

Die  
**Dampfkessel**

von  
**F. Tetzner**



*Einzel-Ausgabe*

# Die Dampfkessel.

Lehr- und Handbuch für Studierende Technischer Hochschulen,  
Schüler Höherer Maschinenbauschulen und Techniken,  
sowie für Ingenieure und Techniker.

Bearbeitet

von

**F. Tetzner,**

Professor, Oberlehrer an den Kgl. Vereinigten Maschinenbauschulen  
zu Dortmund.

**Fünfte, verbesserte Auflage.**

Mit 230 Textfiguren und 44 lithographierten Tafeln.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1914

ISBN 978-3-662-24194-3 ISBN 978-3-662-26307-5 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-26307-5

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

Softcover reprint of the hardcover 5th edition 1914

**Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>**

## Vorwort zur fünften Auflage.

Der bisherige Charakter des Buches ist auch bei der 5. Auflage beibehalten. Trotz der Fülle des vorhandenen Stoffes ist auch hierbei wieder der größte Wert auf die Beschränkung des Umfanges gelegt. Eine gewisse Erweiterung hat sich jedoch nicht vermeiden lassen.

So sind bei den Wasserrohrkesseln die Steilrohrkessel etwas ausführlicher behandelt, wengleich auch nur ein Teil derselben aufgenommen werden konnte. Es sind auch die Vorteile und Nachteile dieser Kessel besonders hervorgehoben. Die Feuerungen sind gründlich umgearbeitet; es sind einige weniger bewährte Feuerungen fortgelassen und dafür andere neu aufgenommen. Besonders sind die Wanderrostfeuerungen ausführlicher behandelt, ebenso die Feuerungen für gasförmige Brennstoffe, wobei auch der flammenlosen Oberflächenverbrennung Rechnung getragen ist. Ferner ist auch etwas mehr als bisher über den künstlichen Luftzug gebracht.

Neu hinzugekommen ist eine Abhandlung über Kesselhausbekohlung und Aschenentfernung. Kleine Ergänzungen hat die Abhandlung über Wasserreinigung erfahren, besonders ist das Barytverfahren von Reiser und das Permutitverfahren hinzugekommen. Die Tabelle über gesättigte Wasserdämpfe von Fliegner ist fallen gelassen und dafür die Tabelle von Professor Dr. R. Mollier aufgenommen.

Während die Anzahl der Tafeln um eine gekürzt werden konnte, sind an Textfiguren 68 Nummern hinzugekommen.

So möge denn diese fünfte Auflage des Buches eine ebenso gute Aufnahme finden, wie die anderen Auflagen.

Dortmund, Mai 1914.

**F. Tetzner.**

# Inhaltsverzeichnis.

<b>Einleitung</b>	<b>Seite</b>
Zweck einer Kesselanlage . . . . .	1
Teile einer Kesselanlage . . . . .	1
a) Die Feuerung . . . . .	1
b) Der Dampfkessel . . . . .	1
c) Die Kesseleinmauerung . . . . .	2
d) Der Fuchs und der Schornstein . . . . .	2
e) Zubehör zur Kesselanlage . . . . .	2

## I. Abschnitt. Der Wasserdampf.

Allgemeines . . . . .	3
1. Arten des Wasserdampfes . . . . .	3
2. Spannung und Temperatur des gesättigten Wasserdampfes . . . . .	4
3. Wärmemenge zur Bildung von gesättigtem Wasserdampf . . . . .	5

## II. Abschnitt. Die Brennstoffe und deren Verbrennung.

4. Die Brennstoffe . . . . .	10
A. Feste Brennstoffe . . . . .	10
1. Das Holz . . . . .	10
2. Der Torf . . . . .	10
3. Die Braunkohle . . . . .	10
4. Die Steinkohle . . . . .	11
5. Der Koks . . . . .	12
B. Flüssige Brennstoffe . . . . .	12
C. Gasförmige Brennstoffe . . . . .	12
1. Die Gichtgase . . . . .	12
2. Die Generatorgase . . . . .	12
5. Der Verbrennungsvorgang . . . . .	13
6. Die Bestimmung des Heizwertes der Brennstoffe. . . . .	14
7. Die zur Verbrennung erforderliche Luftmenge . . . . .	15
8. Die Verbrennungstemperatur . . . . .	17
9. Die Leistung des Brennstoffes . . . . .	18

<b>III. Abschnitt. Die Feuerungsanlagen der Dampfkessel.</b>		Seite
Allgemeines . . . . .		21
10. Die Planrostfeuerung . . . . .		21
Allgemeines . . . . .		21
Vorfeuerung . . . . .		21
Unterfeuerung . . . . .		22
Innenfeuerung . . . . .		22
Einzelteile . . . . .		23
a) Das Feuergeschränk . . . . .		23
1. Der Rahmen . . . . .		23
2. Die Feuertür . . . . .		23
3. Die Aschenfalltür . . . . .		24
b) Die Schürplatte . . . . .		24
c) Die Roststäbe . . . . .		24
d) Die Rostträger . . . . .		27
e) Die Feuerbrücke . . . . .		27
f) Der Feuerraum . . . . .		27
Bedienung des Planrostes . . . . .		28
Vorteile . . . . .		28
Nachteile . . . . .		28
11. Die Treppenrostfeuerungen . . . . .		29
A. Gewöhnlicher Treppenrost . . . . .		29
B. Treppenrost von E. Völker in Bernburg . . . . .		30
C. Münchener Stufenrost . . . . .		30
12. Die Schrägrostfeuerung . . . . .		31
13. Besondere Einrichtungen der Planrostfeuerung . . . . .		33
1. Beschränkung des Eintritts kalter Luft beim Öffnen der Feuertür . . . . .		33
2. Regelung des Zuges . . . . .		35
3. Anordnung zweier Roste . . . . .		35
4. Feuerungen mit Zufuhr von Oberluft . . . . .		35
5. Feuerungen mit mechanischer Beschickung . . . . .		36
14. Die Kohlenstaubfeuerungen . . . . .		51
15. Feuerungen für flüssige und gasförmige Brennstoffe . . . . .		52
16. Die Größe der Rostfläche . . . . .		55
17. Die Heizkanäle . . . . .		57
18. Die Zugerzeugung . . . . .		58
a) Natürlicher Zug . . . . .		58
b) Künstlicher Zug . . . . .		64
<b>IV. Abschnitt. Die Dampfkessel.</b>		
19. Gemeinsames der Dampfkessel . . . . .		68
Die Heizfläche . . . . .		68
Die Größe der Heizfläche . . . . .		68
Der Wasserraum . . . . .		68
Der Dampfraum . . . . .		69
Der Speiseraum . . . . .		70
Das Gewicht der Kessel . . . . .		70

	Seite
20. Die Hauptkesselsysteme . . . . .	70
A. Der Walzenkessel . . . . .	70
B. Der mehrfache Walzenkessel . . . . .	71
C. Die Flammrohrkessel . . . . .	73
D. Der Heizrohrkessel . . . . .	80
E. Zusammensetzung der Kessel unter A bis D . . . . .	82
1. Heizrohrkessel mit darunter gelegten Siedern . . . . .	82
2. Flammrohrkessel mit Heizrohren . . . . .	83
a) Flammrohrkessel mit vorgehenden Heizrohren . . . . .	83
b) Flammrohrkessel mit rückkehrenden Heizrohren . . . . .	87
$\alpha$ ) Kessel mit herausziehbarem Röhrenbündel . . . . .	87
$\beta$ ) Zylindrischer Schiffskessel . . . . .	88
3. Flammrohrkessel mit Heizrohrkessel, übereinanderliegend . . . . .	91
4. Flammrohrkessel mit Flammrohrkessel, übereinanderliegend . . . . .	94
F. Wasserrohrkessel oder engrohrige Siederrohrkessel . . . . .	94
I. Schrägrohrkessel . . . . .	94
1. Verbindung der einzelnen Rohre durch Kappen oder Krümmer . . . . .	94
2. Verbindung sämtlicher Rohre durch gemeinsame Kammern . . . . .	95
a) Wasserkammer nur an einem Ende der Rohre . . . . .	95
b) Wasserrohrkessel mit Wasserkammern an beiden Enden der Rohre . . . . .	97
$\alpha$ ) Allgemeines . . . . .	97
$\beta$ ) Kessel von L. & C. Steinmüller in Gummersbach . . . . .	100
$\gamma$ ) Kessel der Rheinischen Dampfkessel- u. Maschinenfabrik Büttner in Ürdingen am Rhein . . . . .	100
$\delta$ ) Kessel der Dampfkesselfabriken von Jacques Piedboeuf in Aachen und Düsseldorf . . . . .	101
$\epsilon$ ) Kessel der Deutschen Babcock & Wilcox-Dampfkesselwerke in Oberhausen . . . . .	103
$\zeta$ ) Hochleistungskessel . . . . .	104
II. Steilrohrkessel . . . . .	106
1. Steilrohrkessel mit geraden Rohren . . . . .	107
a) Garbekessel . . . . .	107
b) Kestnerkessel . . . . .	112
c) Werner-Hartmann-Kessel . . . . .	112
2. Steilrohrkessel mit gebogenen Rohren . . . . .	117
a) Kessel von Walther & Co. A.-G. in Dellbrück bei Köln a. Rh. . . . .	117
b) Stirlingkessel . . . . .	117
c) Steilrohrkessel von Jacques Piedboeuf in Düsseldorf und Aachen . . . . .	119
d) Steilrohrkessel der Dampfkesselfabrik L. u. C. Steinmüller in Gummersbach, Rhld. . . . .	121
e) Kessel der Germaniawerft Friedr. Krupp A.-G. in Kiel-Gaarden . . . . .	125
Vorteile der Steilrohrkessel . . . . .	128
Nachteile der Steilrohrkessel . . . . .	129

	Seite
G. Verbindung von Wasserrohrkesseln mit Walzenkesseln . . . . .	131
H. Stehende Feuerbüchskessel . . . . .	131
1. Stehender Feuerbüchskessel mit Quersiedern . . . . .	131
2. Stehender Heizrohrkessel . . . . .	132
21. Das Material der Dampfessel . . . . .	132
22. Festigkeit der Kessel . . . . .	135
I. Wandstärken . . . . .	135
1. Zylindrischer Kesselmantel . . . . .	135
2. Flammrohre mit äußerem Überdruck . . . . .	138
3. Ebene Wände . . . . .	139
4. Gewölbte Böden . . . . .	143
II. Nietverbindungen . . . . .	145
Allgemeines . . . . .	145
1. Überlappungsnietung . . . . .	147
a) Einreihige Nietung . . . . .	147
b) Zweireihige Nietung . . . . .	147
c) Dreireihige Nietung . . . . .	148
2. Doppellaschennietung . . . . .	148
a) Einreihige Nietung . . . . .	148
b) Zweireihige Nietung . . . . .	148
c) Dreireihige Nietung . . . . .	149
Rechnungsgang . . . . .	150
III. Schweißungen . . . . .	154
IV. Verschraubungen . . . . .	154
V. Bügel- oder Decken-Träger für Feuerbüchsdecken . . . . .	157
VI. Schlußbemerkung . . . . .	159
23. Verbindung einzelner Kesselteile . . . . .	160
1. Verbindung der Böden mit dem Mantel . . . . .	160
2. Verbindung der Böden mit dem Flammrohr . . . . .	160
3. Verbindung der Feuerbüchse mit dem Mantel . . . . .	161
4. Verbindung neben- oder übereinanderliegender Zylinder durch Stützen . . . . .	161
24. Verstärkungen . . . . .	161
1. Flammrohrverstärkungen . . . . .	161
2. Verankerung ebener Platten . . . . .	163
3. Verstärkung der Kesselausschnitte . . . . .	164
25. Blechabwicklungen . . . . .	170
26. Lagerung der Kessel . . . . .	177
27. Die Einmauerung . . . . .	178
28. Die Armatur der Kessel . . . . .	179
a) Grobe Armatur . . . . .	179
b) Feine Armatur . . . . .	179
Sicherheitsventil . . . . .	179
Dampfabsperrentil . . . . .	184
Speiseventil . . . . .	186
Ablabvorrichtung . . . . .	187
Wasserstandsapparate . . . . .	189

	Seite
1. Wasserstandsglasapparate . . . . .	189
a) Zylindrische Gläser . . . . .	189
b) Flache Gläser . . . . .	195
2. Probierröhre und Probierventile . . . . .	195
Manometer . . . . .	196
1. Quecksilbermanometer . . . . .	196
2. Federmanometer . . . . .	196
Apparate zur Sicherung des Betriebes . . . . .	198
1. Warnsignalapparate . . . . .	198
2. Wasserstandsregler . . . . .	199
29. Anbringung der feinen Armaturen . . . . .	205
<b>V. Abschnitt. Kesselzubehörteile, Wartung der Kessel, gesetzliche Bestimmungen, Tabellen.</b>	
30. Speisevorrichtungen . . . . .	208
Speisegefäße . . . . .	208
Handpumpen . . . . .	208
Maschinenpumpen . . . . .	208
Dampfpumpen . . . . .	208
Dampfstrahlpumpen . . . . .	208
31. Vorwärmer . . . . .	210
Vorwärmer, die durch Abgase geheizt werden . . . . .	210
Vorwärmer, die durch Dampf geheizt werden . . . . .	212
Größe der Heizfläche der Vorwärmer . . . . .	213
a) Vorwärmer, die durch Abgase geheizt werden . . . . .	213
b) Vorwärmer, die durch den Abdampf erwärmt werden . . . . .	214
32. Überhitzer . . . . .	215
Allgemeines . . . . .	215
Die Größe der Überhitzerheizfläche . . . . .	228
33. Reinigung des Kesselspeisewassers . . . . .	229
I. Mechanische Reinigung . . . . .	230
II. Chemische Reinigung . . . . .	232
Allgemeines . . . . .	232
1. Reinigung mittels Ätzkalk . . . . .	233
2. Reinigung mittels Soda . . . . .	233
3. Reinigung mittels Ätznatron . . . . .	235
4. Reinigung mit kohlensaurem Baryt . . . . .	235
5. Das Permutitverfahren . . . . .	236
Apparate . . . . .	236
A. Wasserreinigungsapparate . . . . .	237
1. Wasserreinigungsapparat von Hans Reisert . . . . .	237
2. Wasserreinigungsapparat v. A. L. G. Dehne, Halle a.S. . . . .	239
B. Kesselreinigungsapparate . . . . .	239
34. Kesselhausbekohlung und Aschenentfernung . . . . .	242
1. Elevatoren . . . . .	242
2. Transportschnecken und Spiralen . . . . .	245
3. Bandförderung . . . . .	248

	Seite
4. Becherketten . . . . .	253
5. Elektrohängebahnen . . . . .	268
35. Wartung der Dampfkessel . . . . .	269
36. Gesetzliche Bestimmungen . . . . .	272
A. Allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Landdampfkesseln . . . . .	272
B. Anweisung, betreffend die Genehmigung und Untersuchung der Dampfkessel (Auszug) . . . . .	285
37. Tabellen . . . . .	286
1. Auszug aus der Liste über schmiedeeiserne Siederöhren der Gelsen- kirchener Bergwerks-Aktien-Gesellschaft, Abteilung: Düsseldorf- Röhrenwerke . . . . .	286
2. Umgezogene Kesselböden . . . . .	287
A. Vom Blechwalzwerk Schulz Knaudt, Essen a. d. Ruhr	
a) Glatte Böden . . . . .	287
b) Gewölbte Böden mit Ein- und Aushaltungen für Zwei- flammrohrkessel . . . . .	288
c) Gewölbte Böden mit Ein- und Aushaltungen für Ein- flammrohrkessel . . . . .	289
d) Gewölbte Böden mit ausgezogener Rohröffnung für Wellrohrkessel . . . . .	289
e) Gewölbte Böden für Dreiflammrohrkessel . . . . .	290
f) Spezialböden für Rauchröhrenkessel . . . . .	290
B. Böden von Thyssen & Co., Mülheim a. d. Ruhr	
a) Gewölbte Böden mit Ein- und Aushaltungen für Zwei- flammrohrkessel . . . . .	291
b) Glatte Böden . . . . .	292
c) Gewölbte Böden mit Ein- und Aushaltungen für Ein- flammrohrkessel . . . . .	294
d) Böden für Dreiflammrohrkessel . . . . .	295
e) Spezialböden für Rauchröhrenkessel . . . . .	296
C. Kropfböden der A.-G. Phönix, Abteilung Hörder-Verein in Hörde i. W. . . . .	296
D. Domböden mit eingepreßtem Mannloch . . . . .	297
3. Tabelle für gesättigte Wasserdämpfe nach Dr. R. Mollier . . . . .	298
<b>VI. Abschnitt. Berechnungen ganzer Kessel.</b>	
38. Mehrfacher Walzenkessel . . . . .	299
39. Einflammrohrkessel . . . . .	307
40. Zweiflammrohrkessel (Gewölbte Böden) . . . . .	315
41. Zweiflammrohrkessel (Ebene Böden) . . . . .	325
42. Zweiflammrohrkessel mit Überhitzer . . . . .	327
43. Zweiflammrohrkessel mit Heizrohrkessel, übereinanderliegend . . . . .	332
44. Wasserrohrkessel . . . . .	343
45. Direkt geheizter Überhitzer . . . . .	352

## Einleitung.

### Zweck einer Kesselanlage.

Eine Dampfkesselanlage hat den Zweck, die im Brennmaterial aufgespeicherte Wärme zu verwenden, um Wasser in Dampf von bestimmter Spannung zu verwandeln, der befähigt ist, an geeigneter Stelle durch seine Ausdehnung Arbeit zu leisten, oder zu Koch- oder Heizzwecken Wärme abzugeben.

### Teile einer Kesselanlage.

a) **Die Feuerung.** Sie dient zur Erzeugung der Wärme aus dem Brennstoff und besteht im allgemeinen aus dem Heizzürrahmen mit der Heizzür, der Schürplatte, dem Roste und der Feuerbrücke. Auf dem Roste gelangt das Brennmaterial zur Verbrennung. Die zur Verbrennung erforderliche Luft gelangt durch die Rostspalten in den Feuerungsraum. Unter dem Roste befindet sich der Aschenfall.

b) **Der Dampfkessel.** Er dient zur Aufnahme des Wassers und zur Erzeugung des zum Betriebe von Dampfmaschinen oder zu anderen Zwecken notwendigen Dampfes.

Er ist ein gewöhnlich aus Schmiedeeisen, und zwar jetzt meistens aus Flußeisen, durch Nietung hergestelltes, überall dicht geschlossenes Gefäß, das zum Einsteigen in dasselbe mit einem oder mehreren Mann- oder Fahrlöchern oder doch wenigstens mit Reinigungslöchern (Handlöchern) versehen ist.

Der Teil der Kesseloberfläche, der außen von den Heizgasen und innen vom Wasser berührt wird, heißt Heizfläche. Die erzeugbare Dampfmenge hängt in erster Linie von der Größe der Heizfläche ab. — Man unterscheidet eine direkte und eine indirekte Heizfläche, je nachdem die Kesselfläche direkt von dem Feuer oder nur von den Heizgasen berührt wird.

Im allgemeinen soll die von den Heizgasen berührte Kesselwand im Innern vom Wasser berührt werden, da sonst die Kesselwand glühend wird. Jeder Dampfkessel besitzt zwei durch den Wasserspiegel getrennte Räume, und zwar den Wasserraum, in dem sich das Wasser befindet,

und den Dampfraum, in dem sich der erzeugte Dampf ansammelt. Die Größe dieser Räume richtet sich nach der Bestimmung des Kessels. Speiseraum ist der abwechselnd mit Wasser und Dampf gefüllte Kesselraum, d. i. der Raum zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wasserstande.

Jeder Dampfkessel muß zur Ermöglichung eines geordneten Betriebes mit einer Anzahl Apparaten, den sogenannten Armaturen, versehen sein.

Je nach der Konstruktion der Dampfkessel unterscheidet man verschiedene Kesselsysteme. Ein gutes Kesselsystem soll die im Brennstoff enthaltene bzw. durch denselben erzeugte Wärme möglichst vollkommen in das Wasser des Kessels übertragen. Die Wärmeverluste sollen möglichst gering sein. Der Kessel soll aufweisen: große Haltbarkeit, selten gestörten Betrieb, bequeme, einfache Wartung, geringste Gefahr, wenig Anschaffungs- und Unterhaltungskosten und zweckentsprechende Konstruktion.

c) **Die Kesseleinmauerung.** Feuerraum und Kessel werden meistens mit Mauerwerk zum Schutze gegen Wärmeausstrahlung umgeben. Das Mauerwerk enthält außerdem einen Teil der Feuerzüge oder Heizkanäle, in denen die Heizgase an den Kesselwänden entlang geführt werden, um ihre Wärme behufs Dampferzeugung abzugeben.

d) **Der Fuchs und der Schornstein.** Die Heizkanäle endigen im Fuchs, durch den die Heizgase in die Esse oder den Schornstein gelangen. Der Querschnitt des Fuchses kann durch einen Rauchschieber oder eine Drosselklappe verändert werden. Hierdurch wird der Zug des Schornsteines reguliert. — Der Schornstein erzeugt durch die Ungleichheit der Gewichte der Luftsäulen in seinem Innern und außerhalb einen Zug, der die Außenluft zwingt, durch die Rostspalten zum Brennstoff zu treten.

Statt des natürlichen Schornsteinzuges verwendet man zuweilen einen künstlichen Zug, indem man entweder Luft unter den Rost drückt (Unterwind), oder mit einem Ventilator die Gase absaugt (direkter Saugzug), oder mit dem Ventilator reine Luft in eine Düse bläst und dadurch die Rauchgase ansaugt (indirekter Saugzug).

e) **Zubehör zur Kesselanlage.** Jede Kesselanlage muß mit den erforderlichen Speisevorrichtungen versehen sein. Zuweilen treten noch hinzu: Vorwärmer, Überhitzer und Apparate zur Reinigung des Speisewassers.

## I. Abschnitt.

# Der Wasserdampf.

**Allgemeines.** Dampf ist ein luftförmiger Körper, der durch Wärmezuführung oder Druckverminderung aus einer Flüssigkeit gebildet, sowie umgekehrt durch Wärmeentziehung oder Druckerhöhung flüssig gemacht werden kann.

### 1. Arten des Wasserdampfes.

Befindet sich in einem mit einem Kolben dampfdicht verschlossenen Gefäße Wasser unter einem bestimmten Drucke und wird es überhitzt, so beginnt bei einer ganz bestimmten Temperatur die Dampfbildung, wobei der Kolben in die Höhe geschoben wird. Die erzielte Temperatur bleibt immer dieselbe, so viel Wärme auch zugeführt werden mag, und zwar so lange, bis alles Wasser verdampft ist. Die Temperatur des Dampfes ist demnach bis hierher von der zugeführten Wärmemenge unabhängig und hängt nur von dem auf dem Wasser ruhenden Drucke, also von der Spannung ab, derart, daß jeder Spannung eine ganz bestimmte Temperatur entspricht. Man nennt solchen Dampf gesättigten Wasserdampf, weil der Raum, den er einnimmt, bei derselben Temperatur keinen Wasserdampf mehr aufnehmen kann.

Führt man gesättigtem Wasserdampfe noch weiter Wärme zu, so geht mit dem Augenblicke, in dem alles im Gefäße und im Dampfe enthaltene Wasser verdampft ist, der Dampf in den überhitzten Zustand über. Von diesem Augenblicke ab dient die bei konstantem Drucke weiter zugeführte Wärme nur dazu, die Temperatur des Dampfes zu erhöhen und sein Volumen zu vergrößern. — Überhitzten Dampf kann man auch dadurch erhalten, daß man den in einem Gefäße eingeschlossenen gesättigten Dampf sich ausdehnen läßt, also den Druck vermindert. — Stark überhitzte Dämpfe nennt man Gase.

Der aus dem Wasser durch Zuführung von Wärme erzeugte Wasserdampf kommt somit in zwei verschiedenen Zuständen vor: als gesättigter und als überhitzter Dampf.

Ein Wasserdampf ist gesättigt, wenn der Raum, den er einnimmt, bei derselben Temperatur keinen Wasserdampf mehr aufnehmen kann. Es

ist bei diesem Dampfe die Temperatur allein von seiner Spannung abhängig, wenn in dem Raume nicht noch andere Dämpfe oder Gase vorhanden sind. Ein Wasserdampf ist überhitzt, wenn der Raum, den er einnimmt, bei derselben Temperatur noch weiter Wasserdampf aufzunehmen vermag. Es ist dann die Temperatur des Dampfes höher, als sie bei gesättigtem Dampfe derselben Spannung sein würde.

