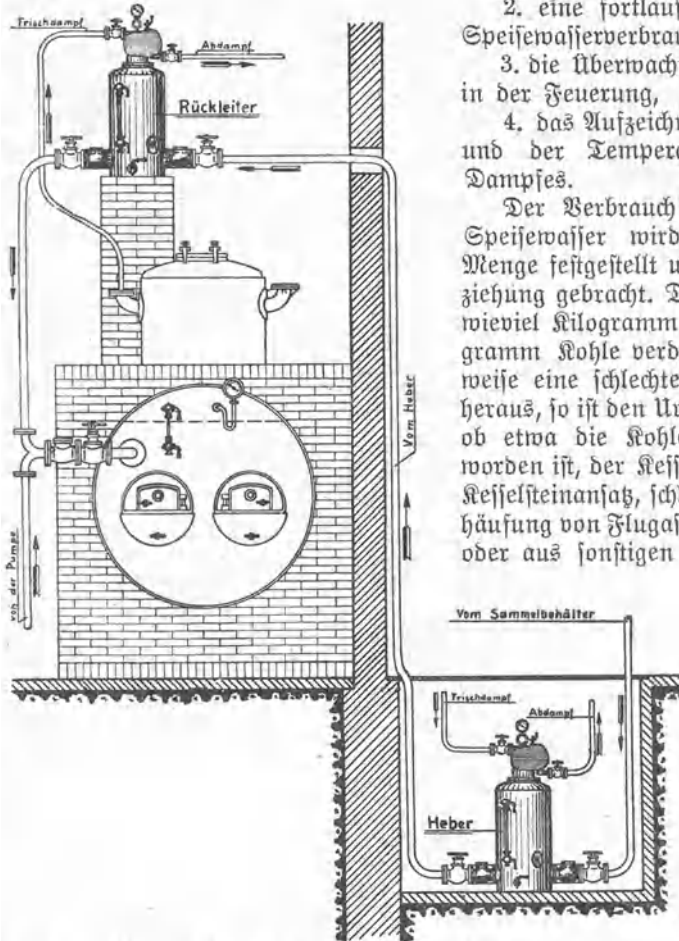


Abb. 179. Automatische Rüdkspeiseanlage für Kondenswasser von der Firma Bährina u. G., Halle a. Saale.

Zur Feststellung des Speisewasserverbrauches sind Wassermesser in die Speiseleitung eingebaut, deren Angaben der Feizer täglich in ein Buch einzutragen hat. Sind sie nicht vorhanden, so hat sich der Feizer 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 er zu prüfen, ob etwa die Ablassleitung oder das Speiseventil undicht sind oder andere Ursachen, wie Undichtheiten an der Steuerung, am Kolben und an den Kondensstöpsfen der Dampfmaschine vorliegen.

Die Überwachung der Dampfkesselheizung 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 verfeuerteten Kohlenforte anpassen muß. Gute Hilfsmittel sind hierbei die Rauchgasprüfer und die Zugmesser. Zur Kesselhausüberwachung gehört auch, daß der Heizer die Temperatur im Kesselhaus zu bestimmten Betriebszeiten vermerkt.

Über die Kohlenersparnis, welche der hohe Dampfdruck, die Dampfüberhitzung und die Speisewasservorwärmer mit sich bringen, ist bereits in den Abschnitten 10 und 14 eingehend gesprochen worden.

Es sollte in jedem Kesselhause der Heizer laufend Aufzeichnungen über den Kesselbetrieb machen und ein Betriebsbuch führen. Die dafür aufgewendete geringe Mehrarbeit wird sich gut bezahlt machen und dem Heizer den Dienst erleichtern.

## 17. Die Heizkessel.

**Niederdruckdampfkessel** dienen zu Heiz- und Kochzwecken. Der Betriebsdruck beträgt höchstens 0,5 Atmosphäre. Infolgedessen unterliegen sie nicht den Gesetzesvorschriften über Dampfkessel für höhere Drücke und können auch in übersehten Räumen aufgestellt und aus beliebigem Material hergestellt werden<sup>1)</sup>.

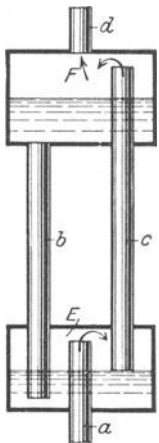


Abb. 180. Sicherheitsstandrohr für Niederdruckkessel beim Beginn des Abblasens des Kessels.

Sie müssen aber ein **Sicherheitsstandrohr** erhalten, das entweder verhindert, daß die Dampfspannung den Betriebsdruck von 0,5 Atmosphäre übersteigt, oder den Kessel bei einer Überschreitung dieses Druckes um 10 Prozent wirksam entlastet. Es muß vom Dampfraum ausgehen und **unabsperrbar** sein und kann die einfache U-Form erhalten, wobei der U-Bogen mittels eines Hahnes und Trichters mit Wasser gefüllt wird. Die Wassersäule (1 Meter = 0,1 Atmosphäre) hält dem Dampfdruck das Gleichgewicht, verhindert also das Ausströmen des Dampfes aus dem Kessel. Bei einer Drucküberschreitung wird es aus dem Sicherheitsrohr herausgeschleudert und entweicht der gesamte Dampf aus dem Kessel. Der Gefahr einer Kesselexplosion ist daher durch das Sicherheitsstandrohr sehr wirksam und besser als durch Sicherheitsventile, die übrigens an diesen Kesseln gesetzlich nicht zulässig sind, vorgebeugt. An Stelle des U-Rohres werden jedoch andere, genormte Ausführungen verwendet. Abb. 180: Das Rohr a geht nach dem Dampfraum. Beim Überschreiten des festgesetzten Dampfdruckes wird das Wasser durch das Rohr b hindurch in den oberen Behälter F gedrückt, bis das untere Ende des Rohres c frei wird und der Dampf durch F und das Rohr d hindurch ins Freie entweicht. Nach dem Fallen des Dampfdruckes fließt das Wasser aus dem Behälter F und durch das Rohr b hindurch in den unteren Behälter E zurück und verschließt das Rohr c wieder, so daß kein weiterer Dampf entweichen kann.

**Der Betriebsdruck** wird bei den Heizkesseln zumeist nur 0,1 Atmosphäre gewählt, weil bei schnellem Hochheizen das Wasser aus dem Kessel in die Rückleitungen für das Kondenswasser gedrückt wird. Der Dampf steigt aus dem Kessel aus natürlichem Auftrieb in die Höhe, da er  $1\frac{1}{2}$  mal so leicht ist wie Luft von 100°. Weit verzweigte Heizungen und Kochkessel werden mit Druck bis  $\frac{1}{2}$  Atmosphäre betrieben. Zum Ablesen des Dampfdruckes erhält der Kessel ein Manometer.

**Die Speisung des Heizkessels** erfolgt durch eine Wasserleitung, die an den Kessel angeschlossen ist und durch einen einfachen Hahn abgesperrt oder geöffnet

<sup>1)</sup> Näheres siehe Niederdruckdampfkessel-Verordnung vom 28. Januar 1935 — RGBl. S. 76.

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 sich der Kesselstein sehr schwer entfernen läßt. Aus diesem Grunde ist jede unnötige Erneuerung des Kesselwassers zu vermeiden, und es darf dem Kessel auch niemals Wasser zu Reinigungs- oder anderen Zwecken entnommen werden. Zur Speisung ist nur reines Wasser zu verwenden, das zur Verhütung von Kesselsteinansatz entweder Regenwasser oder vorher abgekocht sein soll.