Die Überhitzung des Dampfes bietet sehr wesentliche Vorteile. Erstens kann der überhitzte Dampf sowohl in der Leitung als auch noch im Dampfzylinder Wärme abgeben, ohne zu kondensieren, wodurch wesentliche Dampfverluste vermieden werden. Zweitens hat der überhitzte Dampf ein wesentlich größeres Volumen als der gesättigte Dampf, wodurch auch Dampf erspart wird.

Es kommt häufig vor, daß durch Einführung einer rationell eingerichteten Überhitzung eine Kohlenersparnis von 20% erzielt wird.

Dampf von mäßiger Überhitzung kann in den gewöhnlichen Dampfmaschinen ohne weiteres verwendet werden, bei hohen Überhitzungen bis zu Temperaturen von 350° sind die Maschinen besonders zu konstruieren.

## 2. Spannung und Temperatur des gesättigten Dampfes.

Die Spannung von Gasen und Dämpfen wird je nach der Stärke gemessen in Millimetern Wassersäule, Millimetern Quecksilbersäule oder in Atmosphären.

Als Druckeinheit wird der atmosphärische Luftdruck, bei 760 mm Quecksilbersäule und 0° C Temperatur gemessen, angenommen. Dieser Druck hat die Größe von  $\frac{76 \cdot 13,596}{1000} = 1,0333$  kg f. d. qcm. Meistens wird gesetzt 1 neue Atm. = 1 kg f. d. qcm. Diesem Drucke entspricht dann nicht mehr eine Quecksilbersäule von 760 mm, sondern eine solche von 735,5 mm.

Drückt man den Druck durch die Höhe einer Wassersäule aus, so erhält diese eine Höhe von  $\frac{76 \cdot 13,596}{100} = 10,333$  m für 1 Atm. Druck.

Geht man bei der Berechnung des Dampfdruckes vom Vakuum aus, so heißt er der absolute Dampfdruck, rechnet man ihn aber vom Atmosphärendruck, so nennt man ihn den Dampfüberdruck. Letzteren zeigen die Manometer an.

Die Spannung des gesättigten Wasserdampfes ist abhängig von der Temperatur und unabhängig von dem Volumen. Über den Zusammenhang zwischen Spannung und Temperatur sind auf Grund von Versuchen Formeln abgeleitet. Für den Gebrauch benutzt man Tafeln, die nach diesen Formeln berechnet sind. (S. 37, 3.)

### 3. Wärmemenge zur Bildung von Wasserdampf.

In einem Zylinder (Fig. 1) von 1 qm Querschnitt befinde sich 1 kg Wasser von  $0^{\circ}$  C. Dies nimmt im Zylinder einen Raum ein von der Höhe  $w=0,001$  m. Auf dem Wasser ruhe ein Kolben, der mit  $p$  kg belastet ist. Soll nun das Wasser verdampft werden, so muß man es zunächst auf die Temperatur  $t$  bringen, die dem Drucke  $p$  entspricht. Hierzu sind nach Regnault

$$q = t + 0,00002 t^2 + 0,0000003 t^3 = \approx t$$

Wärmeeinheiten notwendig.

Bei weiterer Wärmezufuhr tritt die Dampfbildung ein, ohne daß sich die Temperatur  $t$  ändert, bis das Kilogramm Wasser vollständig verdampft ist. Die hierzu erforderliche Wärmemenge werde mit  $r$  bezeichnet.

Um also 1 kg Wasser von  $0^{\circ}$  C in trockenem gesättigten Dampf bei dem konstanten Drucke  $p$  (für 1 qm) und der entsprechenden Temperatur  $t$  zu verwandeln, sind im ganzen

$$\lambda = q + r$$

Wärmeeinheiten zuzuführen.

Man nennt nun

- $\lambda$  die Gesamtwärme,
- $q$  die Flüssigkeitswärme,
- $r$  die Verdampfungswärme.

Die Gesamtwärme ist für verschiedene Flüssigkeiten verschieden. Für Wasser fand Regnault:

$$\lambda = 606,5 + 0,305 t .$$

Jedoch ist durch neuere Versuche festgestellt, daß die sich hieraus ergebenden Werte nicht ganz richtig sind. Die Verdampfungswärme ergibt sich aus  $r = \lambda - q$ .

Bei der Dampfbildung muß eine gewisse Arbeit aufgewendet werden, um die zwischen den kleinsten Wasserteilchen wirkenden Anziehungskräfte zu überwinden. Diese Arbeit nennt man die innere Arbeit und die dieser Arbeit entsprechende Wärmemenge die innere Verdampfungswärme, die mit  $\rho$  bezeichnet werde. Bei der Verdampfung in unserem Zylinder verschiebt sich aber auch der Kolben. Ist  $v$  der Raum, den der Dampf in dem Augenblicke einnimmt, in dem das letzte Wasserteilchen verdampft ist, so ist der Weg, den der Kolben beim Verdampfen des Wassers zurücklegte, gleich  $v - w = u$ , die dabei vom Dampfe auf den Kolben ausgeübte äußere Arbeit:

$$L = p(v - w) = p u$$

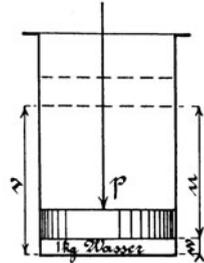


Fig. 1.

und die dieser Arbeit gleichwertige Wärmemenge oder die äußere Verdampfungswärme:

$$AL = A p u ,$$

wenn  $A = \frac{1}{427}$  das Wärmeäquivalent oder der Wärmewert der Arbeitseinheit ist.

Man nennt  $w$  das spezifische Wasservolumen und  $v$  das spezifische Dampfvolmen.

Die Verdampfungswärme  $r$  zerfällt demnach in zwei Teile, in die innere Verdampfungswärme  $q$  und die äußere Verdampfungswärme  $A p u$ , und es wird

$$\lambda = q + q + A p u .$$

Da die Wärmemenge  $A p u$  sofort zur Arbeitsverrichtung verbraucht wird, so sind in dem entstandenen Wasserdampfe nur noch die Wärmemengen  $q + q$  enthalten. Diesen Betrag nennt man die Dampfwärme  $J$  und es folgt:

$$J = q + q .$$

Das spezifische Dampfvolmen  $v$  von 1 kg in cbm ergibt sich nach Callender<sup>1)</sup> aus der Formel:

$$v - 0,001 = 47 \frac{T}{p} - 0,075 \left( \frac{273}{T} \right)^{1,0} .$$

Daraus findet sich dann die Dichtigkeit

$$\gamma = \frac{1}{v} .$$

Die Werte von  $\lambda$ ,  $q$ ,  $q$ ,  $A p u$ ,  $v$  und  $\gamma$  finden sich, für eine Reihe von Spannungen ausgerechnet, in der in 37, 3 abgedruckten Tabelle nach Dr. R. Mollier.

Ist  $t'$  die Temperatur des überhitzten Wasserdampfes,  $c_p$  die spezifische Wärme des überhitzten Wasserdampfes, so ist die Gesamtwärme des **überhitzten Wasserdampfes**:

$$\lambda' = \lambda + c_p (t' - t) .$$

Über die spezifische Wärme  $c_p$  des überhitzten Dampfes haben Professor Dr. Osc. Knoblauch und Dr. Max Jakob eingehende Versuche im Laboratorium für technische Physik der Kgl. Technischen Hochschule München angestellt, die mittlere spezifische Wärme für die Überhitzung

<sup>1)</sup> Siehe Prof. Dr. R. Mollier, Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf. Berlin 1906. Verl. Jul. Springer.

von  $t$  auf  $t'$  ist in folgender Tabelle für Wasserdampf verschiedener Spannung angegeben.

$p =$	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20 Atm. abs.
$t =$	99	120	143	158	169	179	187	194	200	206	211
$t' = 100$	0,463	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150	0,462	0,478	0,515	—	—	—	—	—	—	—	—
200	0,462	0,475	0,502	0,530	0,560	0,591	0,635	0,677	[0,751]	—	—
250	0,463	0,474	0,495	0,514	0,532	0,552	0,570	0,588	0,609	0,635	0,664
300	0,464	0,475	0,492	0,505	0,517	0,530	0,541	0,550	0,561	0,572	0,585
350	0,468	0,477	0,492	0,503	0,512	0,522	0,529	0,536	0,543	0,550	0,557
400	0,473	0,481	0,494	0,504	0,512	0,520	0,526	0,531	0,537	0,542	0,547

1. Beispiel. 5 kg Wasser von  $15^\circ \text{C}$  werden mit 10 kg Wasser von  $100^\circ \text{C}$  gemischt. Wie groß ist die Mischungstemperatur?

Die Flüssigkeitswärme der beiden Wassermengen ist angenähert gleich  $5 \cdot 15$  und  $10 \cdot 100$  WE. Nach der Mischung hat man, wenn man mit  $x$  die Mischungstemperatur bezeichnet,  $(5 + 10)$  kg Wasser mit der Flüssigkeitswärme  $(5 + 10) \cdot x$ . Geht bei der Mischung an Wärme nichts verloren, so ist:

$$5 \cdot 15 + 10 \cdot 100 = (5 + 10) x$$

$$x = \frac{75 + 1000}{15} = \underline{71,67^\circ \text{C}}.$$

2. Beispiel. Es sind 400 cbm Wasser von  $12^\circ \text{C}$  auf  $20^\circ \text{C}$  zu erwärmen, wozu Dampf von 6 Atm. absolut zur Verfügung steht. Wieviel kg Dampf sind hierzu notwendig?

Die Flüssigkeitswärme des Wassers beträgt  $400000 \cdot 12$  WE. Die Gesamtwärme des Dampfes beträgt, wenn  $x$  kg Dampf von 6 Atm. absolut zugeführt werden müssen,  $x \cdot \lambda = x \cdot 660,2$  WE. — Bei der Mischung kondensiert der Dampf, und man erhält nach der Mischung  $(400000 + x)$  kg Wasser mit  $\sim (400000 + x) \cdot 20$  WE Flüssigkeitswärme. Ohne Berücksichtigung der Wärmeverluste gilt somit die Gleichung:

$$400000 \cdot 12 + x \cdot 660,2 = (400000 + x) \cdot 20,$$

woraus 
$$x = \frac{400000(20 - 12)}{660,2 - 20},$$

$$x = \underline{\sim 5000 \text{ kg Dampf.}}$$

3. Beispiel. 1 kg Dampf von 1 Atm. absolut soll in einem Kondensator durch Mischung mit Wasser von  $15^\circ \text{C}$  in Wasser verwandelt werden. Wieviel kg Kühlwasser sind notwendig, wenn die gestattete Kondensatortemperatur  $40^\circ \text{C}$  beträgt?

In 1 kg Dampf ist die Gesamtwärme  $\lambda = 639$  WE enthalten und in  $x$  kg Kühlwasser die Flüssigkeitswärme  $15 \cdot x$ . — Nach der Kondensation hat man  $(x + 1)$  kg Wasser mit der Flüssigkeitswärme  $(x + 1) \cdot 40$ . — Ohne Berücksichtigung der Wärmeverluste hat man demnach:

$$639 \cdot 1 + 15 \cdot x = (1 + x) \cdot 40$$

$$x = \frac{599}{25} = \approx \underline{24 \text{ kg.}}$$

In der Praxis rechnet man das 25 bis 30fache des niederzuschlagenden Dampfes als Kühlwassermenge.

4. Beispiel. Einem Kessel werden in einer Stunde 700 kg Wasser von  $16^\circ \text{C}$  durch einen Injektor zugeführt. Die Temperatur des Speisewassers wird durch den Injektor auf  $50^\circ \text{C}$  erhöht. Wie groß ist der stündliche Dampfverbrauch des Injektors, wenn die Dampfspannung 7 Atm. Überdruck beträgt?

Das Speisewasser enthält angenähert die Flüssigkeitswärme von  $700 \cdot 16$  WE. Durch den Injektor werden dem Wasser von 1 kg Dampf von 8 Atm. absolut  $\lambda = 663,5$  WE zugeführt, von  $x$  kg Dampf mithin  $663,5 \cdot x$  WE. — Bei der Mischung kondensiert der Dampf, und man hat nach der Mischung  $(700 + x)$  kg Wasser von angenähert  $(700 + x) \cdot 50$  WE Flüssigkeitswärme. Ohne Berücksichtigung der Wärmeverluste besteht somit die Gleichung:

$$700 \cdot 16 + 663,5 \cdot x = (700 + x) \cdot 50,$$

woraus sich der stündliche Dampfverbrauch in kg zu

$$x = \frac{700 \cdot 34}{613,5} = \underline{38,8 \text{ kg}}$$

ergibt.

5. Beispiel. Ein Dampfkessel enthalte 9500 kg Wasser und 16 kg Dampf. Der Druck sei 8 Atm. absolut. a) Wieviel Wärme wird verfügbar, wenn der Druck durch plötzliche Dampfantnahme um  $\frac{1}{2}$  Atm. sinkt? b) Wieviel Dampf wird sich aus dem austretenden Wasser in der freien Luft bilden, wenn der Kessel bei einer Spannung von 8 Atm. zerspringt, und welchen Raum würde er ausfüllen?

a) Sinkt der Druck von 8 Atm. auf  $7\frac{1}{2}$  Atm., so werden aus 1 kg Wasser  $q = 171,7 - 168,9 = 2,8$  WE und aus 1 kg Dampf  $663,5 - 662,8 = 0,7$  WE frei. Aus dem gesamten Wasser werden also  $9500 \cdot 2,8 = \underline{26600 \text{ WE}}$  und aus dem gesamten Dampf  $16 \cdot 0,7 = \underline{11,2 \text{ WE}}$  verfügbar<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Hieraus ergibt sich die Bedeutung des Wasserinhaltes eines Kessels als Wärmespeicher und der Nutzen großer Wasserräume, bei deren Anwendung der Druck im Kessel nur verhältnismäßig wenig zu sinken braucht, um die erforderliche Nachverdampfung bei einer Dampfantnahme zu bewirken.

b) Die Flüssigkeitswärme bei 8 Atm. beträgt 171,7 WE, bei 1 Atm. 99,6. Es werden mithin durch Druckverminderung aus der gesamten Wassermenge frei:  $(171,7 - 99,6) \cdot 9500 = 684950$  WE. Diese Wärmemenge wird zur Dampfbildung benutzt. Letztere wird fort dauern, bis die Spannung auf 1 Atm. gesunken ist. Der Dampf bedarf aber zu seiner Bildung  $q + A p u = 539,7$  WE. Es werden mithin gebildet werden können  $\frac{684950}{539,7} = \underline{1268 \text{ kg}}$  Dampf. — Dieser Dampf hat einen Raum nötig von  $\frac{1268}{0,581} = \underline{2180 \text{ cbm.}}$

## II. Abschnitt.

# Die Brennstoffe und deren Verbrennung.

## 4. Die Brennstoffe.

### A. Feste Brennstoffe.

Sie enthalten außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zuweilen etwas Stickstoff, ferner hygroskopisches Wasser und verschiedene Mengen unorganischer Bestandteile, die bei der Verbrennung als Asche zurückbleiben.

1. Das Holz. Das Holz besteht im wesentlichen aus Holzfaser (Cellulose  $C_6H_{10}O_5$ ). Lufttrockenes Holz enthält 20%, frisch gefälltes Holz 40% hygroskopisches Wasser. Der Aschegehalt beträgt im Durchschnitt 1,5%; die Nadelhölzer geben weniger, die Laubhölzer mehr Asche. Der theoretische Heizwert, d. i. diejenige Anzahl Wärmeeinheiten, die bei der Verbrennung der Gewichtseinheit (1 kg) des Brennmaterials entwickelt würden, wenn die Verbrennung vollkommen wäre, beträgt 3000 bis 4000 WE. — Die Entzündungstemperatur des trockenen Holzes liegt bei 300° C. — Die Bedeutung des Holzes als Brennstoff für industrielle Zwecke ist gering.

2. Der Torf ist durch langsame Zersetzung von Sumpfpflanzen bei beschränktem Luftzutritte entstanden. Man unterscheidet nach Festigkeit und Zusammensetzung: Faser- oder Wurzelorf (der jüngste und leichteste), Speckorf (eine ältere Sorte) und Pechorf (der älteste und schwerste), nach der Gewinnungsweise: Stichtorf und Bagger- oder Streichtorf; verdichtet heißt letzterer Preßorf.

Torf enthält lufttrocken 25% hygroskopisches Wasser. Sein Aschegehalt beträgt 1 bis 30%, durchschnittlich rechnet man 6 bis 8% für Torf, der mit Vorteil zum Kesselheizen verwendet werden soll. — Der theoretische Heizwert beträgt durchschnittlich 3000 WE. — Die Entzündungstemperatur liegt bei 230° C. — Die Verwendung des Torfes ist nur eine örtliche.

3. Die Braunkohle ist ein älteres Zersetzungsprodukt wie der Torf. Sie besitzt braune Farbe, häufig deutlich wahrnehmbares Holzgefüge und beim Brennen scharfen, torfähnlichen Geruch. Man unterscheidet: Lignit

oder fossiles Holz, mit brauner Farbe und deutlichem Holzgefüge; erdige Braunkohle, als Brennstoff geringwertig, pulverig und glanzlos; muschlige oder gemeine Braunkohle, dunkelbraun bis schwarz, ziemlich fest und ein guter Brennstoff; Moorkohle, fast ohne alles Holzgefüge und der Steinkohle sehr ähnlich.

Der Gehalt an hygroskopischem Wasser beträgt 20%, der Aschegehalt 5 bis 10% und der theoretische Heizwert 2000 bis 5500 WE.

4. Die Steinkohle ist das wichtigste Brennmaterial. Sie ist wie die Braunkohle aus pflanzlichen und zum Teil tierischen Bestandteilen durch allmähliche Zersetzung bei hoher Temperatur, hohem Drucke und unter Entwicklung von gasförmigen Verbindungen namentlich des Wasserstoffes entstanden, wodurch sich der Wasserstoff verringerte, der Kohlenstoffgehalt dagegen erhöhte. — Die Steinkohle ist schwarz, glänzend, und, da sie älter als die Braunkohle ist, auch kohlenstoffreicher als diese.

Der Gehalt an hygroskopischem Wasser beträgt im Mittel 5%, der Aschegehalt im Durchschnitt 3 bis 7%, der theoretische Heizwert 4000 bis 8200 WE, für gute Kohle kann man im Mittel 7500 WE rechnen.

Nach dem Verhalten der Kohle beim Erhitzen unter Luftabschluß unterscheidet man Sandkohle, die nach dem Erhitzen eine völlig pulverige Masse bildet, — Sinterkohle, die sich beim Erhitzen zu einer aus kleinen Stücken bestehenden Masse verbindet, ohne sich aufzublähen, und — Backkohle, die beim Erhitzen zusammenschmilzt und sich stark aufbläht.

Nach der Größe der Flamme unterscheidet man langflammige, mittelflammige und kurzflammige Kohlen. Eine Kohle brennt mit um so größerer Flamme, je mehr überschüssigen Wasserstoff sie enthält. Sehr gasreiche Kohlen bezeichnet man als Gaskohle.

Nach des Ingenieurs Taschenbuch „Die Hütte“ lassen sich die Steinkohlen in bezug auf ihren Gehalt an vergasbaren Bestandteilen — zugleich dem geologischen Alter entsprechend — einteilen in:

a) Magere Anthrazitkohle, mit 5 bis 10% flüchtigen Bestandteilen; sie bedarf lebhaften Zuges, gibt wenig Flamme, keinen Ruß; als Hausbrand und zur Schachtfeuerung geeignet.

b) Gasarme (alte) Sinterkohle, mit 10 bis 15,5% flüchtigen Bestandteilen; für Dampfkesselfeuerungen und, mit gasreichen Sorten gemischt, zum Verkoken geeignet.

c) Gasarme (alte) Backkohle, mit 15,5 bis 33,3% flüchtigen Bestandteilen; mit einem Gehalte bis 20% als Schmiede- und Koks-kohlen, über 20% für Flammenfeuerung geeignet.

d) Gasreiche (junge) Backkohle, mit 33,3 bis 40% flüchtigen Bestandteilen, als Gaskohle geeignet.

e) Gasreiche (junge) Sinterkohle, mit 40 bis 44,4% flüchtigen Bestandteilen, für Flammenfeuerung geeignet. Grus zu Dampfkesseln; starker Rauch.

f) Gasreiche (junge) Sandkohle, mit 44,4 bis 50% flüchtigen Bestandteilen, für Flammenfeuerung geeignet; Grus zu Dampfkesseln; starker Rauch.

Die Steinkohle wird durch Siebe nach der Stückgröße getrennt in Stückkohle, Nußkohle I, II, III und IV und Staubkohle. Von Berg (Steinen) und Schwefelkies wird die Kohle durch Waschen mit der Setzmaschine befreit unter Benutzung der Differenz der spezifischen Gewichte von Kohle, Berg und Schwefelkies.

5. Der Koks wird aus backender oder sinternder Steinkohle durch starke Erhitzung bei Luftabschluß gewonnen, wobei die vergasbaren Bestandteile ausgetrieben werden. Er ist frei von dem Schwefelgehalte der Steinkohle und enthält neben den Aschenbestandteilen der Steinkohlen fast nur reinen Kohlenstoff. — Der Koks entwickelt bei der Verbrennung wenig Rauch, gibt verhältnismäßig wenig Schlacke und kann, da er für Luft durchlässig ist, in höherer Schicht als die Steinkohle verbrannt werden.

Der Gehalt an hygroskopischem Wasser beträgt 3 bis 5%, der Aschegehalt 6 bis 10% und der theoretische Heizwert 7000 WE.

### B. Flüssige Brennstoffe.

Von den flüssigen Brennstoffen wird das rohe Erdöl (Petroleum), die Erdölrückstände von der Brennöl- und der Schmieröldestillation angewendet. Die Verwendung des Petroleums beschränkt sich der Transportkosten und der Zölle wegen auf Gegenden in der Nähe des Fundortes.

Der theoretische Heizwert des Petroleums beträgt ungefähr 10000 WE.

### C. Gasförmige Brennstoffe.

Diese ermöglichen eine vollkommene Verbrennung der Heizstoffe mit geringen Luftmengen.

1. Die Gichtgase, das sind die den Hüttenöfen, wie Hochöfen, Koksöfen usw. entweichenden Gase. Sie enthalten neben einer Menge nicht brennbarer Gase Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffverbindungen und Wasserstoff.

Der theoretische Heizwert wird von F. H. Haase („Die Feuerungsanlagen“, Verlag von Otto Wigand, Leipzig) zu 450 bis 700 WE für 1 kg Gichtgase angegeben.

2. Die Generatorgase. Häuft man in einem schachtförmigen Ofen eine große Menge Brennstoff auf, so daß die Verbrennung nur unvollkommen ist, so entsteht bei der langsamen Verbrennung eines Teiles aus dem übrigen Teile des Brennstoffes das sogenannte Generatorgas, das außer Stickstoff im wesentlichen Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffe enthält.

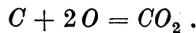
Der theoretische Heizwert beträgt nach F. H. Haase 600 bis 1100 WE für 1 kg Generatorgas.

Zur Erzeugung dieses Gases benutzt man minderwertige Brennstoffe, wie Kohlengrus, Torf usw.

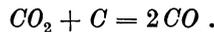
## 5. Der Verbrennungsvorgang.

Verbrennung nennt man die chemische Verbindung eines Körpers mit Sauerstoff unter Lichterscheinung und Wärmeentwicklung. Als brennbare Bestandteile der Brennstoffe kommen in Betracht der Kohlenstoff und der Wasserstoff, weniger der Schwefel.

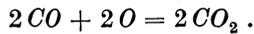
Der Verbrennungsvorgang ist folgender: Bei Brennstoffen, die fast nur aus *C* bestehen, verbindet sich der *C* bei ungefähr 700° C mit *O* zu Kohlensäure nach der Gleichung:



Die Kohlensäure trifft in der Regel in den oberen Schichten auf glühende Kohle und reduziert sich dadurch zu Kohlenoxyd nach der Gleichung:



Da die Entzündungstemperatur des *CO* nur 300° C beträgt, so vollzieht sich die Verbrennung desselben, wenn genug *O* hinzutritt, sehr leicht nach der Gleichung:



Dieser Vorgang kann sich öfter wiederholen.

Um bei diesen Brennstoffen eine vollkommene Verbrennung zu erzielen, wird es also nur nötig sein, eine genügende Menge Luft — entweder durch den Rost und die Kohlenschicht hindurch, oder oberhalb des Feuers — zuzuführen.

Anders verhält es sich bei den Brennstoffen, die außer Kohlenstoff noch Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, hygroskopisches Wasser und zuweilen Schwefel enthalten, wie bei Holz, Torf, Braunkohle und Steinkohle. Bei der Erhitzung dieser Brennstoffe, namentlich der Braunkohle und der Steinkohle, werden sehr verschieden zusammengesetzte Kohlenwasserstoffverbindungen frei, deren Siedepunkte sich in weiten Grenzen bewegen. Die meisten dieser Gase, so z. B. Methan  $CH_4$ , Äthylen  $C_2H_4$ , Acetylen  $C_2H_2$  usw. bleiben, selbst bis auf Lufttemperatur abgekühlt, noch flüchtig, mischen sich daher leicht mit dem Sauerstoff der Luft und verbrennen meistens vollständig. Einige von ihnen haben allerdings den Nachteil, sich bei den Temperaturen, die zur Verbrennung der schweren Kohlenwasserstoffe nötig sind, zu zersetzen. So bildet z. B. Äthylen in der Hitze nicht nur Naphthalin, sondern scheidet auch Kohlenstoff aus, der dann aber bei der hohen Temperatur meistens leicht verbrennt. Schwerer zu verbrennen sind jedoch die schweren Kohlenwasserstoffe, wie die Teerdämpfe, deren Siedepunkt über 300° C liegt.

Diese Temperatur ist beim einfachen Planrost nicht zu jeder Zeit im ganzen Feuerraum vorhanden, infolgedessen verdichten sich dann diese schweren Kohlenwasserstoffe leicht zu kleinen Teertröpfchen. Als dann aber ist ihre Verbrennung sehr schwer, weil nicht mehr, wie bei den reinen Gasen, das Bestreben des Brennstoffs, sich innig mit dem Sauerstoff der Luft zu mischen, vorhanden ist. Die Verbrennung von flüssigen Stoffen vollzieht sich wie die der festen nur an der Oberfläche und geht sehr langsam vonstatten. Aus allen Kohlenwasserstoffen verbrennt zunächst der Wasserstoff, und es scheidet sich fein verteilter Kohlenstoff aus, der, wenn die erforderliche Temperatur (etwa  $700^{\circ}\text{C}$ ) und genügend Sauerstoff vorhanden ist, weiter brennt und als fester Stoff das Leuchten der Flamme verursacht. Sinkt aber die Temperatur an einer Stelle im Verbrennungsraume unter die Entzündungstemperatur des Kohlenstoffes, oder mangelt es an Sauerstoff, so scheidet sich der Kohlenstoff als Ruß aus. Zur vollständigen Verbrennung der Kohlenwasserstoffe und zur Vermeidung von Rußbildung ist daher erforderlich: eine genügend hohe Temperatur im Verbrennungsraume, die Zuführung der richtigen, zur vollkommenen Verbrennung erforderlichen Luftmenge und gute Vermischung der Luft mit den zu verbrennenden Gasen.

## 6. Die Bestimmung des Heizwertes der Brennstoffe.

Die Bestimmung des theoretischen oder absoluten Heizwertes kann auf Grund der Elementaranalyse erfolgen.

Ein Kilogramm Brennstoff enthalte  $c$  kg Kohlenstoff,  $h$  kg Wasserstoff,  $o$  kg Sauerstoff,  $s$  kg Schwefel und  $w$  kg hygroskopisches Wasser. Der im Brennstoffe enthaltene Sauerstoff ist mit Wasserstoff zusammen verbunden zu Wasser  $\text{H}_2\text{O}$ , und zwar sind 16 Gewichtsteile Sauerstoff mit 2 Gewichtsteilen Wasserstoff verbunden. Es kommt also

auf 1 Gewichtsteil Sauerstoff  $\frac{1}{8}$  Gewichtsteil Wasserstoff  
 und „  $o$  kg „  $\frac{o}{8}$  kg „

Enthält der Brennstoff also  $o$  kg Sauerstoff, so sind damit  $\frac{o}{8}$  kg Wasserstoff schon verbunden, und es bleiben zur Verbrennung nur noch  $\left(h - \frac{o}{8}\right)$  kg Wasserstoff übrig.

Durch Versuche hat man nun festgestellt, daß bei der vollkommenen Verbrennung der Brennstoffe folgende Wärmemengen frei werden:

1 kg  $C$  verbrennt zu  $\text{CO}_2$  und liefert dabei rund 8100 WE,  
 1 kg  $H$  „ „  $\text{H}_2\text{O}$  „ „ „ „ 29000 „ „ , wenn das  
 Wasser in Dampfform entweicht,  
 1 kg  $S$  verbrennt zu  $\text{SO}_2$  und liefert dabei rund 2500 WE.

Bringt man noch 600 WE für die Verdampfung des hygroskopischen Wassers in Abzug, so erhält man für den theoretischen Heizwert  $W$  die von der gemeinschaftlichen Kommission des Vereines deutscher Ingenieure und des Verbandes der Dampfkessel-Überwachungsvereine aufgestellte Formel:

$$W = 8100 c + 29000 \left( h - \frac{o}{8} \right) + 2500 s - 600 w ,$$

nach der die Heizkraft eines Brennstoffes berechnet werden kann. Der berechnete Heizwert ist aber kein genauer, richtig kann er nur **kalorimetrisch** bestimmt werden. Es ist deshalb obige Formel nur dann zu benutzen, wenn kein einwandfrei ermittelter Wert des absoluten Heizwertes zu haben ist.

Die nutzbaren Wärmemengen, die man bei der Verbrennung gewinnt, sind stets viel kleiner, als die theoretischen Wärmemengen, weil auf dem Roste nie eine vollständige Verbrennung zu Kohlensäure möglich ist, weil nicht alle Gase vollkommen verbrennen, weil ferner die Verbrennungsprodukte eine ansehnliche Wärmemenge mit sich fortnehmen, und weil auch Wärme durch Strahlung und Leitung verloren geht. Bezeichnet man den Wirkungsgrad des Dampfkessels mit  $\eta$ , so werden nur  $\eta \cdot W$  Wärmeinheiten zur Dampfbildung verwandt. Der Wirkungsgrad  $\eta$  setzt sich zusammen aus dem Wirkungsgrade  $\eta_1$  der Feuerung und dem Wirkungsgrade  $\eta_2$  der Heizfläche und zwar ist:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 .$$

Man kann setzen: Für feststehende Kessel:

$$\eta_1 = 0,8 \text{ bis } 0,94 ; \quad \eta_2 = 0,60 \text{ bis } 0,9 ;$$

für bewegliche Kessel:

$$\eta_1 = 0,7 \text{ bis } 0,8 ; \quad \eta_2 = 0,65 \text{ bis } 0,7 .$$

Beispiel: Wie groß ist der theoretische Heizwert einer Steinkohle, die aus 81,75% C, 5,11% H, 9,09% O, 1,04% S, 1,66% Wasser und 1,35% Asche besteht?

Es ist:

$$W = 8100 \cdot 0,8175 + 29000 \left( 0,0511 - \frac{0,0909}{8} \right) + 2500 \cdot 0,0104 - 600 \cdot 0,0166$$

$$\underline{W = 7789 \text{ WE} .}$$

## 7. Die zur Verbrennung erforderliche Luftmenge.

Die zur Verbrennung einer gewissen Menge Brennstoffes erforderliche theoretische Luftmenge läßt sich wie folgt ermitteln:

1 kg Brennstoff enthalte  $c$  kg Kohlenstoff,  $h$  kg Wasserstoff,  $s$  kg Schwefel und  $o$  kg Sauerstoff.

1 kg Kohlenstoff bedarf zu seiner Verbrennung zu Kohlensäure ( $CO_2$ ) die aus 12 Gewichtsteilen  $C$  und 32 Gewichtsteilen  $O$  besteht,  $\frac{32}{12}$  kg Sauerstoff,  $c$  kg bedürfen  $\frac{32}{12} c = 2,67 c$  kg Sauerstoff.

1 kg freier Wasserstoff bedarf zu seiner Verbrennung zu Wasser ( $H_2O$ ), das aus 2 Gewichtsteilen  $H$  und 16 Gewichtsteilen  $O$  besteht,  $\frac{16}{2}$  kg = 8 kg Sauerstoff. Es sind  $h - \frac{o}{8}$  kg freier

Wasserstoff vorhanden, diese gebrauchen demnach  $8\left(h - \frac{o}{8}\right)$  kg =  $8h - o$  kg Sauerstoff.

1 kg Schwefel bedarf zu seiner Verbrennung zu Schwefligsäure ( $SO_2$ ), die aus 32 Gewichtsteilen  $S$  und 32 Gewichtsteilen  $O$  besteht,  $\frac{32}{32}$  kg = 1 kg Sauerstoff,  $s$  kg Schwefel bedürfen  $s$  kg Sauerstoff.

1 kg Brennstoff bedarf also zu seiner Verbrennung:

$$2,67 c + 8 h - o + s \text{ kg Sauerstoff,}$$

oder, da 1 kg Luft 0,23 kg Sauerstoff und 0,77 kg Stickstoff enthält:

$$L = \frac{2,67 c + 8 h - o + s}{0,23} \text{ kg Luft.}$$

Zur Umrechnung dieser kg Luft in cbm kann man die Zustandsgleichung der Gase in der Form  $V = \frac{G \cdot R \cdot T}{p}$  benutzen, worin  $V$  das Volumen in cbm,  $G$  das Gewicht in kg,  $T$  die absolute Temperatur,  $p$  der Druck auf 1 qm,  $R$  eine Konstante ist (für Luft ist  $R = 29,27$ ); oder man berücksichtigt, daß 1 cbm Luft von  $0^\circ$  und 760 mm Barometerstand 1,29 kg wiegt. Dann ist:

$$L_1 = \frac{2,67 c + 8 h - o + s}{0,23 \cdot 1,29} \text{ cbm Luft.}$$

In Wirklichkeit ist nun aber die nötige Luftmenge zur Erzielung einer vollkommenen Verbrennung bedeutend größer, weil bei festen Brennstoffen niemals zu jedem Kohlenstoffatom oder Wasserstoffatom ein entsprechendes Sauerstoffatom geführt werden kann, und weil die Luft auch eine große Menge indifferenten Gase enthält, die die chemische Verbindung verzögern. Die Luft ist deshalb stets im Überschuß zuzuführen. Es beträgt erfahrungsgemäß nach Weinling die zuzuführende Luftmenge

für deutsche Braunkohlen etwa  $m = 1,3$  bis  $1,5$

„ „ Steinkohlen „  $m = 1,7$  bis  $1,9$

der theoretischen.

An Verbrennungsprodukten hat man daher, da bei der Verbrennung nichts verloren geht und der Betrag der zurückbleibenden Asche und Schlacke vernachlässigt werden darf, für jedes kg Brennstoff im ganzen abzuführen:

$$G_1 = (1 + m L) \text{ kg.}$$

Beispiel. Wieviel cbm Luft von  $17^\circ \text{ C}$  sind notwendig, um 1 kg Steinkohlen von 81,75% *C*, 5,11% *H*, 9,09% *O*, 1,04% *S*, 1,66% Wasser und 1,35% Asche vollständig zu verbrennen?

Die theoretische Luftmenge ergibt sich zu:

$$L = \frac{2,67 \cdot 0,8175 + 8 \cdot 0,0511 - 0,0909 + 0,0104}{0,23} = \frac{2,5}{0,23} = \sim \underline{11 \text{ kg}},$$

oder zu:

$$L_1 = \frac{11}{1,29} = 8,42 \text{ cbm von } 0^\circ \text{ oder } = \frac{8,42 \cdot 290}{273} \\ = 8,95 = \sim 9 \text{ cbm von } 17^\circ \text{ C.}$$

Verwandelt man die 11 kg Luft nach der Zustandsgleichung der Gase in cbm, so erhält man:

$$V = \frac{GRT}{10333} = \frac{11 \cdot 29,27 \cdot (273 + 17)}{10333} = \underline{9 \text{ cbm.}}$$

## 8. Die Verbrennungstemperatur.

Die Verbrennungstemperatur  $t_1$  eines Brennstoffes ist die bei seiner Verbrennung erzeugte Temperatur in Graden C.

Genau kann man die Verbrennungstemperatur nur durch direkte Messungen bestimmen. Angenähert erhält man dieselbe in folgender Weise:

Zur Verbrennung von 1 kg Brennstoff sind  $mL$  kg Luft nötig, so daß  $(mL + 1)$  kg Verbrennungsprodukte entstehen. Da die festen Rückstände verhältnismäßig gering sind, so kann man demnach auch  $(mL + 1)$  kg Gase rechnen. Der größte Teil derselben ist atmosphärische Luft, mithin die spezifische Wärme der Verbrennungsgase auch  $c_p = 0,24$ . Bezeichnet man nun die Temperatur der Luft vor der Verbrennung mit  $t_a$  und die im Feuerherde mit  $t_1$ , so sind zur Erhöhung der Temperatur von  $(1 + mL)$  kg Luft von  $t_a^\circ$  auf  $t_1^\circ$  ohne Berücksichtigung der Wärmeverluste  $(1 + mL) \cdot c_p (t_1 - t_a)$  WE notwendig, und es folgt:

$$(1 + mL) \cdot c_p (t_1 - t_a) = W.$$

Da die Verbrennung aber stets unvollkommen ist, so werden nicht  $W$  Wärmeeinheiten, sondern nur  $\eta_1 \cdot W$  Wärmeeinheiten entwickelt, wenn  $\eta_1$  der Wirkungsgrad der Feuerung, d. i. das Verhältnis der aus 1 kg Brennstoff nutzbar entwickelten Wärmemenge zu dem theoretischen Heizwert  $W$  bedeutet. Ferner geht von  $\eta_1 W$  noch der Betrag ab, der sofort durch Strahlung an die direkte Heizfläche übergeht. Bezeichnet man den Aus-

strahlungskoeffizienten, d. i. das Verhältnis der ausgestrahlten Wärme zu der auf dem Roste nutzbar gemachten Wärme mit  $\sigma$ , so ist dieser Betrag  $\sigma \eta_1 W$ . Zur Temperaturerhöhung werden mithin nur verwandt  $\eta_1 W - \sigma \eta_1 W = \eta_1 W(1 - \sigma)$  und es wird

$$(1 + mL) \cdot c_p(t_1 - t_a) = \eta_1 W(1 - \sigma).$$

Hieraus folgt:

$$t_1 = t_a + \frac{\eta_1 W(1 - \sigma)}{(1 + mL) \cdot c_p}.$$

Den Wirkungsgrad der Feuerungsanlagen s. S. 15.

Das Ausstrahlungsverhältnis beträgt nach Pécelet

für Unterfeuerungen:  $\sigma = 0,2 \div 0,25$

„ Innenfeuerungen:  $\sigma = 0,25 \div 0,3$ ,

während man bei Vorfeuerungen:  $\sigma = 0$  setzen kann.

Beispiel. Ein kg Steinkohle habe die im Beispiele in 6. angegebene Zusammensetzung. Wie groß ist die Verbrennungstemperatur, wenn  $\eta_1 = 0,8$ ,  $t_a = 15^\circ \text{C}$ ,  $\sigma = 0,2$  und  $m = 1,9$  gegeben sind?

Es ist:

$$\begin{aligned} t_1 &= t_a + \frac{\eta_1 W(1 - \sigma)}{(1 + mL) \cdot c_p} \\ &= 15 + \frac{0,8 \cdot 7789(1 - 0,2)}{(1 + 1,9 \cdot 11) \cdot 0,24} \\ &= \underline{\underline{962^\circ \text{C}}}. \end{aligned}$$

## 9. Die Leistung des Brennstoffes.

Die von 1 kg Brennstoff erzeugte Dampfmenge, d. i. die Leistung des Brennstoffes, hängt von der Heizkraft des Brennstoffes, dem Wirkungsgrade der Kesselfeuerung, der Temperatur des Speisewassers und der Temperatur, bei der die Verdampfung eintritt, ab.

Um 1 kg Wasser von  $0^\circ \text{C}$  in Dampf von einer gewissen Spannung, entsprechend der Temperatur  $t$ , zu verwandeln, sind an Wärmeeinheiten nötig:

$$\lambda = q + \varrho + A p u.$$

Beträgt dagegen die Temperatur des Speisewassers  $t_0^\circ$ , so hat man nur

$$\lambda - t_0$$

Wärmeeinheiten aufzuwenden.

Werden nun von jedem kg Dampf  $w$  kg Wasser mitgerissen, so sind zur Bildung von 1 kg Dampf aus Wasser von  $t_0^\circ$  nötig:

$$\lambda_0 = \lambda - t_0 + w(t - t_0) \text{ Wärmeeinheiten}$$

und zur Bildung von  $x$  kg Dampf:

$$x \cdot \lambda_0 = x[\lambda - t_0 + w(t - t_0)].$$

Man kann bei feststehenden Kesseln  $w = 0,02$  bis  $0,06$  rechnen, bei Lokomotiven  $0,20$ .

Soll nun der Dampf überhitzt werden, so geht natürlich die Wärmemenge  $w(t - t_0)$ , die das mitgerissene Wasser erhalten hat, nicht verloren. Dieses Wasser wird vielmehr im Überhitzer verdampft, die Wärmemenge  $w(t - t_0)$  bildet einen Teil der Gesamtwärme des aus dem mitgerissenen Wasser zu bildenden Dampfes und braucht nicht besonders berechnet zu werden.

Zur Bildung von  $1$  kg Dampf sind dann, wenn  $t$  die Temperatur des gesättigten Dampfes,  $t'$  die Temperatur des überhitzten Dampfes ist, nötig:

$$\lambda'_0 = \lambda + c_p(t' - t) - t_0.$$

Ist nun die Heizkraft der Steinkohle  $= W$  Wärmeeinheiten, so wird nur der Teil  $\eta \cdot W$  wirklich zur Dampfbildung benutzt, und man findet die Anzahl  $x$  kg Dampf, die mit  $1$  kg des zur Verfügung stehenden Brennstoffes gebildet werden kann, aus der Gleichung

$$\eta \cdot W = x \lambda_0$$

zu:

$$x = \frac{\eta \cdot W}{\lambda_0} \text{ bei gesättigtem Dampfe}$$

und zu:

$$x = \frac{\eta \cdot W}{\lambda'_0} \text{ bei überhitztem Dampfe.}$$

Die Zahl  $x$  nennt man die Verdampfungsziffer. Aus dieser berechnet sich der gesamte Kohlenverbrauch, indem man diese Zahl in die zu bildende Dampfmenge dividiert. Sind z. B.  $1200$  kg Dampf stündlich zu erzeugen, so hat man bei der Verdampfungsziffer  $8$  oder bei  $8$ facher Verdampfung in der Stunde  $\frac{1200}{8} = 150$  kg Brennstoff nötig.

1. Beispiel. Für mittelgute Steinkohle ist  $W = 7500$ , der Wirkungsgrad des Kessels sei im Mittel  $\eta = \frac{2}{3}$ . Ferner sei  $t_0 = 15^\circ$  und  $w = 0,05$  (5% mitgerissenes Wasser) und die Dampfspannung  $p = 6$  kg/qcm absolut. Wie groß ist die Verdampfungsziffer  $x$ ?

Die Verdampfungsziffer  $x$  ergibt sich nach der Formel:  $x = \frac{\eta \cdot W}{\lambda_0}$ ,

da

$$\lambda = 660,2 \text{ WE,}$$

zu:

$$x = \frac{\frac{2}{3} \cdot 7500}{660,2 - 15 + 0,05(158 - 15)} = \underline{7,67 \text{ kg.}}$$

Vorliegender Kessel hat also eine  $7,67$  fache Verdampfung.

2. Beispiel. Wie groß wird die Verdampfungsziffer im vorliegenden Beispiele, wenn:

a)  $p = 10$  kg f. d. qcm absolut und wenn

b)  $t_0 = 80^\circ$ , d. h. die Speisewassertemperatur  $80^\circ$  C beträgt?

a) Für einen Druck von 10 kg f. d. qcm wird zunächst:

$$\lambda = 666,1$$

und hiermit:

$$x = \frac{\frac{2}{3} \cdot 7500}{666,1 - 15 + 0,05(179 - 15)} = \frac{5000}{659,3} = \underline{7,60 \text{ kg}},$$

also nur etwas weniger wie oben.

b) Bei einer Vorwärmung des Speisewassers auf  $t_0 = 80^\circ$  und einem Drucke von  $p = 10$  kg f. d. qcm wird:

$$x = \frac{\frac{2}{3} \cdot 7500}{666,1 - 80 + 0,05(179 - 80)} = \frac{5000}{591} = \underline{8,46 \text{ kg}}.$$

Hieraus erkennt man den Nutzen der Speisewasservorwärmung. Dazu kommt noch, daß bei Verwendung vorgewärmten Wassers die Kesselwände und die Nähte viel mehr geschont werden.

### III. Abschnitt.

## Die Feuerungsanlagen der Dampfkessel.

**Allgemeines.** Die Feuerungsanlagen der Dampfkessel bestehen aus der Feuerung, in der die Wärme entwickelt wird, den Heizkanälen oder Feuerzügen, in denen die Heizgase mit dem Kessel in Berührung treten und ihre Wärme abgeben, der Gasabführung und der Zugerzeugung.

### 10. Die Planrostfeuerung.

**Allgemeines.** Die Planrostfeuerung besteht aus dem Planrost, dem Feuergeschränk und der Feuerbrücke. — Der Planrost bildet eine Ebene, die horizontal oder wenig nach hinten geneigt ist. Er besteht aus mehreren nebeneinander gelegten Roststäben, die so gestaltet sind, daß zwischen ihnen der zum Durchtritt der Luft nötige Spielraum (die Rostspalten) bleibt. Die ganze Fläche des Rostes heißt totale Rostfläche, sie setzt sich zusammen aus der toten Rostfläche, die durch die Roststäbe, und der freien Rostfläche, die durch die Rostspalten gebildet wird. Die freie Rostfläche soll möglichst groß sein. Die Roststäbe liegen vorn auf der Schürplatte, die sich an das die Feuerung hier abschließende Feuergeschränk ansetzt, hinten auf der Feuerbrücke, die die Feuerung nach hinten abschließt, und dazwischen auf gußeisernen oder schmiedeeisernen Querbalken, den sogenannten Rostträgern.

Die seitliche und obere Begrenzung des Feuerraumes wird durch Mauerwerk oder Kesselblech gebildet. Unterhalb des Rostes liegt der Aschenraum.

Die Planrostfeuerungen zerfallen je nach der Lage der Feuerung zum Kessel in: Vorfeuerungen, Unterfeuerungen und Innenfeuerungen.

**Vorfeuerung.** Die Feuerung liegt vor dem Kessel. Ihre Wände werden aus feuerfesten Steinen gebildet. Die Höhe des Gewölbes hält man möglichst niedrig, um durch die im Mauerwerk aufgespeicherte Wärme den frischen Brennstoff rasch zu erwärmen. Obwohl man die beste Verbrennung in der Vorfeuerung erzielt, ist doch ihr Wirkungsgrad kleiner als bei der Innenfeuerung infolge der größeren Wärmeverluste nach außen und des größeren Brennstoffaufwandes zum Anheizen. Außer-

dem bedingt die Vorfeuerung höhere Anlage- und Unterhaltungskosten. Eine einfache Vorfeuerung zeigt Fig. 2<sup>1)</sup>. Die beiden Rosthälften werden abwechselnd beschickt.