Werden diese Vorschriften nicht beachtet und macht sich der Kesselsteinansatz durch die verminderte Leistungsfähigkeit des Kessels bemerkbar, so kann er durch eine Mischung der handelsüblichen Salzsäure mit zwei Teilen Wasser gelöst werden. Lösungsdauer: etwa 8 Stunden, wobei der Kesselraum zum Schutze gegen Salz-

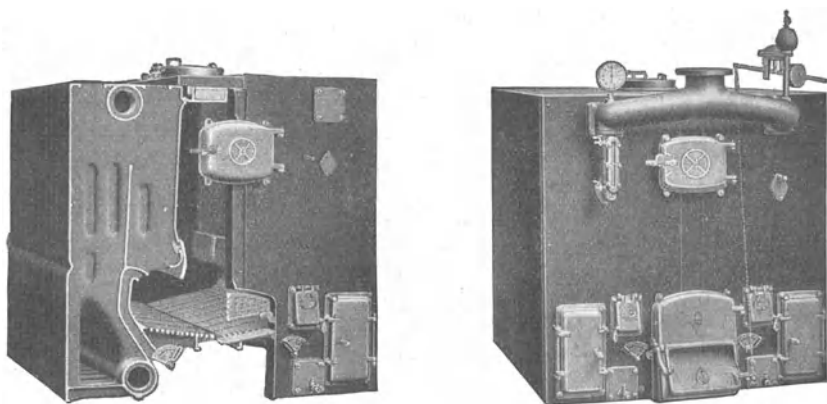


Abb. 181 u. 182. Strebelkessel für Niederdruckdampf- oder für Warmwasserheizung, 17—53 qm Heizfläche, besteht aus Halbgliedern, unterer Abbrand, der Füllraum ist über dem Brennraum stark eingeschnürt, wodurch günstiger Verbrennungsraum geschaffen und überstarke Vergasung und Hochbrennen vermieden wird. An der Stirnwand rechts und links je eine Regelvorrichtung für die Zusatzluft.

säuredämpfe gut zu lüften ist und der Kessel vor der Wiedereingebrauchnahme sorgfältig mit Druckwasser auszuspritzen ist. (Nach Angabe des Strebelwerkes.)

**Bau der Niederdruckkessel.** Es gibt schmiedeeiserne und gußeiserne Kessel. Die Bauart der schmiedeeisernen Kessel ist unter Anwendung des Schweißverfahrens außerordentlich vielseitig, und zwar von der Form des einfachen Topfes an bis zum Rauchrohrkessel nach Art der Dampfkessel für höhere Drücke.

Die **gußeisernen Gliederkessel**, nach ihrem Erfinder auch Strebelkessel genannt, sind am verbreitetsten und bestehen aus hohlen Gliedern mit angegossenen bearbeiteten Rippen, durch die beim Zusammenbau die Heizkanäle gebildet werden. Die Glieder sind durch konische Rippen miteinander verbunden und haben hohle, in der Mitte geteilte angegossene Roste, deren Hohlräume mit dem Wasserraum des Kessels verbunden und hierdurch gekühlt sind. Das erste und letzte Kesselglied haben Stirnwände mit den Feuer- und Aschefalltüren und den Anschlußstutzen für die Rohrleitungen. Durch eine größere und kleinere Zahl der Zwischenglieder kann stets ein in seinen Abmessungen normal ausgebildeter Kessel von größerer oder kleinerer Heizfläche hergestellt werden.

Zur Erkennung des Wasserstandes muß laut gesetzlicher Vorschrift an Niederdruckdampfkesseln, die nicht oder nicht ausschließlich der Raumheizung dienen, ein

Wasserstandsglas vorhanden sein. Bei reinen Heizkesseln sind demnach auch Schwimmervorrichtungen zulässig, jedoch verhältnismäßig wenig angewendet. Der Heizer darf erst anheizen, nachdem er sich vom Wasserstande überzeugt hat. Befeuerte gußeiserne Kessel erglühen und zerspringen bei Wassermangel. Aus diesem Grunde ist auch das Feuer herauszuziehen und der Kessel langsam abzukühlen, falls er durch Abblasen des Sicherheitsstandsrohres entleert worden ist. **Streng zu beachten ist Abb. 183.**