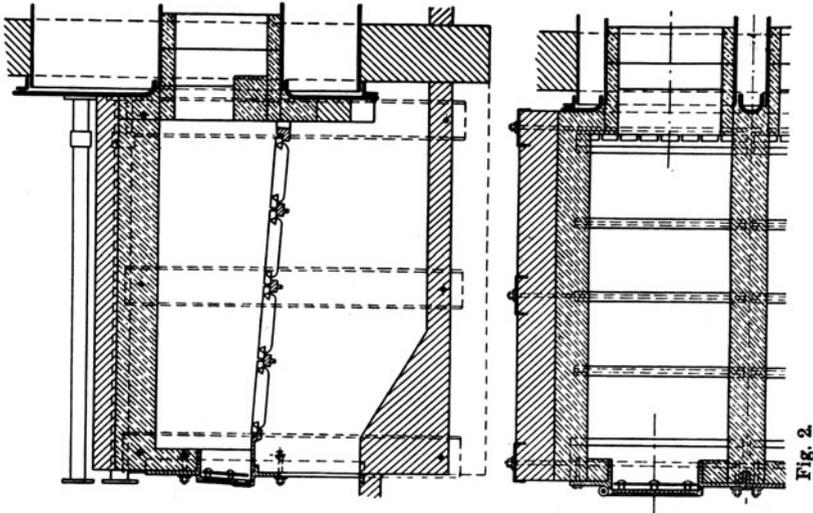


Fig. 2

**Unterfeuerung.** (Siehe unter anderen Tafel 10, Fig. 1, Tafel 18, Fig. 1.) Die Feuerung liegt unter dem Kessel. Die Entfernung des Rostes von der Kesselunterkante soll 0,5 bis 0,6 m sein,

damit die Bleche durch die strahlende Hitze nicht zu sehr leiden und die Flammen sich entwickeln können. — Besondere Schwierigkeit bietet die Anordnung dieser Feuerung bei Wasserrohrkesseln. Bei der hier üblichen Führung der Gase treten diese zuerst mit den

Röhren in Berührung und erleiden hierdurch eine bedeutende Wärmeentziehung, ohne vorher vollkommen zu verbrennen.

**Innenfeuerung.** Die Feuerung ist in den Kessel eingebaut. Durch diese Anordnung wird die entwickelte Wärme rasch in das Kesselwasser

<sup>1)</sup> Ausführung der Firma Jaques Piedboeuf, Aachen und Düsseldorf.

übergeführt und an Platz gespart. Auch bei dieser Feuerung sollte der Rost 0,6 m unter dem Kesselblech liegen. Die Feuerbrücke sollte 0,3 m hoch sein. Es ist das aber häufig nicht zu erreichen. Ist der vorhandene Platz nicht ausreichend, so ist der Rost nach hinten zu etwas geneigt anzuordnen.

**Einzelteile.** a) Das Feuergeschränk besteht aus Rahmen, Feuer- tür und Aschenfalltür.

Auf den Tafeln 1, 2 und 3 sind einige Feuergeschränke, teils mit Roststäben und Feuerbrücke, dargestellt.

Tafel 1, Fig. 1 zeigt ein Feuergeschränk für eine Vorfeuerung oder eine Unterfeuerung, wie es von der Prager Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft vorm. Ruston & Co. ausgeführt wird. Die oben angebrachten Heiztüren sind aus Gußeisen, die Aschenfalltüren aus Schmiedeeisen.

Tafel 1, Fig. 2 zeigt ein Feuergeschränk der Düsseldorf-Ratinger Röhrenkesselfabrik vorm. Dürr & Co. Die Schürplatte ist für zwei verschiedene Neigungen des Rostes eingerichtet.

Tafel 2 zeigt ein Feuergeschränk mit Rost und Feuerbrücke, geeignet für Flammrohre von 700 bis 750 mm Durchmesser<sup>1)</sup>.

Tafel 3 zeigt ein Feuergeschränk von der Kesselfabrik Ewald Berninghaus in Duisburg a. Rh. für ein Flammrohr von 1000 mm Durchmesser.

Tafel 4 zeigt in Fig. 1 ein gußeisernes Feuergeschränk mit Rost und Feuerbrücke für einen Seitrohrkessel mit Wellrohr.

**1. Der Rahmen.** Er besteht bei Innenfeuerungen aus Gußeisen oder aus Schmiedeeisen, bei Außenfeuerungen meistens aus Gußeisen. Die Befestigung des Feuergeschränkes geschieht am besten durch Verschraubung mit dem vorstehenden Teile des Flammrohres. Bei Außenfeuerungen wird das Feuergeschränk durch kräftige Anker mit dem Mauerwerk verbunden. Die Stärke des Rahmens beträgt 15 bis 25 mm.

**2. Die Feuertür.** Sie wird ein- und zweiflügelig, je nach der Breite des Rostes ausgeführt. Eine einflügelige Tür wird in der Regel 300 bis 500 mm breit und 250 bis 350 mm hoch, eine zweiflügelige Tür 450 bis 550 mm breit und 300 bis 350 mm hoch gemacht. Gewöhnlich nimmt man einflügelige Türen. — Hinter der Tür befindet sich im Abstände von meistens 40 bis 60 mm eine 10 bis 15 mm starke Schutzplatte aus Schmiedeeisen oder Gußeisen. Zur Kühlung dieser und der Tür erhält letztere ein oder mehrere Löcher behufs Zufuhr von Kühlluft, oder eine durch Rosette verschließbare Schauöffnung. (Siehe Tafel 4, Fig. 2, Heiztür von K. & Th. Möller, Maschinenfabrik, Brackwede.) Vorteilhaft ist schräge Anordnung der Türen, sowie ein gutes Bearbeiten der Flächen, mit denen die Türen am Rahmen anliegen, damit man bei eintretenden Betriebspausen die Luft vollständig abstellen kann. Das Material ist Gußeisen oder Schmiedeeisen.

<sup>1)</sup> Ausführung der Ascherslebener Maschinenbau-Aktiengesellschaft.

3. *Die Aschenfalltür.* Dieselbe kann ebenfalls einflügelig oder zweiflügelig ausgeführt werden. Bei Flammrohrkesseln bildet sie meist eine Klappe und erhält alsdann eine Vorrichtung zum Festhalten in beliebiger Lage. Auch bei der Aschenfalltür ist eine gute Bearbeitung der Dichtungsflächen sehr zu empfehlen. Das Material ist Gußeisen oder Schmiedeeisen.

b) Die Schürplatte ist eine etwa 250 mm breite und 20 mm starke gußeiserne Platte, die dem Heizer als Auflage für Schaufel und Schüreisen dient. Sie schließt sich direkt an den Rahmen an und ist mit diesem meist verschraubt. Bei seitlicher Begrenzung durch Mauerwerk wird die Schürplatte häufig seitlich eingemauert. Bei Innenfeuerungen ist meist mit der Schürplatte, mitunter auch mit dem Rahmen, ein Schutzbogen zum Schutze des vorderen Teiles der Flammenrohre verschraubt.

c) Die Roststäbe. (Fig. 3, 4 u. 5.) Die Roststäbe dienen zum Tragen des Brennstoffes. Ihre Form soll eine solche sein, daß die freie Rostfläche eine möglichst große ist. Die Höhe der Roststäbe macht man am besten — mit Ausnahme des Kopfes — überall gleich und zwar  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{6}$  der Länge, etwa in den Grenzen von 70 mm bis 120 mm. Hierdurch wird gleichmäßige Abkühlung des Roststabes, sowie gleichmäßige Vorwärmung der Luft und gute Lagerung der Roststäbe erzielt. Die von oben nach unten zu abnehmende Dicke der Roststäbe soll möglichst gering sein, um der Luft den Zutritt zu allen Brennstoffteilchen zu erleichtern.

Die Weite der Rostspalten richtet sich nach dem Brennstoff. Bei nicht Schlacke absonderndem Brennstoff ist die Weite so zu bemessen, daß nur Asche hindurchfallen kann. Scheidet der Brennstoff fließende Schlacke aus, so müssen die Rostspalten weit sein. Die Stärke des Roststabes richtet sich nach der Weite der Spalten.

Ist:  $s$  die Spaltenweite,  
 $d$  die obere Dicke des Stabes,  
 $l$  die Länge des Stabes, so kann man nehmen:

1. Für fette, backende Steinkohlen, die fließende Schlacke absondern:

$$s = 8 : 12 \text{ mm}; \quad d = 12 : 18 \text{ mm}; \quad l = 500 \text{ bis } 1000 \text{ mm.}$$

2. Für magere Steinkohlen ohne fließende Schlacke und für Braunkohlen:

$$s = 4 : 8 \text{ mm}; \quad d = 6 : 10 \text{ mm}; \quad l = 300 \text{ bis } 600 \text{ mm.}$$

3. für Kohlengrus, Lohe, Sägespäne:

$$s = 3 : 5 \text{ mm}; \quad d = 5 : 9 \text{ mm}; \quad l = 250 \text{ bis } 400 \text{ mm.}$$

Den Spielraum für die Längenausdehnung der Stäbe nimmt man  $\frac{1}{50}$  der Länge. — Das Material der Stäbe ist meist Gußeisen, und zwar werden sie durchweg mit harter Bahn gegossen, weil solche Stäbe weniger leicht

abbrennen und auf ihnen die Schlacke nicht so leicht festbrennt. Man bezieht die Stäbe am besten von Spezialfirmen für Roststäbe, weil diese besser wie die sonst Maschinenguß herstellenden Maschinenfabriken in der Lage sind, die für Roststäbe vorteilhafteste, möglichst phosphorarme Eisenmischung zu verwenden. Schmiedeeisen verwendet man bei dünnen Stäben, die meist aus einem entsprechend geformten Walzeisen ausgestanzt und zu drei oder vier zusammengenietet werden. Ferner wird noch Siemens-Martin-Stahl für hohle mit Wasser gekühlte Stäbe verwendet.

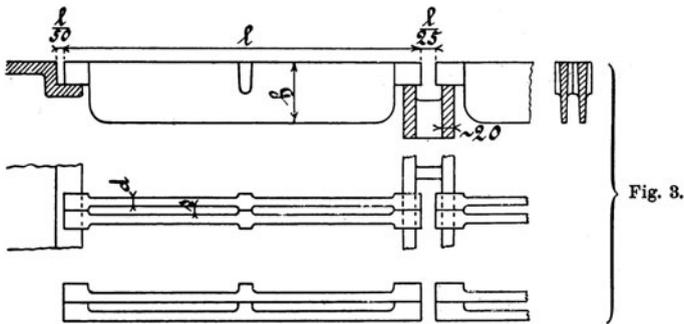


Fig. 3.

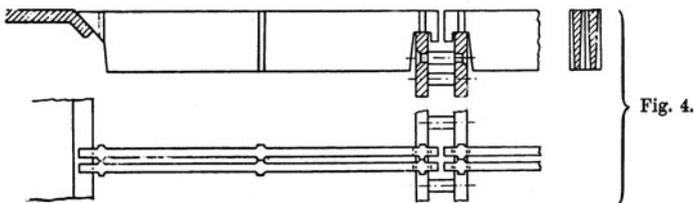


Fig. 4.

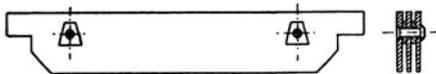


Fig. 5.

Fig. 3 zeigt einen gußeisernen Roststab, der nur für Kohle geeignet ist, die keine flüssige Schlacke absondert, sonst könnte sich der Spielraum am Ende der Stäbe leicht zusetzen, und die Ausdehnung des Stabes wäre dann verhindert. Für stark schlackende Kohle eignet sich besser der Roststab nach Fig. 4, an dessen Ende sich kein Zwischenraum zusetzen kann. Fig. 5 zeigt einen schmiedeeisernen Roststab.

Roststäbe, die von innen durch Luft oder Wasser gekühlt werden, um sie vor dem Verbrennen zu schützen, hatten sich bisher wenig eingeführt, da sie mit mancherlei Mängeln behaftet waren.

Neuerdings wird nun von den Deutschen Prometheus - Hohlrost - Werken in Hannover ein durch Wasser gekühlter Hohlrost gebaut, der die Mängel der bisherigen Hohlroste vollkommen vermeidet, der in kurzer Zeit vielfach Eingang gefunden hat und sich bisher sehr gut bewährt hat. Der Rost ist in Fig. 6 und 7 dargestellt. Die Roststäbe sind aus gewalztem Siemens-Martin-Stahl hergestellt und sind für den Durchfluß des Wassers in die zwei Kanäle *b* und *a* geteilt. Die Stäbe

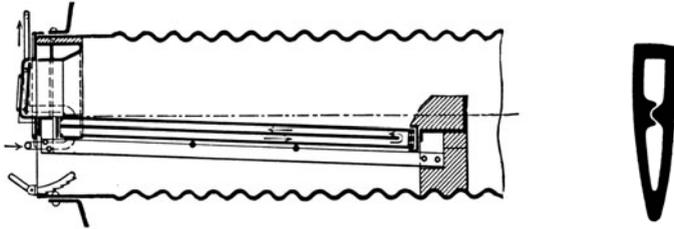


Fig. 6.

sind mit einem schmiedeeisernen, quer vor ihnen liegenden Wasserkasten autogen verschweißt, der in der Mitte durch eine horizontale Trennungswand in eine untere und eine obere Wasserkammer *C* und *C*<sub>1</sub> geteilt ist. Das Kühlwasser durchfließt die untere Wasserkammer *C*, den unteren Roststabkanal *b*, den oberen Roststabkanal *a* und schließlich die obere Wasserkammer *C*<sub>1</sub> und fließt dann zum Speisewasserbehälter.

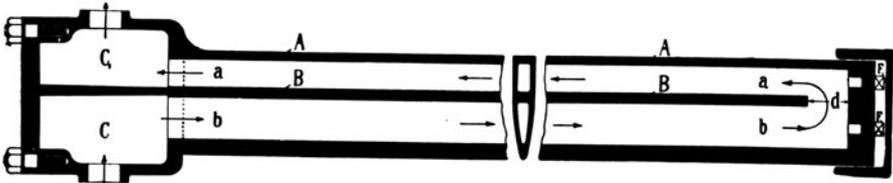


Fig. 7

Dieser Hohlrost hat den großen Vorzug, daß die Schlacke nicht festbrennen kann, sie bleibt vielmehr locker und porös, die Rostspalten bleiben stets offen, deshalb ist die Luftzufuhr eine gleichmäßigere, die Verbrennung eine bessere, es wird an Brennstoff gespart und die Leistungsfähigkeit des Rostes erhöht sich. Der Rost wird geschont, er kann nicht verbrennen und scheint eigentlich von unbegrenzter Lebensdauer zu sein. Die hinteren Enden der Roststäbe sind in einem durch die Feuerbrücke geschützten U-Eisen einzeln gelagert und kann sich deshalb jeder Stab für sich ausdehnen. Das Wasser wird in dem Roste in der Regel nur um 20–30° erwärmt, so daß ein Kesselsteinansatz ausgeschlossen ist. Die Kanäle bleiben auch erfahrungsgemäß vollkommen rein. Trotzdem ist für die Möglichkeit einer Reinigung durch abnehmbaren Deckel am

Verbindungskasten und durch mit Stopfen verschlossene Reinigungs-löcher an den Roststabenden gesorgt. Zum Kühlen des Rostes genügt eine Wassermenge, die kleiner ist als die für den zugehörigen Kessel erforderliche Speisewassermenge, so daß für den Rost ein Wasserverbrauch nicht in Anrechnung zu setzen ist.

Die Hohlroststäbe kommen in Längen von 5–6 m aus dem Walzwerk, werden dann auf die erforderliche Länge abgeschnitten und an der unteren Seite der Länge nach verschweißt. Darauf wird die Ausfräsung der Mittelrippe am hinteren Ende der Roststäbe vorgenommen und alsdann dieses hintere Ende des Roststabes mit den vorher bearbeiteten und mit Reinigungsöffnungen versehenen Roststabsköpfen durch Schweißung verbunden. Dann werden die Stäbe einer Kaltwasserdruckprobe von 10 kg/qcm unterzogen. Aus der Stirnwand der Wasserkammer werden die Hohlroststab-Profile herausgeschnitten, und zwar mit Erweiterung nach dem Kammerinneren zu, so daß, wenn die Stabenden in die Ausschnitte geschoben werden, um diesen Stabenden eine keilförmige Nut erscheint, die vom Kammerinneren her durch Schweißen ausgefüllt wird. Auf diese Weise entsteht eine vollkommen feste und dichte Verbindung der Kammer mit den Stäben.

d) Die Rostträger. Die Rostträger oder Rostbalken dienen zum Tragen der Roststäbe und sind nach ihrer Lage vordere, mittlere und hintere. Die vorderen Rostträger sind entweder gleichzeitig als Vorplatte (Schürplatte) konstruiert oder mit dieser durch Stehbolzen verbunden. Die hinteren Rostträger werden in gleicher Weise mit der Feuerbrücke vereinigt. Damit die Träger die tote Rostfläche nicht vergrößern, erhalten sie Luftspalten oder werden aus zwei Flacheisen hergestellt, die in kurzer Entfernung voneinander hochkant gelegt und durch einige wenige Stehbolzen miteinander verbunden werden.

e) Die Feuerbrücke. Die Feuerbrücke besteht bei Innenfeuerungen meist aus einer gußeisernen Platte mit aufgemauertem, womöglich 300 mm hoher, oben gar nicht oder wenig abgerundeter Querwand aus feuerfestem Material. Sie hat den Zweck, den Rost nach hinten abzugrenzen und zu verhindern, daß Brennstoffe in den ersten Zug gelangen. Bei Vor- und Unterfeuerungen besteht die Feuerbrücke dagegen fast immer ganz aus Mauerwerk. Durch die Höhe der Querwand soll die Luft gezwungen werden, senkrecht den Rost zu durchstreichen und sich innig mit den Rauchgasen zu mischen. Gewöhnlich ist die gußeiserne Platte vorn zur Auflagerung der Roststäbe ausgebildet und erhält bei Innenfeuerungen noch eine nach unten angegossene Wand zum Abschluß der Flammrohre, die meist mit einer Reinigungsklappe versehen ist.

f) Der Feuerraum. Der Feuerraum soll groß genug sein, um das Schüren des Feuers und die Entwicklung der Flamme zu gestatten. Seine Höhe muß deshalb um so größer sein, mit je größerer Schichtdicke der

Brennstoff aufzugeben ist und je mehr derselbe mit Flamme verbrennt. Außerdem ist die Höhe von der Art der Feuerung abhängig. Bei Innenfeuerungen ist der Raum so hoch wie möglich zu machen, um Brennstoff und Flamme dem abkühlenden Einflusse der kälteren Heizwände zu entziehen, jedoch ist man hier meistens durch die Form des Kessels sehr beschränkt. Bei der Unterfeuerung und Vorfeuerung ist die Erhöhung dadurch beschränkt, daß mit der Höhe auch die Größe der Seitenwand wächst, deren Erwärmung einen Wärmeverlust durch Leitung nach außen verursacht.

Wenn die Wände des Verbrennungsraumes nicht als Heizwände dienen, sollen sie stark und nur aus einem feuerfesten und schlechtleitenden Materiale hergestellt werden. Der hierdurch bedingte Wärmeverlust wird zum Teil aufgehoben durch die regulierende Mitwirkung der Wärme, die in den einwärts gelegenen Teilen aufgespeichert ist. Durch diese Wärme wird die Abkühlung des Raumes und somit die Rauchbildung nach einer Beschickung des Rostes vermindert.

Die Seitenwände werden aus unbehauenen Steinen — glatt und hart — womöglich nicht senkrecht zum Roste, sondern schräg zur Heizkanalwand überführend, ausgeführt (Tafel 10, Fig. 1).

Mit Rücksicht auf die Bedienung des Rostes — Reinigung von Schlacken und Beschickung mit Brennstoff in möglichst gleichförmiger dicker Schicht — soll die Gesamtlänge des Rostes nicht mehr als 2 m, die Breite nicht mehr als 1,5 m betragen. Ergibt sich eine größere Rostfläche, so ist eine Zerlegung in zwei oder mehrere Roste ratsam, bzw. es sind mehrere Heiztüren anzuordnen. Die Höhe des Rostes über dem Fußboden betrage etwa 750 mm.

**Bedienung des Planrostes.** Für diese gelten folgende Regeln:

1. Das Offenhalten der Feuertür zum Beschicken, Schüren und Abschlacken ist zu beschränken.
2. Der Brennstoff ist in kleinen Mengen, also in kurzen Zwischenräumen, möglichst rasch aufzugeben und zwar dann, wenn das Feuer in höchster Glut sich befindet. Die Schicht soll also möglichst wenig niederbrennen.
3. Der Brennstoff soll von möglichst gleichmäßiger Beschaffenheit sein und soll den Rost in möglichst gleichmäßiger Höhe bedecken.

**Vorteile** des Planrostes sind: große Einfachheit, Übersichtlichkeit und Haltbarkeit. Er läßt ferner die Verwendung beliebiger Steinkohlensorten zu und gestattet eine rasche Verstärkung der Feuerung.

**Nachteile** des Planrostes sind: die Bedienung des Rostes ist eine ungemein schwierige; das Einströmen von kalter Luft läßt sich während der Beschickung nicht ganz vermeiden, es sind somit Wärmeverluste unvermeidlich. Die Bildung von Rauch und Ruß läßt sich nur bei geeignetem Brennstoff und bei gleichmäßigem Betriebe vermeiden.

## 11. Die Treppenrostfeuerungen.

Die Treppenrostfeuerung dient zur Verbrennung von Braunkohle, Sägespänen, nur selten zur Verbrennung von Steinkohlen, in letzterem Falle hauptsächlich zur Verbrennung des nassen Schlammes, der bei Kohlenwäschen abfällt. Um das Durchfallen des Brennstoffes zu verhüten, sind die Rostspalten wagerecht oder wenig geneigt angeordnet, für den Rost ergibt sich somit eine schräge Lage. Um den Treppenrost auch zur Verbrennung grusiger Steinkohle verwenden zu können, hat man die Stufen selbst nach dem Feuer zu geneigt angeordnet, so beim Einbecker Stufenrost — um  $15^\circ$  geneigt gegen die Richtung der Treppe, die gegen den Horizont um  $50^\circ$  geneigt wird, — teils auch mit verschiedener Neigung, wie beim Münchener Stufenrost. Die Neigung wird angewandt, damit die sich hier mehr bildende Schlacke und die zusammensinternde Kohle sich weniger leicht festsetzt. Da aber die Neigung der Stäbe eine größere Berührungsfläche mit dem Brennstoff verursacht, so sind die Stäbe sehr der Abnutzung unterworfen.

Der Treppenrost hat den Vorteil, daß keine Brennstoffteilchen unverbrannt durch den Rost fallen können. Seine Bedienung ist eine einfachere und leichtere als die des Planrostes. Das Feuer kann leicht verstärkt werden und ist hierbei die Bildung von Rauch leichter zu vermeiden als bei dem Planroste. Er hat aber den Nachteil, daß er viel Raum bedarf, und daß der Rost dem Brennstoffe eine größere Berührungsfläche bietet, wodurch sich leichter Schlacke festsetzen kann und die Roststäbe leiden.

**A. Gewöhnlicher Treppenrost.** Auf Tafel 5 ist ein Treppenrost dargestellt, wie er von der Dampfkesselfabrik Carl Melzer in Halle a. S. gebaut wird. Der Brennstoff wird durch einen oberhalb des Rostes angebrachten Fülltrichter eingeführt. Die Roststäbe haben die Form rechteckiger Platten, die mit ihren Enden auf gußeisernen Wangen ruhen. Der obere Roststab erhält eine größere Breite und dient als Schürplatte. Die Treppenwangen lagern in einer Entfernung von 400 bis 600 mm voneinander auf eingemauerten, quergelegten Rostträgern. Das untere Ende des Rostes ist durch einen schmalen Planrost abgeschlossen, auf dem der Brennstoff vollständig ausbrennt und die Schlacke und Asche sich ansammelt. Um zu vermeiden, daß beim Entfernen der Rückstände kalte Luft in die Feuerung gelangt, befindet sich unter dem als Schieber ausgebildeten Schlackenroste ein Kasten, der durch einen nicht durchbrochenen Schieber mit dem Aschenfalle in Verbindung steht und meistens durch eine Klappe nach dem Heizerstande geöffnet werden kann. Der untere Schieber ist für gewöhnlich ein wenig geöffnet, um die zum Ausbrennen des Brennstoffes erforderliche Luft zu strömen zu lassen. Um abzuschlacken, schiebt man die volle Platte hinein und zieht den Planrost heraus, so daß Asche und Schlacke auf die Platte

fallen. Dann schiebt man den Rost wieder hinein und die Platte heraus, so daß Asche und Schlacke in den darunter liegenden Aschenfall gelangen.

Die Hauptverbrennung findet auf den Stufen des Rostes statt. Die Gase, die aus dem frisch eingeführten Brennstoffe entwickelt werden, müssen über den in bester Glut befindlichen Brennstoff streichen und verbrennen deshalb sehr gut. Vorteilhaft ist es, das Gewölbe über dem Feuer niedrig zu halten, damit die Glut besser gehalten wird und die Gase leichter entzündet werden.