Die **Feuerung** darf nicht viel Bedienung erfordern und wird daher als Füllfeuerung mit Dauerbrand ausgeführt, die täglich nur ein- oder zweimaliges Nachschütten des Brennstoffes nach vorherigem Lochen oder Abschlagen des Feuers erfordert. Der hauptsächlichste Brennstoff ist Koks (Zechenkoks aus den Kokereien und Gaskoks aus den Gasanstalten). Zechenkoks (der etwa zu 80 bis 90 Prozent in Hochöfen verfeuert wird) ist im allgemeinen fester als Gaskoks, aber gasärmer und infolgedessen schwerer entzündlich als letzterer. Maßgebend für die Wahl der Koksforte sind auch Körnung und Preis. Geeignete Körnungen sind Brechkoks I, II, III, Größe  $90 \times 60$ ,  $60 \times 40$  und  $40 \times 20$  Millimeter. Je größer der Kessel, um so

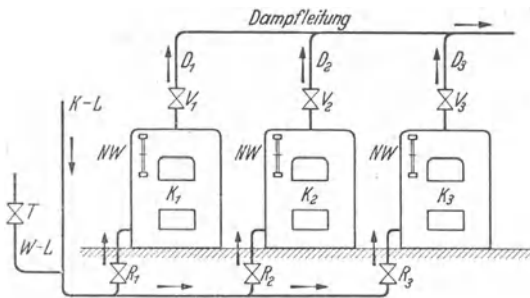


Abb. 183.  $K_1, K_2, K_3$  = Niederdruckkessel;  $V_1-V_3$  = Absperrventile für Dampf;  $K-L$  = Kondenswasserrücklaufleitung;  $W-L$  = Wasserleitung zum Speisen der Kessel mit Absperrventil  $T$ . Sind sämtliche Kessel in Benützung, so müssen sämtliche Ventile  $V$  u.  $R$  geöffnet sein. Wird nur ein Kessel befeuert, so sind die Ventile  $V$  u.  $R$  der übrigen Kessel zu schließen oder sämtlich offen zu lassen; werden nur ihre Dampfventile geschlossen, so drückt der Dampf des befeuerten Kessels dessen Wasserinhalt durch die Ventile  $R$  zurück in die kalt stehenden Kessel und der befeuerte Kessel wird leer und kann in wenigen Minuten glühend werden und zerspringen.

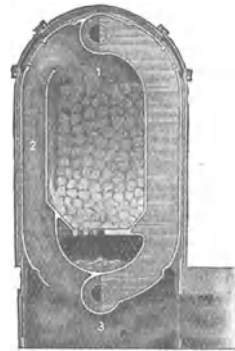


Abb. 184. Original-Strebelkessel mit oberem Abbrande. Die Verbrennungsgase strömen aus dem Feuerraum doppelseitig durch die Heizkanäle 2, dem Sodelzug 3 nach dem Schornstein. Die Abb. stellt rechts einen Schnitt durch einen Heizkanal, links durch einen Wasserraum dar.

größer kann die Körnung sein, weil grobstückiger Koks sich luftdurchlässiger aufschichtet und schlackenärmer ist. Koks ist für Füllfeuerungen der geeignete Brennstoff, weil er entgast ist und infolge der äußerst geringen Rauchentwicklung die Heizflächen des Kessels nicht so schnell mit Ruß beschlagen werden. Kohlen- und Brikettfeuerungen erhalten zur Verbrennung der flüchtigen Bestandteile Nebenluftzuführung mit verstellbarer Regelflappe.

Bei den Feuerungen mit **oberem Abbrande** (Abb. 184) werden die Heizgase im oberen Teile des Füllschachtes, im Raume über dem Brennstoff, abgezogen und ist somit die ganze Brennstoffmenge in Brand und eine sehr große Berührungsfläche des Feuers mit der Kesselheizfläche vorhanden. Die Heizkanäle fallen von oben nach unten (Gegenstromprinzip). Beim **unteren Abbrand** (Abb. 181) werden die Feuergase zu beiden Seiten dicht oberhalb des Kokes abgesaugt. Die Heizkanäle führen erst aufwärts und dann abwärts, was einen langen Weg der Heizgase und eine

gute Wärmeausnützung ergibt. Der untere Abbrand ist häufiger. Gegen beigemengten Kohlengrus ist er wegen der Verschlackung empfindlicher als der obere.

**Die Regelung des Feuers** erfolgt im groben durch den Rauchschieber am Kesselende. Er erhält entweder einen schmalen Schlitze oder ein Loch, damit er auch bei völligem Niederlassen nicht ganz schließt und ein geringer Luftzug Gasansammlungen in den Heizkanälen und Gasexplosionen verhütet. Die feinere Regelung des Feuers erfolgt selbsttätig durch einen Regler, der in verschiedenen Bauarten ausgeführt wird und die Luftklappe des Aschefalls, mit der er durch eine Kette verstellbar verbunden ist, unter dem Einflusse des Dampfdruckes mehr oder weniger schließt. Im Gebrauche sind Regler mit Membran (Abb. 185) oder mit Schwimmer.

Beim Anheizen sind der Rauchschieber und die Frischluftklappe am Aschefall voll zu öffnen, die Nebenluftklappen, die auch an manchen Kofzfeuerungen für den Fall

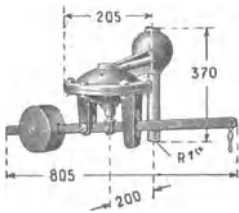


Abb. 185. Membranregler an Strebelkessel. Dient zur feineren Regelung der Zugluft. Seine Anbringung ist aus Abb. 182 ersichtlich.

der abwechselnden Verfeuerung von mageren Steinkohlen vorhanden sind, zu schließen. Dann sind einige dünne Holzscheite über die ganze Kofzfläche anzuzünden und das Holzfeuer dünn mit Kofz zu überstreuen. Wenn der Kofz gut glüht, ist der Füllschacht allmählich aufzufüllen und der Rauchschieber entsprechend dem Wärmebedarf einzustellen. Die Frischluftklappe ist hierauf

mit dem selbsttätigen Feuerungsregler zu verbinden, der dann die Luftzuführung zum Kofze seiner Einstellung entsprechend übernimmt. Bei Unterabbrand ist der Füllschacht völlig, bei Oberabbrand nur zu  $\frac{2}{3}$  aufzufüllen. Bei mildem Wetter genügt eine geringe Schütthöhe.

Die Luftzufuhr soll gering sein, eine Zugstärke von 3—5 Millimeter ist ausreichend, damit das Feuer nicht zu schnell abbrennt und keine Weißglut auftritt, die nicht gebraucht wird und das Zusammenbacken des Kofzes und der Schlacke zur Folge haben würde.

**Das Reinigen der Heizzüge** von Ruß und Flugasche (Abb. 186) erfolgt bei Kofzbrand nach je 2 bis 3 Wochen mit einer Drahtbürste. Die Reinigungsöffnungen werden durch Lücken in den Rippen der Kesselglieder gebildet und sind während des Betriebes durch lose aufliegende Deckel mit Asbestdichtung verschlossen. Über den Deckeln sind abnehmbare Verschlussbleche in der Kesselverkleidung angebracht. Die Reinigung ist bei Verwendung von Braunkohlenbriketts, Anthrazit und gasarmen Steinkohlen wegen der stärkeren Ablagerung von Ruß öfter als bei Kofzfeuer vorzunehmen.

**Abheizen.** Nach Beendigung der Heizzeit sind Kofz, Aschefall, Kesselzüge, Fuchs und Schornstein gründlich zu säubern. Das Wasser bleibt auch den Sommer über im Kessel und ist nur im Winter, falls die Anlage nicht benützt wird, vor Eintritt des Frostes bei geöffneten Heizkörpern abzulassen.