Der Neigungswinkel beträgt gewöhnlich  $30^\circ$ . Die Gesamtlänge des Rostes sei  $\leq 2$  m, die Gesamtbreite  $\leq 1,3$  m. Die Roststäbe macht man 8 bis 12 mm stark und etwa 90 bis 120 mm breit. Die Stufenhöhe macht man etwa 30 bis 35 mm. Die Höhe des Feuerraumes soll im oberen Teile 250 bis 300 mm betragen, im unteren Teile ist eine größere Höhe erforderlich. Die freie Rostfläche beträgt bei den angegebenen Stärken der Roststäbe und den angegebenen Spaltenweiten  $\frac{2}{3}$  der totalen.

Nach Weinlich ergab sich bei Zweiflammrohrkesseln mit einem Verhältnis:  $\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Heizfläche}} = \frac{R}{H} = \frac{1}{26}$  bis  $\frac{1}{30}$  und einer stündlichen Verdampfung von 20 kg pro qm Heizfläche ein Wirkungsgrad von etwa 73%.

**B. Treppenrost von E. Völker in Bernburg (Tafel 8, Fig. 7).** Der zu verfeuernde Brennstoff — Braunkohle — wird in den oberhalb der Feuerung angebrachten Rumpf aufgegeben und beschickt von hier fast selbsttätig den Rost. Die Feuerung ist in 2 Teile geteilt, von denen der obere die Schwelabteilung bildet. Von hier tritt die Kohle auf den unteren Treppenrost, auf dem die vollständige Verbrennung derselben erfolgt. Die Gase aus beiden Abteilungen treten in die über dem Treppenroste liegende Verbrennungskammer. Die Schwelgase mischen sich auf diesem Wege zwischen den beiden Wehren *A* und *D* mit vorgewärmter Luft, so daß in der Verbrennungskammer sämtliche Gase zur vollkommensten Verbrennung gelangen. Rost und Kohlenwehr sind verstellbar, wodurch gleichmäßige Beschickung der Feuerung möglich und ein gleichmäßiger Gasstrom erzielt wird. Bei richtiger Einstellung der erforderlichen Luftmengen ist die Verbrennung vollkommen rauchfrei, auch ist ein Mitreißen von Flugasche bei richtigem Betriebe ausgeschlossen. Ein Nachteil dieser Feuerung sind die Unterhaltungskosten, die wegen der Erneuerung der Wehre denen der gewöhnlichen Treppenrostfeuerungen nicht nachstehen dürften.

**C. Münchener Stufenrost.** Derselbe ist speziell für die Verbrennung der oberbayrischen Klarkohle eingerichtet. Die flachen Roststäbe sind verschieden geneigt angeordnet und zwar derart, daß der Heizer imstande ist, von einem Punkte aus sämtliche Rostspalten zu überblicken. Der Verbrennungsraum ist nach hinten durch eine wenig vorgezogene Feuerbrücke abgeschlossen. Der Rostbalken ist hohl und

wird durch Luft gekühlt. Den Abschluß nach unten bilden die aus-  
 geschiedenen Schlacken. Der Rost läßt sich auch für böhmische Braun-  
 kohle, Holzabfälle, Lohe verwenden.

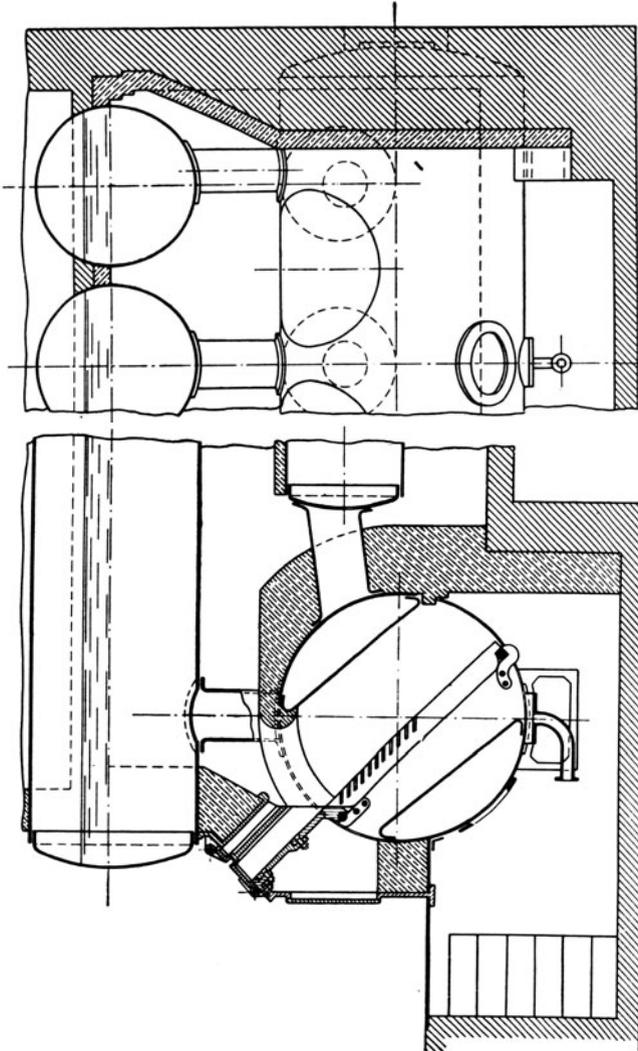


Fig. 8.

## 12. Die Schrägrostfeuerung.

Die wichtigste Schrägrostfeuerung ist die Tenbrink-Feuerung (Fig. 8). Der schräggestellte Rost, auf dem das Brennmaterial wandert, befindet sich in einem quer zum eigentlichen Kessel liegenden Walzen-

kessel, der zur Aufnahme des Rostes mit einem oder mehreren konischen oder zylindrischen Querrohren versehen ist. Die Neigung des Rostes

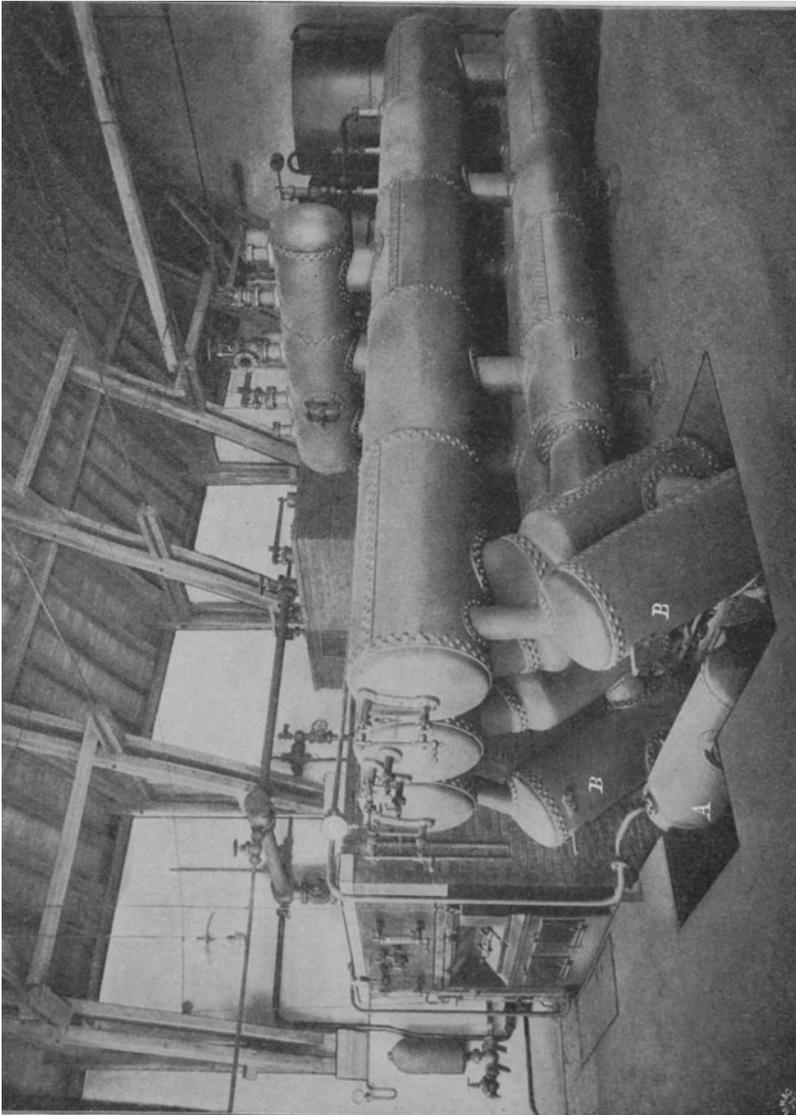


Fig. 9.

richtet sich nach der Art des Brennstoffes. Die Planroststäbe sind auf der oberen Hälfte mit horizontalen Stufen versehen, damit die frisch aufgeschüttete Kohle, die noch nicht gebackt oder gesintert ist, nicht un-

verbrannt durch den Rost fällt. Nach oben schließt sich an den Rost ein gußeiserner Schüttkasten an, der durch eine Platte in zwei Kanäle geteilt ist. Durch den unteren Kanal wird der Brennstoff eingebracht und rutscht aus diesem über die Schürplatte hinweg auf den Rost. Der untere Abschluß der Feuerung wird durch einen Schlacken- und Aschenhaufen bewirkt. Der Verbrennungsvorgang ist folgender: Auf dem oberen Teile des Rostes werden die Kohlen entgast. Von unten steigen die glühenden Verbrennungsgase über den frischen Brennstoff und entzünden die daraus frei werdenden Gase. Durch den über dem Schüttkanal liegenden Kanal tritt Luft ein, so daß die Gase vollkommen verbrennen können. Der Luftzutritt wird durch eine verstellbare Klappe geregelt. Bei wechselndem Dampfverbrauch wird die Verbrennung durch den Rauchschieber und die Dicke der Kohlschicht geregelt.

Die Vorzüge der Tenbrinkfeuerung sind rauchfreie Verbrennung bei geringem Luftüberschusse und eine hohe Ausnutzung des Brennstoffes. Der Wirkungsgrad ist ein sehr guter, bis 84%. Ein Nachteil ist, daß die Flammrohre an der oberen Krümmung der Zerstörung besonders stark ausgesetzt sind. Man schützt diese Stelle deshalb wohl durch eine Wulst aus feuerfestem Materiale.

Änderungen wurden an dieser Feuerung getroffen von Kuhn, der dem Tenbrinkroste gegenüber einen zylindrischen, mit Wasser gefüllten Kesselteil anordnete, ferner von der Eßlinger Maschinenfabrik, die gegenüber dem Roste schräggehende zylindrische Kesselteile aufstellte, so die gefährliche Ecke der ursprünglichen Tenbrinkfeuerung vermeidend und zugleich einen besseren Wasserumlauf im Kessel erzielend. Fig. 9 zeigt einen Kessel dieser Firma. Der eigentliche Rost ist herausgenommen. Um die Feuerung mehr zu einer Innenfeuerung zu machen, sind seitlich noch die Zylinder *B* und unterwärts der Vorwärmer *A* angebracht. Andere setzen den Rost vor ein Gewölbe aus feuerfesten Steinen. Letzteres hat sich jedoch nicht bewährt.

### 13. Besondere Einrichtungen der Feuerungen.

Die von Hand bedienten Feuerungen, besonders die gewöhnlichen Planrostfeuerungen stellen, wenn eine gute Verbrennung erzielt werden soll, an den Heizer große Ansprüche. Um von diesem unabhängig zu sein, hat man besondere Herdeinrichtungen und Heizmethoden ersonnen. Die wichtigsten sind:

**1. Beschränkung des Eintritts von kalter Luft beim Öffnen der Feuertür** durch Verbindung der Heiztür mit dem Rauchschieber oder mit einer Drosselklappe derart, daß beim Aufmachen der Heiztür der Rauchschieber oder die Drosselklappe geschlossen wird (Rheinische Appa-

rate-Bauanstalt in Brühl b. Köln). Zur leichten Regelung der Zugstärke ist die Einschaltung eines zweiten unabhängigen Rauchschiebers notwendig!

Die Dampfkesselfabriken von Jacques Piedboeuf in Aachen und Düsseldorf haben zuweilen eine hierher zu rechnende Zugabsperriklappe für Flammrohrkessel (Fig. 10 bis 12) gebaut, die nicht unbedeutende Vorteile bietet.

Hinter der Feuerbrücke ist eine drehbare Klappe angebracht, die vermittle einer unter dem Roste gelagerten Achse und eines Griffhebels geschlossen und geöffnet werden kann. Die Bewegung des Griffhebels

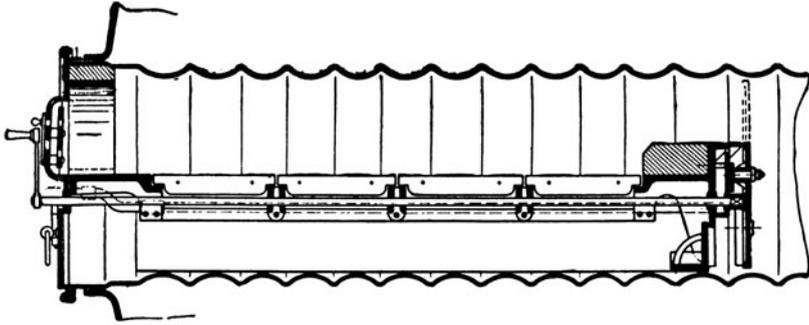


Fig. 10.

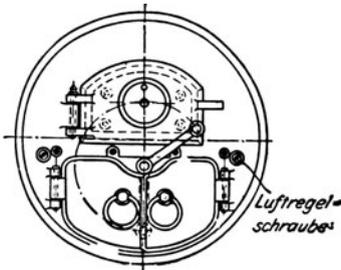


Fig. 11.

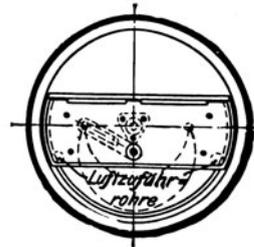


Fig. 12.

überträgt sich auf einen am anderen Ende der Achse sitzenden geschlitzten Hebel, in dessen Schlitz sich ein an der Drehklappe angebrachter Zapfen führt.

Das Öffnen der Heiztür kann erst erfolgen, nachdem man den Griffhebel durch einen leichten Stoß heruntergestoßen hat, dann hat sich die Klappe fast ganz geschlossen und läßt nur einen schmalen, ringförmigen Raum frei, eben genügend, den sich beim Beschicken bildenden Rauchgasen den Abzug zu gestatten. Hierdurch wird das Einströmen kalter Luft in den Verbrennungsraum verhindert. Zur Herstellung des zur Verbrennung nötigen Zuges muß der Heizer, nachdem die Feuertür geschlossen, den Hebel in seine ursprüngliche Stellung bringen.

Zwischen Klappe und Feuerbrücke ist noch eine Luflade angebracht, die durch zwei Rohre Luft empfängt und diese hinter der Feuerbrücke den Gasen zuführt.

Diese Zugabsperrung eignet sich vorzüglich für Flammrohrkessel und deren Zusammensetzungen mit anderen Kesselsystemen, da jedes Flammrohr für sich abgesperrt werden kann, während bei anderen derartigen Einrichtungen, die den Rauchschieber als Absperrorgan haben, jedesmal die ganze Feuerquelle gehemmt ist.

**2. Regelung des Zuges** durch eine Vorrichtung, die den Rauchschieber in einer gewissen einstellbaren Zeit zumacht, nachdem er vorher beim Aufwerfen von frischem Brennstoff ziemlich weit geöffnet worden ist. Gewähr dafür, daß Luftzufuhr und Luftbedarf einander, namentlich während der Entgasung, entsprechen, bietet der Apparat nicht. Meistens sind die Apparate auch gegen die Einwirkung von Staub und Schmutz sehr empfindlich und im Betriebe unbequem, so daß sie sich wenig im Gebrauch erhalten haben.

**3. Anordnung zweier Roste** — bei Unter- und Vorfeuerungen — nebeneinander oder untereinander und abwechselnder Beschickung, so daß sich die Gase der frisch beschickten Hälfte an den Flammen der anderen Hälfte entzünden. Derartige Feuerungen erfordern aufmerksame Bedienung, viele Reparaturen am Mauerwerke und haben sich deshalb nicht eingebürgert.

**4. Feuerungen mit Zufuhr** von mehr oder weniger vorgewärmter Oberluft, die während der Periode der Entgasung zur Verbrennung der entwickelten Kohlenwasserstoffe erforderlich ist. Eine fortdauernde Zufuhr von Oberluft bei periodischer Beschickung ist zu verwerfen. Die Luft ist derart zu führen, daß eine gute Mischung der Gase erzeugt wird und nicht nur eine Verdünnung des schon gebildeten Rauches, wodurch die Temperatur der Gase vermindert wird. Das Zuführen und Erwärmen der Oberluft kann in verschiedenster Weise erfolgen, häufig erfolgt es durch Kanäle in der Feuerbrücke. Eine derartige Konstruktion von Kowitzke zeigt Tafel 4, Figur 3. Die Feuerbrücke besitzt einen über die ganze Breite sich erstreckenden Schlitz, der von einer Menge von Querrippen durchsetzt ist. Die Feuerbrücke wird zur Zeit der höchsten Glut von den vorbeistreichenden Gasen bedeutend erhitzt und gibt ihre Wärme an die nunmehr durchströmende Luft ab, die in ihren Mengen durch Klappen selbsttätig oder von Hand aus reguliert wird.

Mit dieser Konstruktion sind bisher gute Resultate erzielt worden; die Rauchbildung kann fast ganz vermieden werden.

Eine sehr gute Konstruktion zeigt die rauchverhütende Planrostfeuerung mit Luftautomat von J. A. Topf & Söhne in Erfurt (Fig. 13 und 14). Über der Feuertür ist ein Luftzuführungsrohr angebracht, welches

oben mit einer Klappe zugedeckt ist. Wird die Feuertür nach dem vollständigen Öffnen wieder geschlossen, so wird diese Klappe geöffnet, und es strömt Luft durch das Zuführungsrohr in den oberen Teil des Feuerraumes. Bei Flammrohrkesseln tritt die Sekundärluft durch einen ringförmigen Kanal, der durch eine konzentrisch im oberen Teile des Flammrohres angebrachte gußeiserne Platte gebildet wird. In diesem ringförmigen Raume erwärmt sich die Luft, gleichzeitig den gußeisernen Einsatz

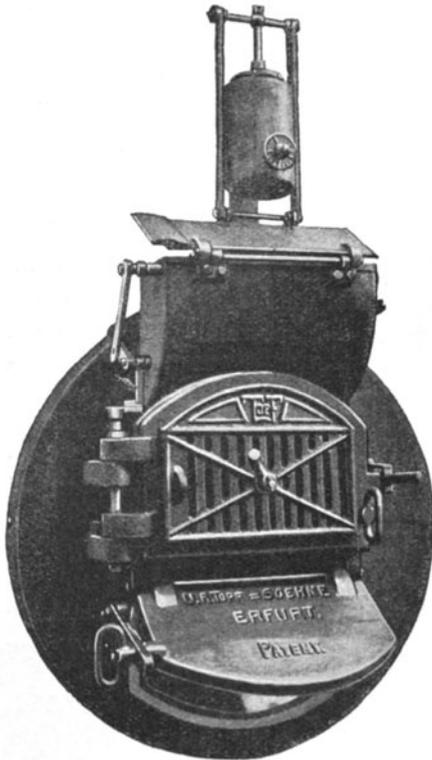


Fig. 13.

kühlend. Bei Vor- oder Unterfeuerungen tritt an Stelle der gußeisernen Platte ein Gewölbe aus feuerfesten Steinen. Die Menge der einströmenden sekundären Luft wird dadurch selbsttätig reguliert, daß auf die Klappe ein Ölzyylinder montiert ist, der ein langsames Schließen derselben bewirkt. Durch Einstellen eines am Umströmungskanal des Zylinders angebrachten Ventiles läßt sich die Zeitdauer des Schließens der Klappe so regulieren, daß die sekundäre Luft nur während der Entgasungsperiode der frisch aufgeworfenen Kohlen eintritt. Da die vorgewärmte Luft in der ganzen oberen Breite des Feuerraumes austritt, so mischt sie sich innig mit den nach oben drängenden Gasen, die dann vollkommen rauchfrei verbrennen.

**5. Feuerungen mit mechanischer Beschickung.** Eine der bekanntesten und viel verbreitete Feuerung dieser Art ist die

Leach-Feuerung, wie sie von der Sächsischen Maschinenfabrik in Chemnitz vorm. Rich. Hartmann ausgeführt wird.

Wie Tafel 4, Fig. 4 erkennen läßt, gelangt die in den Trichter eingebrachte Kohle in die Zellen der Speisewalze und wird von diesen in das Wurfradgehäuse entleert, von wo sie durch zwei Schaufeln in den Feuerraum geworfen wird. Dabei fliegen die Kohlenstücke teilweise gegen eine Prellklappe, die dadurch, daß ihre Neigung sich fortwährend ändert, eine gleichmäßige Verteilung über den Rost bewirken soll. Der Antrieb der ganzen Vorrichtung erfolgt von einer durch Maschinenkraft angetriebenen

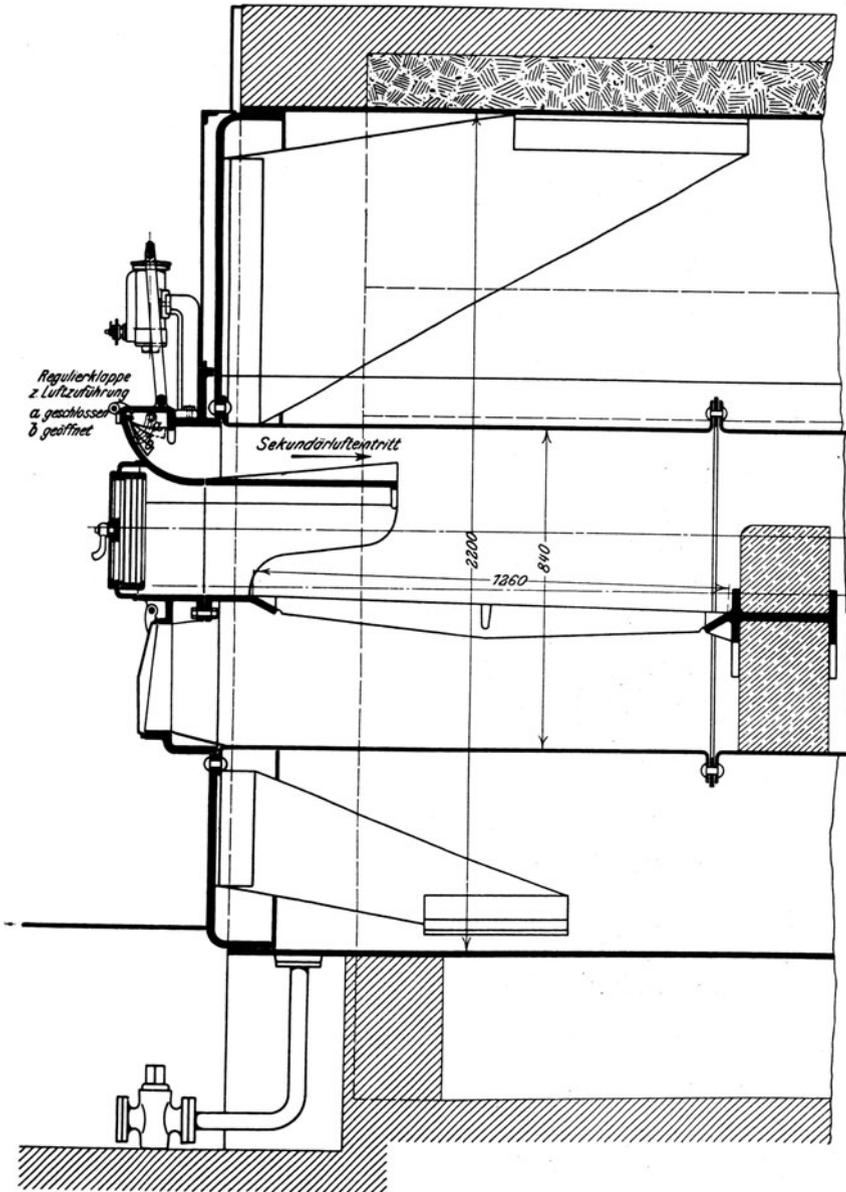


Fig. 14.

Welle. Die Vorrichtung hat sich gut bewährt und gibt bei Verwendung von geeigneten Kohlsorten — Nußkohle von 6 bis 20 mm Korngröße — und bei sachgemäßer Überwachung gute Resultate.

Da die Beschickung dieser Feuerung eine stetige ist, kommt man mit einem geringen Luftüberschusse aus, und ist die Temperatur der Heizgase eine weit höhere als beim einfachen Planroste. Hierdurch wird ein guter Wirkungsgrad der Kesselanlage bewirkt, und die Feuerung kann nicht rauchen.