**Die Warmwasserheizkessel** sind mit den Rohrleitungen und Heizkörpern völlig mit Wasser gefüllt und unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Bauart nicht von den Niederdruckdampfesseln. Sie werden durch ein senkrechtes, unverschließbares Steig-

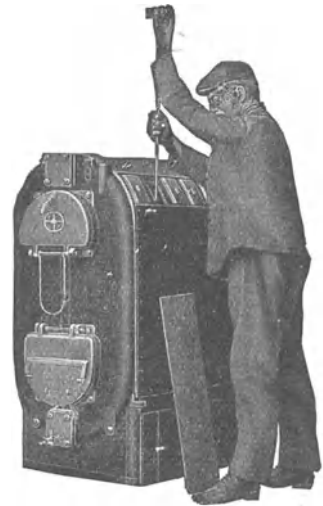


Abb. 186. Reinigen der Rauchkanäle des Strebelkessels.

rohr mit dem sog. **Ausdehnungsgefäß** verbunden, das an einer hochgelegenen Stelle des Gebäudes angebracht ist, nur mit einem losen Deckel abgedeckt werden darf und ein Entlüftungs- und Überlaufrohr haben muß. Es nimmt die Ausdehnung des Wassers beim Erwärmen auf, ohne daß sich ein Druck bilden kann, und muß mit dem Steigrohr vor Frost geschützt sein. Im Kesselraum wird entweder ein Wasserhöhenanzeiger oder am Ausdehnungsrohr ein Wasserstandsrohr angebracht. Der Kessel erhält ein Thermometer zum Ablesen der Wassertemperatur. Bei  $+ 10^{\circ}$  Außenwärme genügen 40 bis 50, bei  $10^{\circ}$  Kälte 65 bis  $70^{\circ}$  Wasserwärme. Mehr als  $95^{\circ}$  darf letztere nicht betragen, da die Anlage bei  $100^{\circ}$  überkocht. Der Heizer hat demgemäß zu feuern und den selbsttätigen Verbrennungsregler nach erfolgtem Hoch-

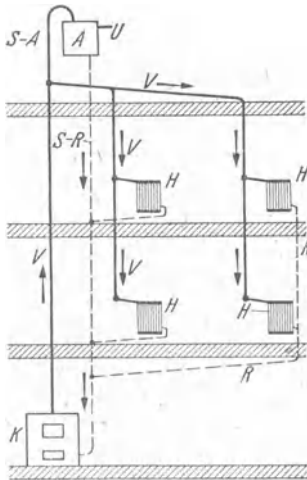


Abb. 187. Schema der Warmwasserheizung mit oberer Verteilung. V = Vorlauf oder Steigleitung des Warmwassers aus dem Kessel K. S—A = Sicherheitsausdehnungsleitung; U = Überlauf, zugleich Entlüftung; A = Ausdehnungsgefäß; H = Heizkörper. S—R = Sicherheitsrücklaufleitung. Werden einzelne Zimmer schlecht beheizt, so ist zunächst durch eine veränderte Einstellung der Ventile an den Heizkörpern Abhilfe zu versuchen.

heizen des Kessels entsprechend einzustellen. Die Regler übernehmen, wie beim Niederdruckdampfkessel, die feinere Zugregelung und bestehen beim Warmwasserkessel aus einem Wärmefühler oder einer Rohrkonstruktion, die vom Heizwasser berührt oder durchströmt werden, hierbei ihre Länge ändern und die Luftdrosselklappe im Mischfall verstellen.

Das Wasser der Heizanlage befindet sich infolge des natürlichen Auftriebes, den es bei der Erwärmung im Feuer und bei der Abkühlung in den Heizkörpern erhält, in stetem Umlauf. (Warmes Wasser ist leichter als kaltes, größte Dichte bei  $4^{\circ}$ .) Bei geringem Temperaturabfall und für große Betriebe reicht der natürliche Auftrieb nicht aus und muß ein Zwangsumlauf durch Pumpen herbeigeführt werden. Die Zuleitungen vom Kessel zu den Heizkörpern heißen Vorlauf, die Leitungen in umgekehrter Richtung Rücklauf. Die lichte Weite des Steigrohres ist gemäß gesetzlicher Vorschrift nach der Kesselgröße zu bemessen.