Ähnlich ist der mechanische Rostbeschickungsapparat „Katapult“ der Firma J. A. Topf & Söhne in Erfurt (Fig. 15). Die Kohle wird hier durch einen schieberartigen Speiseapparat vom Trichter nach dem

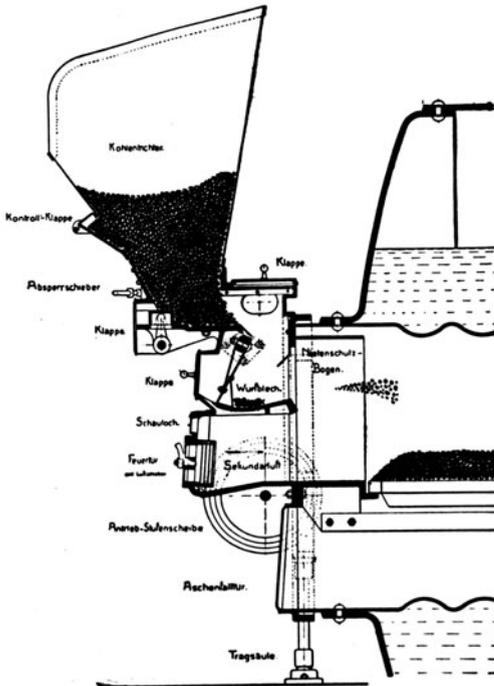


Fig. 15.

Wurfapparat gefördert. Dieser Wurfapparat ist aber nicht eine rotierende Wurfgeschäufel, sondern ein hin und her bewegtes Wurfblech, welches sich langsam zurückzieht und dann plötzlich unter der Wirkung einer starken Feder vorschnellt und die Kohle in die Feuerung hineinwirft. Damit die Kohle über die Breite des Rostes zerstreut wird, ist das Wurfblech mit einer dachförmigen Nase versehen, und damit die Kohle über die Länge des Rostes richtig verteilt wird, wird die Feder nach drei verschiedenen Stufen gespannt, wodurch auch die Schläge des Wurfblechs verschieden kräftig wirken und die Kohle einmal ganz nach hinten, einmal in die Mitte des Rostes und einmal vorn auf den Rost geworfen wird.

Da aber trotzdem bei langen Rosten und ungleichmäßigem Brennstoff vorn mehr auf den Rost fällt als hinten, so hat die Firma noch die Einrichtung getroffen, daß der Speiseapparat der Wurfgeschäufel die Kohle in drei verschiedenen großen Mengen dergestalt zuführt, daß die Wurfgeschäufel bei der geringsten Spannung der Feder die kleinste Brennstoffmenge, bei der stärksten Spannung die größte erhält.

Unterhalb des Wurfapparates ist eine Feuertür angebracht, durch die im Notfalle eine Bedienung des Rostes von Hand erfolgen kann und durch die der Rost abgeschlackt werden kann.

Der Katapult kann zur Verfeuerung der verschiedenen Kohlsorten

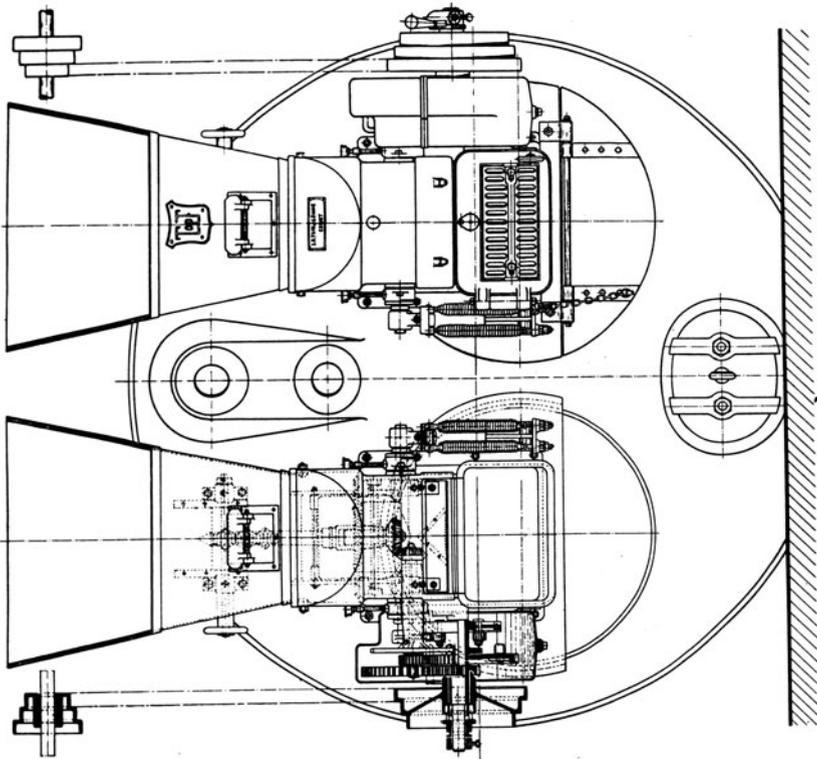


Fig. 17.

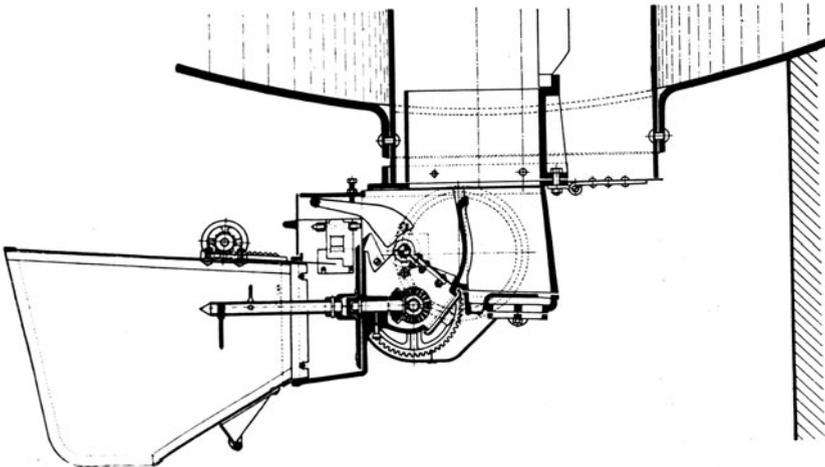


Fig. 16.

mit kleinerer Körnung bis zu ca. 60 mm angewandt werden. Außerdem liefert die Firma J. A. Topf & Söhne einen Apparat „Ballist“ (Fig. 16 und 17), mit dem alle Kohlsorten von 0–100 mm Körnung verfeuert werden können. Dieser Apparat besitzt als Speisevorrichtung eine sich mit Unterbrechungen drehende Gußeisenscheibe, einen Tellerschieber, mit drei angegossenen Nocken, durch die der Brennstoff mitgenommen, von einem festen Abstreifer abgestreift und mit Hilfe eines verstellbaren Leitbleches vor die Wurfschaufel gefördert wird. Der Tellerschieber dreht sich mit drei verschiedenen Geschwindigkeiten und fördert einmal eine große, eine mittlere und dann eine kleine Brennstoffmenge, entsprechend den verschiedenen Wurfweiten der Wurfschaufel.

Falls eine stark genäßte, feinkörnige und zu Stauungen im Trichter neigende Kohle zur Verfeuerung kommt, kann jederzeit ein Rührwerk auf den Tellerschieber des Apparates aufgesetzt werden, das die Kohlen im Trichter durchschneidet und so zum Nachfallen zwingt.

Beide Feuerungsarten der Firma J. A. Topf & Söhne werden auch mit regulierbarer, sekundärer Luftzufuhr versehen.

Als Antriebsmechanismus sind zwei Stirnräderpaare angewendet, die gemeinsam mit den Antriebs-elementen für Wurf- und Speiseapparat in gußeisernen, staubdichten Schutzgehäusen gelagert werden und im Ölbad laufen. Für die Wurfschaufelwelle sind drehbare Lager angewendet.

Hierher gehört auch der Rostbeschickungsapparat der Firma M ü n c k n e r & Co. in Bautzen (Fig. 18 und 19). Für jede Feuerungsöffnung ist ein besonderer Apparat vorgesehen. Die Kohle wird entweder von Hand oder mittels mechanischer Kohlentransport-Vorrichtung in den Kohlen-trichter *T* befördert. Von hier aus rutscht dieselbe in den Kohlenzuführungskasten *Z*. In letzterem ist ein Ringschieber *R* gelagert, welcher, angetrieben durch die senkrechte Welle *W*, eine drehende, hin und her gehende Bewegung ausführt. Dabei schiebt der Schieber einmal links, einmal rechts eine ganz bestimmte Kohlenmenge der Überfallnase *N* zu und über diese hinweg auf die Wurfplatte *W<sub>p</sub>* vor die Wurfschaufel *S*. Eine Leitschaufel *L* ist so angebracht, daß die Kohlen stets mitten vor die Wurfschaufel fallen. Die Wurfschaufel, die die Kohlen auf den Rost wirft und dort gleichmäßig zerstreut, wird durch einen Federmechanismus in Verbindung mit einem Knaggenrad und Daumen, welcher letzterer auf der Wurfschaufelwelle angebracht ist, bewegt. Das Knaggenrad hebt bei seiner Drehung den Daumen hoch, bewegt dadurch die Schaufel in ihre hinterste Stellung und spannt hierbei den Federmechanismus. Ist dies geschehen, bringt der Kohlenschieber ein bestimmtes Kohlenquantum vor die Schaufel. Nachdem nun durch Weiterdrehen des Knaggenrades der Daumen vom Knaggenrad abgeglitten ist, führt die Schaufel einen Schlag aus und streut die Kohle entsprechend der augenblicklichen Feder-spannung auf einen bestimmten Teil des Rostes. Durch Anwendung

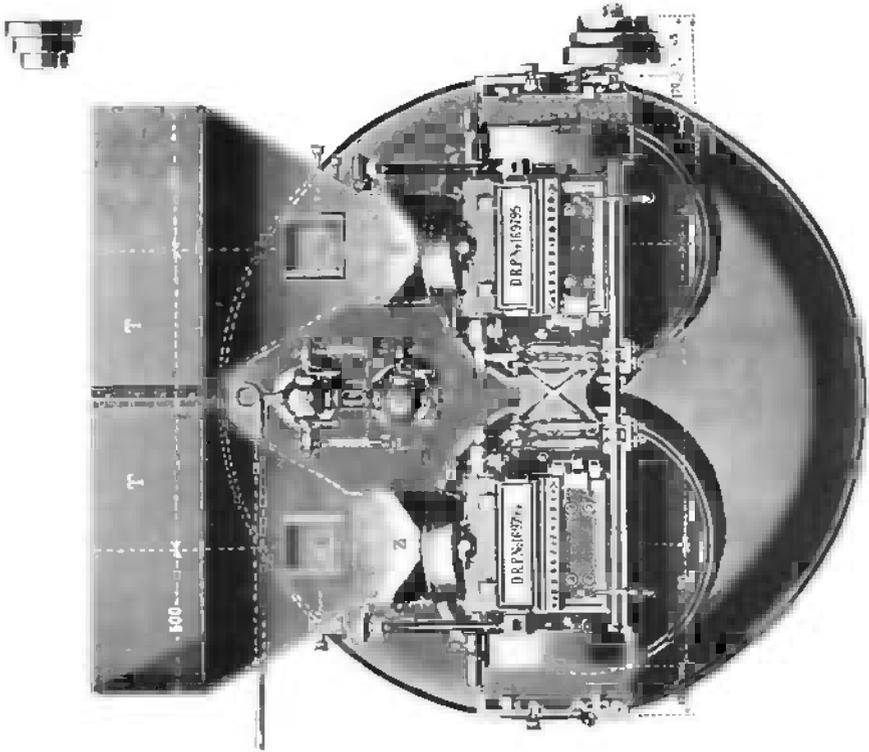


Fig. 19.

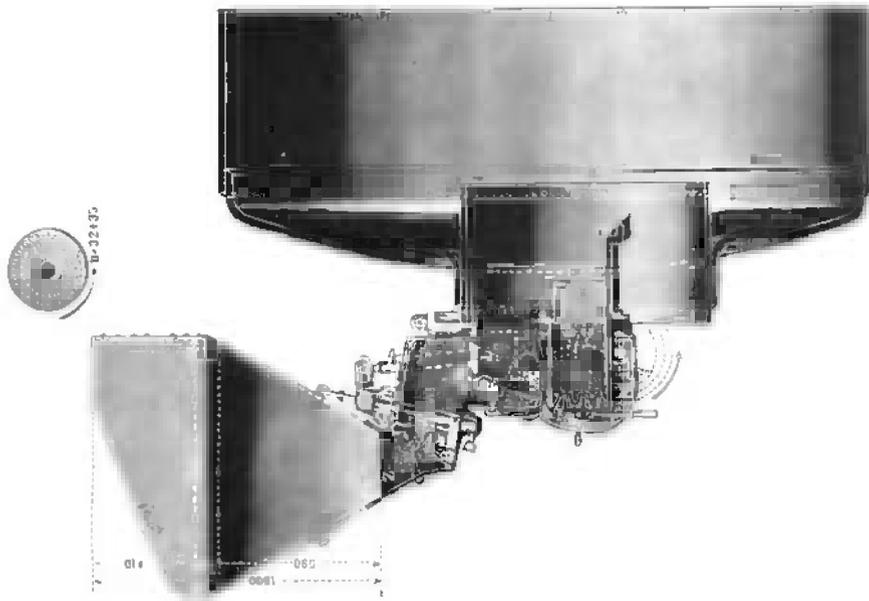


Fig. 18.

dreier verschiedener Knaggen wird der Rost abwechselnd vorn, in der Mitte und hinten beworfen. Der Federmechanismus besitzt Doppelfedern, wodurch die Schaufel einen sehr konstanten, kräftigen Schlag erhält. Letzteres ist erforderlich, um die Arbeit der Schaufel unabhängig von dem jeweiligen Kohlenquantum zu machen, welches sich vor der Schaufel befindet. Unter der Wurfplatte befindet sich noch eine Feuertür *Th*, die zum Abschlacken des Feuers und zum eventuellen Beschicken des Rostes von Hand dienen soll. Die Tür ist mit einer verstellbaren Vorrichtung zum Zuführen sekundärer Luft versehen.

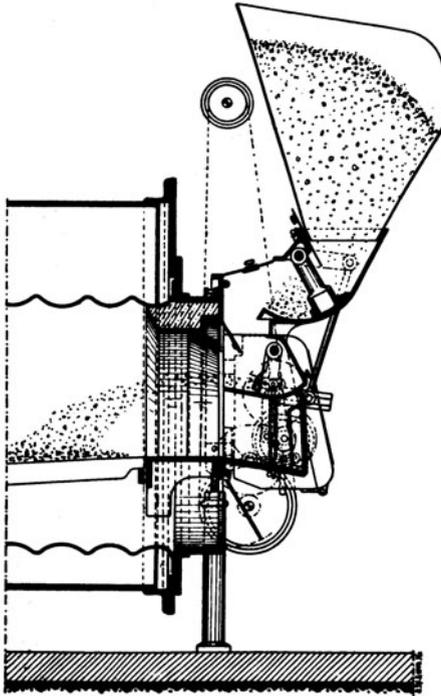


Fig. 20.

Der Antriebsmechanismus besteht lediglich aus Stirnzahnrädern, die in einem gußeisernen Gehäuse staubdicht eingekapselt sind. Dieses Gehäuse ist mit einem dicht schließenden Deckel versehen, der leicht zu öffnen ist. Die Schmierung ist, soweit möglich, automatisch und derart angeordnet, daß auch die Zahnräder gut geschmiert laufen. Der Antrieb der stehenden Welle des Schiebers erfolgt durch zwei Kegelsegmente, die mittels eines Hebels vom Getriebekasten aus angetrieben werden. In diesem Getriebekasten befinden sich zwei Zahnräderpaare. Das eine derselben ist mit einer Kurve versehen und dient zur periodischen Bewegung des Ringschiebers, das zweite zur Bewegung

der Wurfchaufel bzw. zum Spannen des Federmechanismus. Das oben erwähnte Knaggenrad ist mit diesem zweiten Zahnräderpaar zusammengebaut. Die einzelnen Knaggen sind in Höhe verstellbar angeordnet, wodurch ein Einregulieren der Wurfchaufel bei Inbetriebsetzung des Apparates bzw. bei Änderung der Rostlängen ermöglicht wird.

Eine andere, viel verbreitete Wurffuerung ist diejenige der Maschinenfabrik C. H. Weck in Dörlau bei Greiz i. V. (Fig. 20). Der Speiseschieber ist bei dieser Feuerung ein Bogenschieber, der aus einem keilförmigen Körper besteht und sich auf der zentrisch rund ausgebildeten Bodenfläche des Kohlentroges hin und her bewegt. Die

Bewegung des Schiebers erfolgt durch einen an einer Seite des Kohlentroges angebrachten Hebel. Das Streuen der Kohle wird durch einen Federmechanismus bewirkt, der je nach den Verhältnissen mit einfachen oder doppelten Federn ausgerüstet ist. Das Spannen der Federn wird durch ein Knaggenrad mit verschieden hohen, für die Montage leicht einstellbaren Knaggen bewirkt, das je nach den Verhältnissen mit zwei oder drei Knaggen und bei Rosten von über 2000 mm Länge mit vier Knaggen ausgerüstet ist, um die Kohle gleichmäßig über den ganzen Rost zu verteilen.

Der Antrieb erfolgt mittels Stirnrädern, die durch Eintauchen in Ölpfannen selbsttätig geschmiert werden und staubsicher eingekapselt sind.

Auf einem anderen Prinzipie beruhen die Ketten- und Wanderroste, auch Förderroste genannt. Der Rost bildet hier eine endlose Kette, die sich langsam vorwärts bewegt. Der frische Brennstoff gelangt aus einem Trichter vorn auf den Rost und bildet beim Weitergehen des Rostes ein breites Band von gleichmäßiger Stärke. Vorn findet die Erwärmung und Entgasung des Brennstoffs statt, weiter nach hinten ist der Brennstoff in voller Glut und ganz hinten ist der Brennstoff ausgebrannt und ist fast nur noch Asche und Schlacke vorhanden. Die Verbrennung ist eine sehr gute, da die vorn aus dem frischen Brennstoff frei werdenden Gase nach hinten zwischen der Glut des Feuers und der Glut des darüberliegenden Gewölbes hindurch müssen und sich sicher entzünden. Am hinteren Ende des Rostes ist gewöhnlich ein Abstreifer vorhanden, vor dem sich die Schlacke und Asche staut und sich über denselben hinüberschiebt. Die Konstruktion der Abstreifer ist sehr verschieden gewesen, häufig haben dieselben durch Verbrennen und Bruch zu Unannehmlichkeiten Veranlassung gegeben. Die Kette geht vorn und hinten über je eine Trommel, von denen die vordere entweder aus einer Welle mit einigen Zahnrädern besteht oder prismatisch ausgeführt ist und mechanisch angetrieben wird, die hintere meist zylindrisch ausgeführt wird. Der Antrieb der vorderen Trommel geschah früher meist durch Schneckenrad und Schnecke, die mittels Schaltrad, Exzenterstange und Exzenter von einer hochliegenden Welle aus bewegt wurde. Jetzt legt man die Antriebswelle meist unter Flur, bei großen Kesselanlagen bekommt häufig jeder Kessel seinen eigenen Elektromotor zum Antriebe der Roste. Zuweilen wird auch Schneckenrad und Schnecke vermieden und durch Stirnräder ersetzt.

Das Verdienst, die Kettenrostfeuerung in Deutschland eingeführt zu haben, gebührt den Deutschen Babcock & Wilcox-Dampfkessel-Werken in Oberhausen. Ein Kettenrost dieser Firma ist in Fig. 21 zur Darstellung gekommen. Später wurden von allen Firmen, die Wasserrohrkessel bauten, auch Kettenroste geliefert. Bei diesem Roste werden die Kettenglieder aus den Roststäben gebildet, und diese müssen,

da die Kette ziemlich stark gespannt werden muß, ziemlich kräftig sein. Geführt wird die Kette durch eine Anzahl im gußeisernen Rahmen ge-

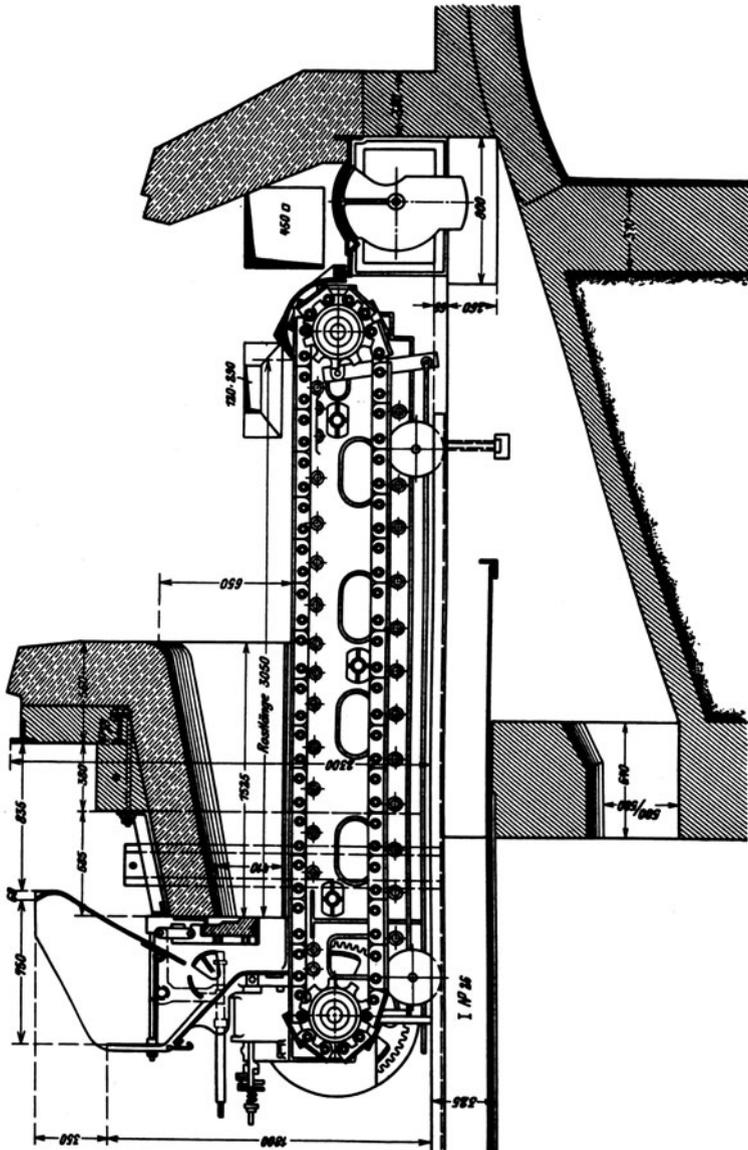


Fig. 21.

lagerte Walzen. Die Seitenrahmen bilden mit vier Rädern den Kettenrostwagen, der ohne Schädigung des Mauerwerkes aus dem eigentlichen Feuerraum herausgefahren werden kann.

Als ein Hauptnachteil wurde es empfunden, daß das Auswechseln von Roststäben sehr schwierig ist. Der Betrieb muß dazu eingestellt und der Kettenrostwagen herausgefahren werden. Dann kann mit vieler Mühe die Auswechslung einzelner Roststäbe dadurch geschehen, daß man die in Frage kommenden beiden Rundeisenstäbe, die den betreffenden Roststab tragen, zurückzieht und von der anderen Seite dementsprechend zwei andere Rundeisenstäbe nachschiebt, bis man mit dem Stoß der Rundeisenstäbe an den auszuwechselnden Roststab gelangt und dann durch entsprechendes Zurückziehen der Stäbe den Roststab frei bekommt. Gewöhnlich ist aber ein Auseinandernehmen der ganzen Kette erforderlich, was sehr mühsam und zeitraubend ist.

Um diesem Übelstande abzu-  
helfen, hat vor einigen Jahren die  
Dampfkesselfabrik Petry-Dereux  
in Düren (Rhld.) einen Wander-  
rost konstruiert und in vielen  
Fällen ausgeführt, wie er auf  
Tafel 6 und in Fig. 22 und 23 an-  
gegeben ist.