Die Warmwasserheizung eignet sich wegen ihrer milden und nachhaltenden Wärme (bei  $100^{\circ}$  enthält 1 Liter Wasser  $\sim 100$ , 1 Liter Dampf 0,370 W.-G. Tabelle Seite 80, Spalte 4 und 8) besonders für Wohnräume, Krankenhäuser u. a., die Niederdruckdampfheizung mehr für Fabriken und andere Räume, die nur tagsüber beheizt werden und in kurzer Zeit durchgeheizt sein müssen. Genaue Grenzen des Anwendungsbereiches der beiden Heizungsarten bestehen jedoch nicht.

**Abhilfemaßnahmen** beim Nachhinken einzelner Arbeitsräume bei der Beheizung sind: Neueinstellung

der Heizventile, Erhöhung des Betriebsdruckes, abwechselndes Beheizen der Betriebsräume, Einbau besonderer Leitungen nach den mangelhaft beheizten Arbeitsräumen oder Aufstellung eines besonderen Heizkessels für dieselben.

## Wie spart man Brennstoff bei Zentralheizungen?

1. Nur bei Außentemperatur von weniger als  $12^{\circ}$  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 Abküh-

lung 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 einzelnen 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 Abstellen 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 Ausüstungsteile für Dampfanlagen

Kondenstöpsel,  
Druckminderungs- (= Reduzier-) Ventile,  
Dampfentöler,  
Schmierapparate

} sind im Leitfaden

„Die Maschinistenschule“

} Vorträge über die Bedienung von Dampf-  
maschinen und Dampfturbinen von F. D.  
Morgner behandelt.

# Sachverzeichnis.

Abbläcken 27.  
Abperrventile 139.  
Abperrschieber 140.  
Abblämmventile 138.  
Adamson'sche Verbindung 93.  
Aggregatzustände 78.  
Alkalität 72.  
Anrostungen 110.  
Armaturen 113.  
Utschlag 33.  
Atmosphäre 82.  
Astratorverfahren 67.  
Aufgaben des Kesselwärter's 1.

Bedienung des Feuers 22.  
Benjonkessel 109.  
Betriebsvorschriften 150.  
Beschritte 112.  
Braunkohle 19.  
Braunkohlenbrifetts 20.  
Braunkohlenkoks 21.  
Brennstoffe 2, 16.

Dampfdruck 81.  
Dampfgebläse 62.  
Dampfmengenmesser  
(Dampfuhren) 155.  
Dampfüberhitzer 83.  
Decken des Feuers 27, 153.  
Dichte des Kesselwassers 77.  
Dichtungen 140.

Ökonomiser 143.  
Entölung des Wassers 71.  
Entgähung desselben 71.  
Entgähungsverfahren 65  
Essenschiebereinstellung 9, 62.  
Essensuchs 59.

Feuerbrücke 33.  
Feuerbüchsenkessel, stehende 95.

Feuergeschränke 33.  
Feuerregelung 9, 14.  
—, selbsttätige 153.  
Flammrohrkessel 91, 92.  
Flüssigkeitswärme 79.

Gasfeuerungen 42.  
gasige Brennstoffe 21.  
Gaswaage 15.  
Großwasserraumkessel 87.

Gahnschmiere 4.  
Halbgasfeuerung 38.  
Härte des Wassers 63, 75.  
Heißdampfzähler 87.  
Heizfläche 58.  
Heizgase 7, 8, 9.  
Heizble 21.  
Heizungskessel 158.  
Heizwert 16.

Hochleistungskessel 103.  
Holzfeuerung 20.  
Injektoren 128.  
Isolierstoffe 141.

Kalorie 16.  
Kalk-Soda-Verfahren 65.  
Kesselbau 109.  
Kesselmauerwerk 59.  
Kesselschäden 110.  
Kesselreinigung 77.  
Kesselstein 63, 64.  
Kettenroste 50.  
Kohlensäure 6.  
Kohlenstoff 4.  
Kohlenstoffverbrennung 7.  
Kohlenoxyd 7.  
Kohlensäure 7.  
Kohlenstaubfeuerung 55.  
Kohlenverluste, Tabelle, 10.  
Koks 20.

Kombinierte Kessel 97.  
Kopfheizen 25.  
Krämermühlenfeuerung 56.

La Mont-Kessel 108.  
Leachfeuerung 46.  
Lokomobilkessel 98, 99.  
Luft, Zusammensetzung 5.  
Lufterhitzer 148.  
Luftüberschuß 9.

Manometer 121.  
Merksblatt für Zentralheizun-  
gen 162.

Methylorange 74.  
Muldentroßfeuerung 40.

Natronzahl 72, 76.  
Niederdruckdampfessel 158.  
Nietverbindungen 111.

Ölfeuerung 43.  
Orsatapparat 10.

Permutitverfahren 68.  
Phenolphthalein 74.  
Planroßbeschichtung 25.  
Planroßfeuerung 34.  
Prämien f. Kesselheizzer 30.  
Probierhähne 114.  
Pyrometer 79.

Rauch 2, 7.  
Rauchgasprüfer 14.  
Rauchrohrkessel 94.  
Rauchverbrennung 45.  
Richtlinien, amtliche 1.  
Rohrleitungen 140.  
Roßbelastung 23.  
Roßfläche 23.  
Roßstäbe 31.  
Rückschlagventile 137.  
Rückspeisearparate 157.  
Rußbläser 94.

Sägepänfeuerung 39.  
Sauerstoff 4.  
Saughöhe 82.  
Saugzug 62.  
Seifenlösung 74.  
Sicherheitsventile 122.  
Siederohrreiniger 78.  
Siederohrkessel 97.  
Sicart'sche Formel 61.  
Schiffskessel 106, 107.  
Schlammrücksführung 68, 72.  
Schornsteinverlust 61.  
Schrägrohrkessel 97.  
Schürplatte 33.  
Schwefel 8.  
Speisewasser 62, 63.  
Speiseventil 137.  
Speisevorrichtungen 125.  
Speisewasserregler 134.  
Stehbolzen 112.  
Steilrohrkessel 103, 105.  
Steinkohle 18.  
Steinkohlenbrifetts 20.  
Steinkohlenteeröl 21.  
Steinmüllerkessel 53.  
Stichflammen 22.  
Stoßfeuerung 54.  
Strahlungskessel 108.

Tabelle über Dampf 80, 83.  
— über Heizwerte d. Kohle 18.  
Teilkammerkessel 102.  
Thermometer 79.  
Torffeuerung 19, 39.  
Treppenroßfeuerung 36.  
Trinatriumphosphat 68.

Unterjuchung des Wassers 73.  
Unterwindfeuerung 41, 53, 62.  
Vorwärmer 141.

Wanderroste 49, 50.  
Wärmeleiter 64.  
Wärmeeinheit 16.  
Wärmeschutzstoffe 141.  
Wärmespeicher 88.  
Warmwasserkessel 161.  
Wasserdruckprobe 113.  
Wasserkammerkessel 53, 102.  
Wasserreinigung 63.  
Wasserstandsanzeiger 113.  
Wasserstoff 4.  
Wasserumlauf 58.  
Wechfeuerung 47.  
Wengerfeuerung 46.  
Winardeessel 105.  
Wurffeuerung 46, 49.

Zonentwandroste 52.  
Zug, künstlicher 61.  
Zugmesser 27, 29, 30.  
Zugverluste 59.  
Zugluft 45.