Die Roststäbe bilden nicht mehr  
Glieder der Kette, sondern liegen  
lose nebeneinander in besonderen  
Rahmen, die durch Gelenkketten ge-  
tragen und fortbewegt werden. Die  
Rahmen bestehen im wesentlichen  
aus zwei als Rostträger dienenden  
Querstäben, auf welche die einzelnen  
Roststäbe lose, also leicht auswech-  
selbar, aufgeschoben sind. Will man

nun nur einen oder wenige Roststäbe ersetzen, schlägt man den betreffen-  
den Stab entzwei, schiebt die anderen Stäbe nach und legt an der Seite  
des Rostes einen neuen Stab ein. Man kann aber auch eventuell alle Stäbe  
während des Betriebes ersetzen. Die vorn aufsteigenden Rostrahmen  
lassen große Öffnungen für den Durchzug der Luft frei, man kann daher  
bei richtiger Wahl der Roststabform auf diesem Rost fast jeden Brenn-  
stoff verbrennen. Die angewandten Gelenkketten sind durch ihren Ab-  
stand vom Feuer gegen Verbrennung geschützt. Fig. 22 zeigt einen Rost-  
stab dieses Rostes in seiner Lagerung zwischen den erwähnten Rahmen  
bildenden Rostträger. Die Rostträger sind mit einer Mittelrippe ver-  
sehen, auf die sich die Roststäbe stützen, so daß sie auf dem oberen  
Rande der Rostträger nicht aufliegen und infolgedessen überall gleich-

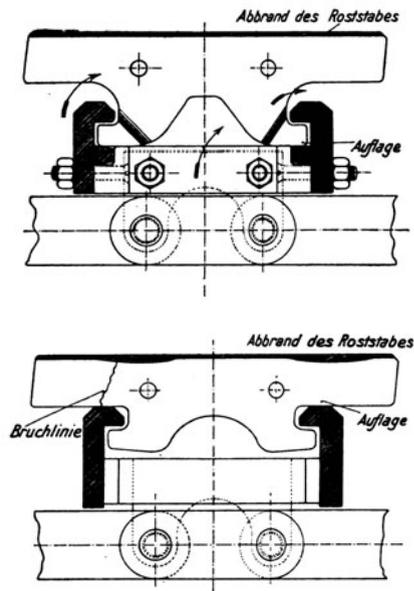


Fig. 22 u. 23.

mäßig von der Luft umspült und abgekühlt werden. Fig. 23 zeigt eine falsche Lagerung der Stäbe, durch die ein ungleichmäßiger Abbrand und leicht ein Bruch der Stäbe erfolgen kann. In dieser oder ähnlicher Weise wurden die Roststäbe zuerst vielfach gelagert und waren dann sehr wenig haltbar.

Jetzt werden die Wanderroste in derselben oder ähnlichen Weise auch von vielen anderen Firmen wie Babcock & Wilcox in Oberhausen, L. & C. Steinmüller in Gummersbach, A. Borsig in Tegel bei Berlin, Jacques Piedboeuf in Düsseldorf und Aachen usw. gebaut. Es würde

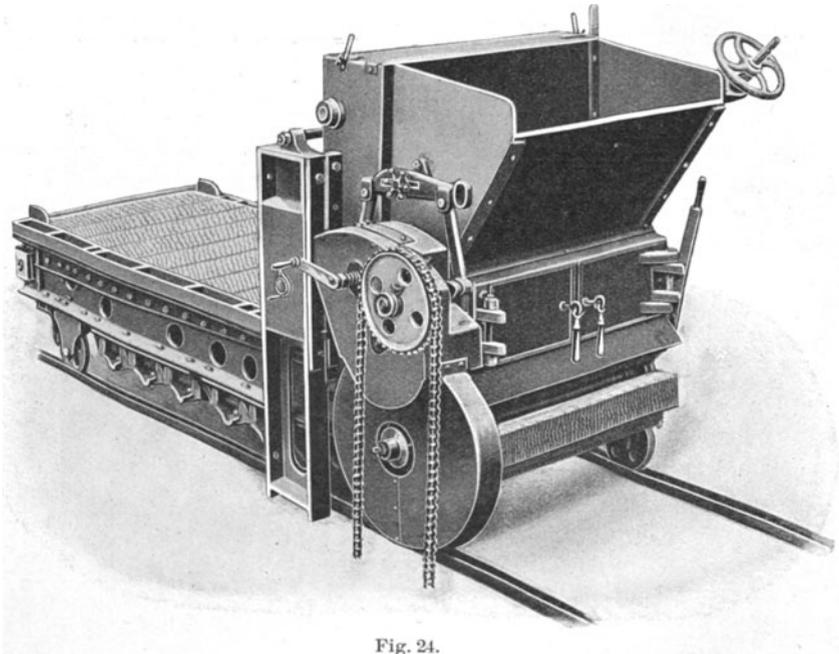


Fig. 24.

aber zu weit führen, wenn diese noch manche interessante Einzelheiten aufweisenden Konstruktionen hier alle aufgeführt werden sollten.

Nur der Wanderrost der Firma Jacques Piedboeuf in Düsseldorf und Aachen sei auf Tafel 7 noch dargestellt. Die Rostträger sind hier aus zwei etwas zusammengedrückten Winkelleisen gebildet. Der Antrieb der Kette erfolgt nicht durch Exzenter und Schnecke und Schneckenrad, sondern durch Riemen, Stirnräder und Friktionsgesperre *f*, und ist durch Verstellung des kleinen Handrades *a* und dadurch erreichte Verschiebung des Hebels *b* in weiten Grenzen veränderlich.

Einen gewissen Mangel weisen aber diese Wanderroste noch auf, daß sie nämlich am hinteren Ende, besonders bei schwachem Betriebe,

leicht zu viel Luft hindurchlassen, wodurch dann die erzeugte Wärmemenge, wenn man so sagen darf, verdünnt, die Temperatur der Gase erniedrigt und damit der Wirkungsgrad des Kessels herabgedrückt wird.

Dem will nun die Firma C. H. Weck in Dörlau bei Greiz i. V. dadurch begegnen, daß sie bei

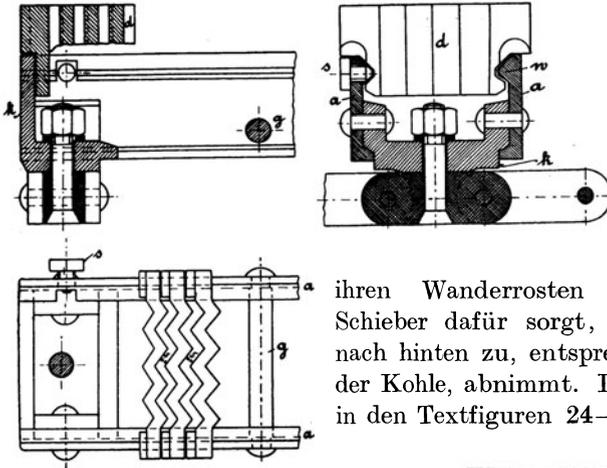


Fig. 25-27.

ihren Wanderrosten durch verstellbare Schieber dafür sorgt, daß die Luftzufuhr nach hinten zu, entsprechend dem Abstand der Kohle, abnimmt. Dieser Wanderrost ist in den Textfiguren 24-28 dargestellt.

Die Rostträger *a* (Fig. 25 bis 27 und Fig. 28), in die die Roststäbe *d* von einer Seite hineingeschoben werden, bestehen aus zwei besonderen Profileisen, die an den Enden durch gußeiserne Kopfstücke *k* zusammen gehalten werden. In der Wulst *w* der Profileisen ist an einem Ende ein Schlitz eingegräbt, durch den die Roststäbe in den Rahmen eingelegt werden und der danach durch eine Schraube *s* verschlossen wird, so daß ein Herausfallen von Roststäben ausgeschlossen ist. Die Profileisen *a* sind außer an den Enden durch die Kopfstücke noch durch einige Stehbolzen *g* miteinander verbunden. Mit Hilfe der Kopfstücke wird der Rostträger auf der Kette verschraubt.

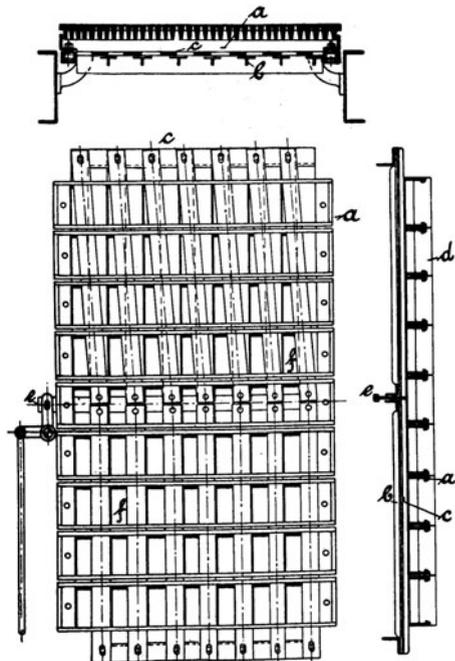


Fig. 28.

Die Luftregulierung (Fig. 28) liegt unmittelbar unter den Rostträgern und wird aus einem Schieber-

gitter mit längs liegendem T-Eisen  $b$  und darüber liegenden in der Mitte einkeilbaren, an den Enden drehbaren Flacheisen  $c$  gebildet. Das vordere Drittel des Rostes bleibt frei und das Schiebegitter liegt nur unter den beiden letzten Dritteln des Rostes. Bei ganz geöffnetem Schiebegitter, wie es Fig. 28 angibt, strömt die Luft zu dem zweiten Drittel des Rostes noch frei zu, und die Luftzufuhr nimmt beim letzten Drittel nach hinten allmählich ab. Durch Stellen an einem Handhebel, der in Fig. 24 zu sehen ist, und mit Hilfe des Gestänges  $e$  in Fig. 28 kann man die Luftzutrittsöffnungen  $f$  (Fig. 28) im zweiten Rostdrittel nach hinten allmählich verengen und im letzten Rostdrittel ganz schließen. Durch diese Luftregulierung ist man in der Lage, auch bei geringer Kesselbelastung mit einem kleinen Luftüberschuß zu arbeiten, auch kann man hier die freie Rostfläche wesentlich größer als bei anderen Wanderrosten nehmen, und zwar bis etwa 40%, und kann infolgedessen viel Brennstoff verbrennen.

Einen Wanderrost besonderer Konstruktion, System Placzek, liefert die Rheinische Dampfkessel- und Maschinenfabrik Büttner in Ürdingen am Rhein (Fig. 29).

Die einzelnen Roststäbe sind in Reihen drehbar auf zylindrischen Roststabträgern aufgehängt, die mit ihren Enden an der Kette leicht lösbar befestigt sind, und zwar mittels Bolzen, die durch Splinte festgehalten werden. Sollen schadhaft gewordene Roststäbe ausgewechselt werden, so wird zunächst ein vollständig mit Stäben bedeckter Roststabträger bereit gelegt. Wenn dann der die schadhaften Stäbe enthaltende Träger vorn oben am Roste angekommen ist, wird dieser für einen Augenblick stillgesetzt und die vier die Trägerbolzen in der Kette festhaltenden Splinte werden entfernt. Dann wird der auszuwechelnde Roststabträger mit den darauf sitzenden Roststäben etwas angehoben — bei geringer Rostbreite von Hand, bei größerer Rostbreite mit Hilfe eines Flaschenzuges —, die Rostträgerbolzen werden seitlich aus der Kette herausgezogen, so daß der Roststabträger mit den Stäben ganz frei wird und abgehoben werden kann. Der bereitliegende neue Träger mit Stäben wird an seine Stelle gebracht, die beiden Roststabträgerbolzen werden eingesteckt und durch Splinte befestigt und der Rost kann weiter laufen.

Die den Rost tragenden Gelenkketten laufen in seitlichen Führungswangen auf Rollen mit gehärteten Bolzen, so daß die Bewegungswiderstände des Rostes gering ausfallen. Beim Rücklauf der Kette hängen die Roststäbe frei herunter, wodurch diese gut auskühlen können.

Als Schlackenstauer bzw. -abstreifer dient hier eine Gußeisenplatte, die mit Schamotte hintermauert ist. Dieselbe kann durch die Eigenart des Rostes sehr tief gelegt werden und ist gegen Bruch und Verbrennung sehr geschützt.

Auf einem ganz anderen Prinzip beruht der Wanderrost „Pluto Stoker“ der Pluto Stoker Company m. b. H., Berlin - Char-

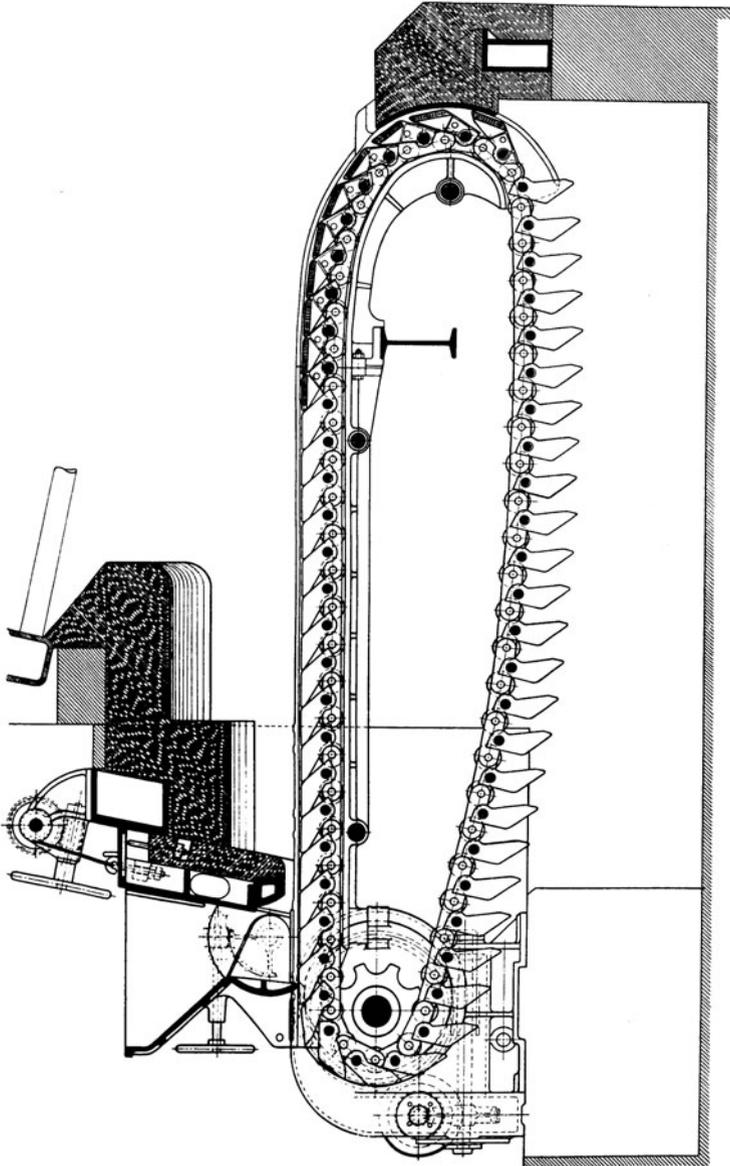


Fig. 20.

lottenburg, der in Fig. 30 dargestellt ist und ein Mittelding zwischen einem Treppenrost und einem Schrägrost darstellt. Das Wesentlichste

der Feuerung ist in den eigenartig durchgebildeten Roststäben zu suchen. Diese sind als etwa 100 mm breite und etwa 200 mm hohe Hohlkörper ausgebildet, die nach der Feuerseite zu mit fast horizontalen Luftspalten versehen sind. Der Brennstoff gelangt aus einem Trichter auf den Rost und wird durch einen hin und her gehenden Vorschieber auf die Roststäbe geschoben. Diese werden fortgesetzt in horizontaler Richtung hin und her bewegt, wodurch der Brennstoff allmählich selbsttätig über den ganzen Rost wandert und sich eventuell bildende Schlacke losgebrochen

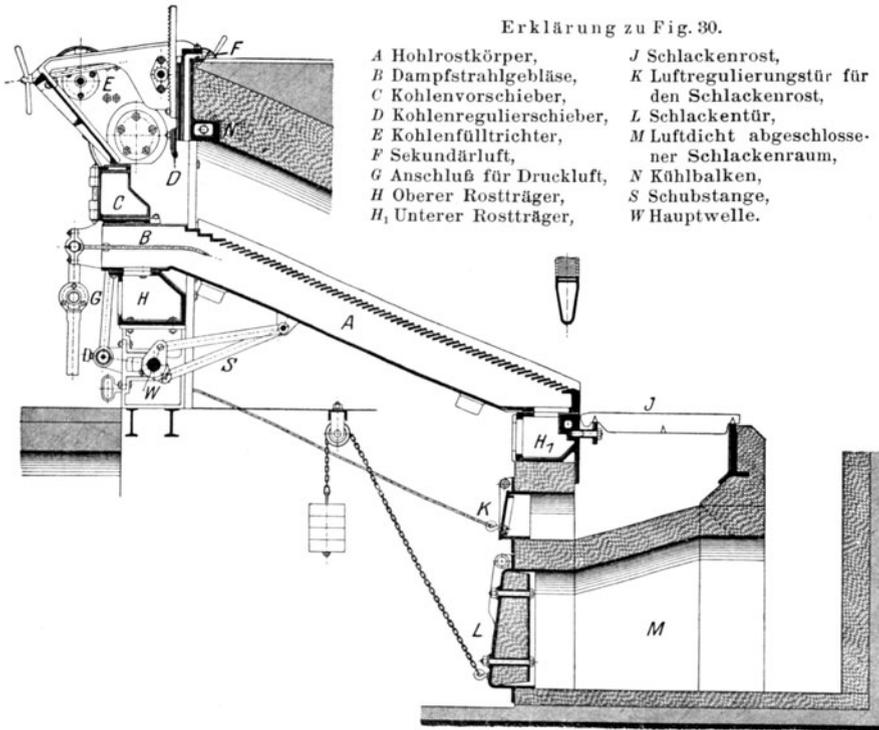


Fig. 30.

wird. Asche und Schlacke gelangen schließlich mit noch geringen Brennstoffresten auf einen unten liegenden kleinen Planrost und über diesen hinaus, nachdem sie ganz ausgebrannt sind, in einen Aschen- und Schlackenraum, aus dem diese Verbrennungsrückstände von Zeit zu Zeit entfernt werden können.

Der Pluto Stoker kann auch ohne weiteres mit Unterwind betrieben werden und eignet sich daher besonders zur Verbrennung von schwer entzündlichen oder minderwertigen Brennstoffen von feinkörniger und staubförmiger Beschaffenheit. Jeder Apparat wird von Haus aus mit

einem Dampfstrahlgebläse versehen, welches Luft in die hohlen Roststäbe blasen kann, es ist aber auch die Einrichtung für Druckluftbetrieb mittels Ventilatoren vorgesehen.

Der Rost ist hauptsächlich als Unter- und Vorfeuerung, zuweilen auch als Innenfeuerung ausgeführt, dürfte sich aber für die letztere Art weniger eignen, weil dabei leicht die Neigung des Rostes zu gering ausfällt.

Die automatischen Feuerungen bieten bei einigermaßen gleichmäßigem Betriebe große Vorteile. Die Ausnutzung des Brennstoffes ist eine hohe, die Rauchvermeidung eine sehr gute. Bei großen Anlagen wird wesentlich an Personal gespart. Ist der Betrieb aber sehr ungleichmäßig, so können diese Feuerungen nicht immer den sich ändernden Verhältnissen genügend folgen und von den Vorteilen geht dann viel verloren. In solchen Fällen liegt besonders die Wahrscheinlichkeit nahe, daß bei dem häufigen Wechsel der Heizer die Mechanismen falsch einstellt. Eine einfache Planrostfeuerung arbeitet dann oft besser.

Bezüglich der Anwendbarkeit der verschiedenen Arten automatischer Feuerungen ist noch zu bemerken, daß, wenn kein Reservekessel vorhanden ist, man nur solche Feuerungen nehmen sollte, die man auch mit der Hand gut bedienen kann, falls einmal der mechanische Antrieb versagen sollte.

#### 14. Die Kohlenstaubfeuerungen.

In einen Feuerungsraum, der vor, unter, oder in einem Dampfkessel liegen kann und auf 1,5 m bis 3 m Länge mit feuerfesten Steinen ausgemauert und hinten durch eine Feuerbrücke abgeschlossen ist, wird ein Gemisch von Kohlenstaub (Mehl) und Luft eingeblasen, das sich in dem heißen Raume entzündet und verbrennt. Die Verbrennung wird durch ein Holzfeuer im Feuerungsraume eingeleitet. Die Kohlenstaubfeuerungen waren nicht zur Verbrennung von guter, stückiger Kohle, sondern zur Verbrennung von minderwertiger, grießiger oder auch schlackenreicher Kohle bestimmt, die billig zu bekommen war und die Mahlkosten gut vertragen konnte. — Als Vorteile der Kohlenstaubfeuerung wurden angesehen: Konstante Verbrennung, daher geringer erforderlicher Luftüberschuß, die Möglichkeit, die Wärmeentwicklung dem Bedarfe genau anzupassen und die Verwendbarkeit fast jeder Kohlenart, auch einer sehr schlackenreichen. Als Nachteile sind zu nennen, daß nur fein gemahlener Staub verwendet werden kann, daß dieser trocken sein muß, obwohl er leicht Feuchtigkeit aufnimmt; ferner, daß sich viel Asche und bei unvollkommener Verbrennung feiner Koks in den Zügen ablagert. Die Nachteile waren so schwerwiegend, daß die Kohlenstaubfeuerungen ganz wieder verschwunden sind.

Die verschiedenen Konstruktionen unterschieden sich in der Herstellungs- und in der Zuführung des Kohlenstaubluftegemisches.

## 15. Feuerungen für flüssige und gasförmige Brennstoffe.

Feuerungen für flüssige Brennstoffe kommen für stationäre Kessel nur in Betracht für Gegenden, wo diese Brennstoffe gewonnen werden. Der flüssige Brennstoff wird bei derartigen Feuerungen durch eine Rohrleitung einem Behälter entnommen, in dem der Brennstoff mit Hilfe einer Heizspirale durch Kesseldampf erwärmt und dadurch dünnflüssiger gemacht wird. Dann wird der Brennstoff durch Dampf mittels eines Zerstäubers in die Feuerung geführt und hier verbrannt. Häufig wendet man einen Zerstäuber an, der aus zwei Düsen besteht, die wie beim Injektor übereinander geschoben und gegeneinander verstellbar sind.

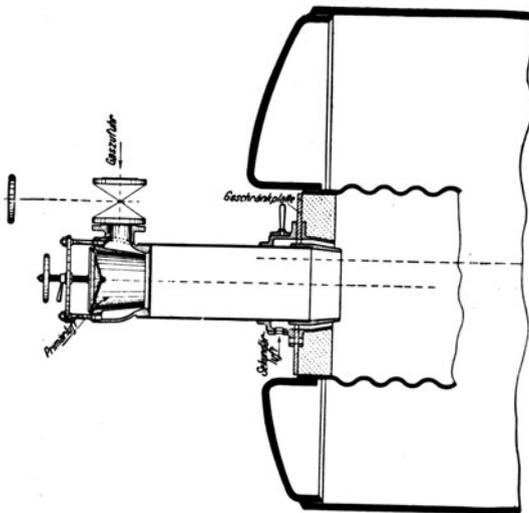


Fig. 31.

Gasfeuerungen mit besonderem Gaserzeuger haben sich nicht eingeführt, da die Vorteile dieser Feuerungen — gute Ausnutzung des Brennstoffes und Verwertung geringwertiger, gasreicher Kohlen — sich auch in Feuerungen mit festem Brennstoff erlangen lassen und die Anlage- und Unterhaltungskosten derartiger Anlagen groß, sowie die Wärmeverluste wegen des Generators und der Leitung vom Generator zur Feuerung größer als bei allen anderen Feuerungen sind.

Die Abgase der Hochöfen und Koksöfen wurden früher in der einfachsten, aber auch unwirtschaftlichen Weise zum Beheizen von Dampfkesseln benutzt, indem man sie in oder unter die Kessel führte und hier mit der reichlich zuströmenden Luft verbrannte. Damit das Gas sich sicher entzündete, auch wenn der Zufluß zeitweise aufhörte, wurde auf einem kleinen Roste ein Lockfeuer unterhalten (Tafel 10, Fig. 2). Die Verbrennung und Ausnutzung der Gase war dabei sehr unvollkommen, so daß man es bald als wirtschaftlicher ansah, die Gase in Großgasmaschinen auszunutzen. In neuerer Zeit ist man aber dazu übergegangen, diese Gase möglichst vollkommen zu verbrennen. Ein Brenner für solche Gase, der sich bereits bewährt hat, ist der Terbeckbrenner (Fig. 31). Derselbe beruht auf dem Prinzip des Bunsenbrenners und besteht im wesentlichen aus einer Gasdüse mit Ventil, einem Mischrohr mit einstell-

barem Lufterströmventil für Primärluft. Am Ende wird das Mischrohr noch von einem zweiten Rohr umgeben, durch welches die zur vollkommenen Verbrennung noch zuzuführende einstellbare Sekundärluft tritt.

In ganz anderer Weise geschieht die Verbrennung von Gasen bei der sog. flammenlosen Oberflächenverbrennung<sup>1)</sup>. Diese ist gleichzeitig in Deutschland von Ingenieur Rudolf Schnabel in Berlin und in England von Professor W. A. Bone in London erfunden und ausgearbeitet worden. Die von beiden gegründeten Gesellschaften, nämlich die Thermotechnische Gesellschaft in Berlin und die Bonecourt Surface Combustion Ltd. in London haben eine Interessengemeinschaft mit vollem Patent- und Erfahrungsaustausch geschlossen. Die Ausführung für Deutschland hat die Berlin - Anhaltischen Maschinenbau - A. - G. in Berlin übernommen.

Das Verfahren besteht im wesentlichen darin, daß das Gemisch von Luft mit einem brennbaren Gase in eine glühende, feuerfeste, poröse Masse unter Druck eingeführt wird. Dabei verbrennt das Gas ohne Flammenbildung auf einer sehr kurzen Strecke vollkommen. Das Auffallende ist dabei, daß nur ein ganz geringer Luftüberschuß, etwa  $\frac{1}{2}$  v. H., erforderlich ist, also praktisch die theoretisch erforderliche Luftmenge gebraucht wird. Es wird angenommen, daß dies durch die katalysierende Wirkung der glühenden Oberflächen der feuerfesten Masse hervorgerufen wird.

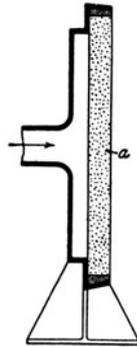


Fig. 32.

Eine einfache Versuchsanordnung zeigt Fig. 32. *a* ist eine poröse Schamotteplatte, die die Vorderwand eines Gasverteilungskastens bildet. Wird in dem Kasten ein Gasgemisch unter einem Druck von  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{3}$  Atm. eingeführt und das durch die Poren der Platte *a* tretende Gasgemisch entzündet, so wird die Platte erst rot- und nach kurzer Zeit weißglühend. Die beschleunigte Verbrennung findet in den Poren, an der Grenze zwischen dem Gas und dem festen Körper statt.

Außer daß man dieses Verfahren im Hüttenwesen zum Erhitzen von Tiegelöfen, Muffelöfen, Schmiedefeuern usw. anwenden kann und will, kann man es auch zur Dampferzeugung in besonders gebauten Dampfkesseln benutzen.

Ein in England in Betrieb genommener Kessel mit Schnabel-Bone-Feuerung ist in Fig. 33–35 dargestellt. Die Anlage besteht aus dem eigentlichen Dampfkessel mit darüberliegendem Dampfsammler, dem Überhitzer und einem Vorwärmer. Die Rohre des Dampfkessels haben

<sup>1)</sup> Näheres findet sich in „Feuerungstechnik“ 1912, Heft 3 u. 4; 1913, Heft 7 u. 15 und Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1913, Heft 8.

vorn einen mit einer Bohrung versehenen Pfropfen aus feuerfester Masse, der übrige Innenraum der Rohre ist mit etwa 10 mm großen Stücken einer hochfeuerbeständigen Masse ausgefüllt. Das Gasmisch tritt durch die Bohrungen der Pfropfen ein und verbrennt in der dahinterliegenden feuerbeständigen Masse vollständig, wobei im Innern der Rohre eine

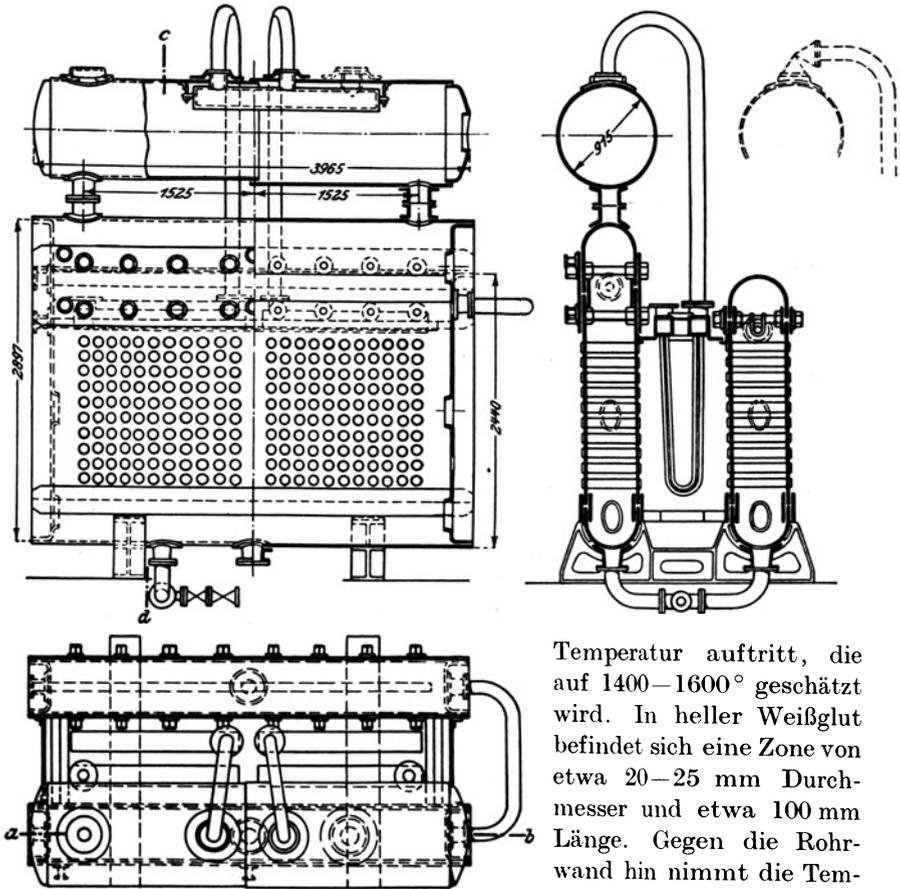


Fig. 33—35.

Temperatur auftritt, die auf  $1400-1600^{\circ}$  geschätzt wird. In heller Weißglut befindet sich eine Zone von etwa 20–25 mm Durchmesser und etwa 100 mm Länge. Gegen die Rohrwand hin nimmt die Temperatur aber schnell ab, so daß ein zu starkes Erhitzen der Rohre nicht zu befürchten ist. Die Wärme nimmt längs dem Rohre stark ab. Durch Messungen hat man festgestellt, daß von der gesamten Verdampfung 70 v. H. auf das erste Drittel, 22 v. H. auf das zweite Drittel und 8 v. H. auf das letzte Drittel des Rohres kam. Dadurch entsteht im Kessel natürlich ein lebhafter Wasserumlauf, eine hohe Verdampfung und ein sehr guter Wirkungsgrad. Man hat Wirkungsgrade von 93–95 v. H. und Verdampfungszahlen bis zu 149 kg/qm Heizfläche festgestellt.

Es sind das aber die bisher erreichten Höchstzahlen und keine Durchschnittswerte. Die noch weiter zu machenden Erfahrungen werden zeigen, inwieweit sich die großen Hoffnungen, die die Erfinder in die Sache setzen, verwirklichen lassen. Wahrscheinlich wird man sich aber darauf beschränken müssen, das Verfahren dort anzuwenden, wo genügende Mengen Abgase von Hochöfen oder Koksöfen zur Verfügung stehen. Vielleicht gelingt es auch, vorhandene flüssige Brennstoffe mit genügendem Vorteil zu vergasen und zu verbrennen, kaum dürfte es sich aber rentieren, feste Brennstoffe mit Vorteil zu verwenden, indem man sie erst vergast und das Gas nach dem Verfahren verbrennt, da durch unvermeidliche Verluste bei der Vergasung und Überleitung des Gases zum Kessel der Gesamtwirkungsgrad natürlich stark heruntergedrückt wird. Mit Verwendung von Teeröl sind schon in England Versuche angestellt, die sehr befriedigende Resultate gezeitigt haben sollen. Nähere Angaben sind darüber noch nicht bekannt geworden.

Es sind nun noch die von Schweiß-, Puddel-, Glühöfen usw. abziehenden Gase zu erwähnen, die schon Verbrennungsprodukte darstellen. Die oft beträchtliche Wärmemenge, die noch in diesen Gasen enthalten ist, wird einfach in der Weise ausgenutzt, daß man sie die Heizflächen von Dampfkesseln bestreichen läßt, die hinter den betreffenden Öfen oder jetzt meistens über denselben aufgestellt sind. In letzterem Falle verwendet man Wasserrohrkessel, die sich über den Öfen leicht aufstellen lassen und keine besondere Grundfläche fortnehmen.

## 16. Die Größe der Rostfläche.

Die Größe der Rostfläche ergibt sich aus der Brennstoffmenge, die in der Stunde darauf verbrannt werden soll, sie ist begrenzt durch die Möglichkeit einer guten und leichten Bedienung. Ihre richtige Größe kann nur erfahrungsgemäß bestimmt werden.

Durch Rechnung erfolgt die Bestimmung der Größe der Rostfläche wie folgt:

1 kg Brennstoff bedarf zu seiner Verbrennung  $m L_1$  cbm Luft, demnach muß der kleinste Querschnitt der Rostspalten, das ist die freie Rostfläche  $R_f$ , wenn diese Luft in der Stunde mit der sekundlichen Geschwindigkeit  $v$  durchstreichen soll und  $B$  kg Brennstoff in der Stunde verbrennen, betragen:

$$R_f = \frac{B \cdot m L_1}{v \cdot 3600}.$$

Die totale Rostfläche  $R$  wird alsdann, wenn mit  $n$  das Verhältnis der freien zur gesamten Rostfläche bezeichnet wird,

$$R = \frac{B \cdot m L_1}{n \cdot v \cdot 3600}.$$

Die Geschwindigkeit  $v$  beträgt für Steinkohlen je nach dem Anstrengungsgrad 0,75 m bis 1,6 m, bei künstlichem Luftzuge bis 4 m in der Sekunde.

Das Verhältnis  $n$  der freien zur gesamten Rostfläche soll möglichst groß sein. Man findet gewöhnlich:

$$\text{bei Steinkohlen } n = \frac{1}{4} \text{ bis } \frac{1}{2}, \quad \text{bei Koks } n = \frac{1}{3} \text{ bis } \frac{1}{2},$$

$$\text{bei Braunkohlen } n = \frac{1}{5} \text{ bis } \frac{1}{3}, \quad \text{bei Holz, Torf } n = \frac{1}{7} \text{ bis } \frac{1}{5}.$$

Die Größe der Rostfläche kann man auch in der Weise bestimmen, daß man das Verhältnis  $\frac{B}{R}$ , das ist die auf 1 qm Rostfläche in einer Stunde verbrennende Brennstoffmenge in kg annimmt.

Die gewöhnlichen Werte von  $\frac{B}{R}$  für Steinkohlenfeuerung sind:

$$\frac{B}{R} = 70 \text{ für mäßigen Betrieb, bei neuen Anlagen unter gewöhnlichen Verhältnissen;}$$

$$\frac{B}{R} = 100 \text{ für flotten Betrieb;}$$

$$\frac{B}{R} = 150 \text{ für angestrengten Fabrikbetrieb.}$$

Für Koks kann man das  $\frac{3}{2}$ fache, für Braunkohlen das 1,5 bis 2,5fache, für Holz und Torf das 1,33fache dieser Werte nehmen.

Die Größe der Rostfläche wird auch häufig in Bruchteilen der Heizfläche angegeben. Dies Verhältnis richtet sich nach der Stärke des Zuges und nach dem System des Kessels. Für  $\frac{H}{R}$ , das ist die auf 1 qm Rostfläche kommende Heizfläche, kann man, wenn der Kessel nicht mit Überhitzer versehen ist, setzen:

bei mehrfachen Walzenkesseln	$\frac{H}{R} = 25 \div 30$
bei Flammrohrkesseln und Flammrohrkesseln mit rückkehrenden Heizrohren	„ = 28 : 35
bei Heizrohrkesseln, Wasserrohrkesseln, Lokomobilkesseln	„ = 40 : 50
bei Flammrohrkesseln mit darüberliegenden Heizrohrkesseln	„ = 55 : 60
bei Personenzug-Lokomotivkesseln	„ = 50 : 70
bei Güterzug-Lokomotivkesseln	„ = 60 : 90
bei Schiffskesseln (zylindrisch)	„ = 30 : 35
bei Schiffskesseln (Lokomotivkesselsystem)	„ = 40 : 50

## 17. Die Heizkanäle.

Die Heizkanäle, Feuerzüge oder Züge sind Kanäle, in denen sich die Heizgase zwischen Rost und Fuchs bewegen. Sie haben den Zweck, die Heizgase in eine lange und innige Berührung mit der vom Wasser benetzten Kesselwand zu bringen. Sie müssen so eingerichtet werden, daß sie behufs Reinigung und Besichtigung der Kesselwände leicht befahren werden können.

Die Größe des Querschnittes ist, wenn möglich, so zu bemessen, daß die Geschwindigkeit der Heizgase in den gemauerten Zügen bei natürlichem Luftzuge 3 bis 4, höchstens 6 m in der Sekunde beträgt. Hiermit ergibt sich bei 3 gemauerten Zügen und bei einer Beanspruchung der Rostfläche von 60 bis 120 kg Kohlen in der Stunde und auf das qm Rostfläche der Querschnitt des letzten Zuges und des Fuchses zu  $f = \frac{1}{4}$  der Rostfläche, des zweiten Zuges = 1,25  $f$  bis 1,5  $f$  und des ersten Zuges = 1,5  $f$  bis 1,75  $f$ . Ausgenommen sind hiervon diejenigen Stellen, an denen man, wie z. B. über der Feuerbrücke, die Heizgase behufs Mischung und Vollständigkeit der Verbrennung zusammenziehen will. Ausgenommen ist ebenfalls der Querschnitt der Heizrohre bei Heizrohrkesseln usw. An diesen Stellen tritt eine Verengung der Querschnitte bis auf  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{8}$  der Rostfläche ein. Andererseits sind an solchen Stellen, an denen die Gase ihre Richtung ändern, die Querschnitte zu vergrößern. In vielen Fällen ist die Größe des Zugquerschnitts schon durch andere Faktoren (z. B. Befahrbarkeit) bestimmt.

Die Geschwindigkeit  $c$  der Heizgase berechnet sich, wenn man mit  $f$  den Querschnitt des Kanals, mit  $B$  die in der Stunde verfeuerte Kohlenmenge in kg und mit  $G$  das aus 1 kg Brennstoff sich ergebende Gasvolumen bei der zugehörigen Temperatur in cbm bezeichnet, aus:

$$c \cdot f \cdot 3600 = B \cdot G .$$

Setzt man  $a = \frac{f}{R}$ , also  $f = a \cdot R$ , so wird:

$$c = \frac{B}{R} \cdot \frac{G}{a \cdot 3600} .$$

Der Querschnitt des Heizkanales soll so gestaltet sein, daß die Heizgase möglichst nahe an die Kesselwand gedrängt werden. Die Gesamtlänge der Heizkanäle soll 30 bis 33 m nicht überschreiten. Gehen die Züge geradeaus an dem Kessel entlang, so kommen nicht alle Gasteilchen mit der Kesselwand in Berührung. Bei einfachen oder mehrfachen Walzenkesseln ist es daher besser, wenn man die Gase in Schlangenlinien am Kessel entlang führt. Das erreicht man durch Einbauen von 12 cm starken Zwischenwänden aus Schamott, die in Entfernungen von 1 bis 2 m in der Weise angebracht werden, wie es Tafel 10, Fig. 1 und 2 beim mehrfachen Walzenkessel zeigen.

Da sich in den Kanälen Flugasche ansammelt, so müssen Putzlöcher und Vertiefungen zur Ansammlung der Flugasche vorgesehen werden. Letztere ordnet man am zweckmäßigsten dort an, wo die Gase ihre Strömungsrichtung ändern. Die Reinigungsöffnungen werden meist durch gußeiserne Türen, Tafel 9, Fig. 2 und 4, geschlossen.

Die Verbindung der Züge mit dem Schornstein geschieht durch den Fuchs, der nach dem Schornsteine zu etwas ansteigen soll. Zur Regulierung des Zuges wird in den Fuchs der Essenschieber oder Rauchschieber, Tafel 9, Fig. 1, häufig auch eine Drehklappe wie bei den Kesseln auf den Tafeln 30 und 32 und in den Textfiguren 48, 49 und 53 eingebaut.

Der Rauchschieber besteht aus einer gußeisernen Platte, die sich in einem im Mauerwerk angebrachten Rahmen bewegen läßt. Der Schieber ist gewöhnlich an einem Drahtseil aufgehängt, das nach dem Heizerstande führt. Hier ist der Schieber durch ein Gegengewicht ausbalanciert. An Stelle des Drahtseiles kann man auch eine Kette verwenden.

Durch Heben und Senken des Schiebers wird seine Durchgangsöffnung erweitert oder verengt und hierdurch die Zugkraft des Schornsteines beeinflußt.

## 18. Die Zugerzeugung.

### a) Natürlicher Zug.

Die Erzeugung des zur Verbrennung auf dem Roste nötigen Zuges besorgt gewöhnlich ein Schornstein, zugleich übernimmt derselbe die Ableitung der Rauchgase hoch in die Luft, damit sie für die Umgebung möglichst wenig schädlich sind. Der Zug im Schornsteine entsteht durch die ungleiche Temperatur der Luft im Schornsteine und der Außenluft, also durch die Ungleichheit der Gewichte der Luftsäulen innen und außen. Je höher der Schornstein, desto größer ist der Gewichtsunterschied und desto heftiger der Zug.

Der gemauerte Schornstein (Tafel 8, Fig. 1 und 2)<sup>1)</sup> besteht aus Fundament, Sockel und Schaft mit Kapitäl.

Das Fundament erhält quadratischen Querschnitt und eine von der Stabilität des Schornsteines abhängige Sohlenbreite von  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{3}$  der Schornsteinhöhe  $h$ . Die mittlere Belastung des Bodens kann zu 0,75 bis 1,5 kg, die größte Kantenpressung bis zu 3 kg für das qcm bei gewachsenem Boden angenommen werden. Bei schlechtem Baugrund ist eine Betonschicht von 0,75 bis 1,25 m Höhe oder ein Pfahlrost zu empfehlen.

Der Sockel wird im Querschnitte quadratisch, achteckig oder zylindrisch und sehr verschieden hoch gemacht. Man nimmt seine Höhe wohl  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3} h$ , geht neuerdings aber zuweilen bis  $\frac{1}{1,5} h$  oder läßt ihn ganz fort. Münden mehrere Füchse in den Schornstein, so sind die Heizgase am besten durch gemauerte Zungen so zu leiten, daß sie parallele Richtung haben.

<sup>1)</sup> Die Zeichnungen wurden von der Aktiengesellschaft für Essen- und Ofenbau Alfons Custodis in Düsseldorf zur Verfügung gestellt.

Der Schafft ist vorteilhaft rund zu machen, weil bei dieser Form der Einfluß des Winddrucks am geringsten und die drehende Raumbewegung am wenigsten gehindert ist, und weil wegen des kleinsten Umfanges die Wärme abgebende Fläche und das Mauerwerk am geringsten ist. Zur Herstellung sind Formsteine notwendig. Die Formsteine oder Kaminradialsteine sind in verschiedenen Längen (radial gemessen) zu haben, z. B. 100, 140, 180, 220, 270 bzw. 100, 150, 200, 250, 300 mm, so daß die verschiedensten Wandstärken zusammengesetzt werden können. Die von der Firma Alfons Custodis in Düsseldorf gefertigten Radialsteine haben die bedeutende Stärke von 90 mm, so daß dieselben gegenüber den 65 mm starken Steinen den Vorteil bieten, daß die Zahl der Fugen sehr herabgemindert wird.

Der achteckige Querschnitt ist mit weniger Formsteinen ausführbar, wird aber jetzt nur noch selten angewandt. Die quadratische Form ist nicht zu empfehlen. — Die Mündung des Schafftes darf nur ein leicht ausgekragtes Kapitäl erhalten, auf das noch ein glattes zylindrisches Rohrstück von 0,5 m Höhe aufzusetzen ist. Innen oder außen erhält der Schafft Steigeisen.

Bei sehr heißen Gasen ist es notwendig, den Schornstein mit einem Schamottfutter zu versehen. Tafel 8, Fig. 2 zeigt einen Schornstein mit Schamottfutter (ges. gesch.), wie es von A. Custodis in Düsseldorf ausgeführt wird. In Fig. 3, Taf. 8 ist die Konstruktion dieses Etagenfutters deutlicher zu sehen. Es hat den Vorteil, daß sich jede Etage besonders ausdehnen kann. Die Zwischenräume sind gegen Hineinfallen von Asche geschützt.

Der Schornsteinsockel wird vorteilhaft in Kalkmörtel, der Schafft in verlängertem Zementmörtel, dessen Zementgehalt nach oben zunimmt, der Kopf in reinem Zementmörtel ausgeführt.

Neuerdings führt man auch Schornsteine in Beton oder Eisenbeton aus.

Der Schornsteinquerschnitt berechnet sich wie folgt. Die durchschnittliche Geschwindigkeit der Rauchgase im Schornstein beträgt  $c = 2,5$  bis  $3,5$  m in der Sekunde<sup>1)</sup>. Werden nun  $B$  kg Brennstoff in der Stunde verbrannt, die  $B \cdot V$  cbm Verbrennungsgase von der Temperatur  $0^\circ$  ergeben, und ist  $t_s$  die Schornsteintemperatur, gewöhnlich  $200$  bis  $300^\circ$ , so berechnet sich der Schornsteinquerschnitt  $O$  nach:

$$O \cdot c \cdot 3600 = B \cdot V \left( 1 + \frac{t_s}{273} \right) \quad \text{oder mit } t_s = 273^\circ$$

$$O = \frac{2 B \cdot V}{3600 \cdot c} \cdot$$

1) Soll eine Kesselanlage zunächst nur klein angelegt werden, und rechnet man auf eine spätere starke Vergrößerung, so kann man zunächst auf eine kleinere Geschwindigkeit von vielleicht  $1,5$  m und auf eine schließliche Geschwindigkeit von  $c$  bis  $6$  m rechnen.

Setzt man in die erste Gleichung  $c = 3$  m,  $t_s = 250^\circ \text{C}$  und  $V = 16$  cbm, so folgt die im Taschenbuch der Hütte angegebene Gleichung

$$d = 0,06 \sqrt{B}.$$

Nach v. Reiche nehme man unter Berücksichtigung einer etwaigen zukünftigen Betriebsvergrößerung von etwa 30% den lichten Schornsteindurchmesser am oberen Ende

$$d = 0,1 B^{0,4}.$$

Die Schornsteinhöhe  $h$  über dem Roste in m kann man nehmen:

$$h = 25 \text{ bis } 30 d \text{ für } d \leq 2,5 \text{ m,}$$

$$h = 20 d \text{ für } d > 2,5 \text{ m.}$$

Der untere lichte Schornsteindurchmesser kann sein:

$$d_1 = d + 0,02 h.$$

Nach v. Reiche kann man setzen:

$$h = 0,00277 \left( \frac{B}{R} \right)^2 + 6 d.$$

Die geringste Schornsteinhöhe sei 16 m.

Die hier gemachten Angaben gelten jedoch nur für mittlere Verhältnisse. Für die verschiedenen Verhältnisse wird die Berechnung zutreffender nach dem Buche „Der Schornsteinbau“ von Gustav Lang, Hannover, Helwingsche Verlagsbuchhandlung<sup>1)</sup>.

Die Druckhöhe eines Schornsteines, d. i. die Druckdifferenz — z. B. für die Höhenlage des Rostes — zwischen der äußeren Luft und den Gasen im Schornsteine wird durch die Höhe einer Wassersäule gemessen, deren Höhe in der Regel 3 bis 15 mm und mehr beträgt. Man bedient sich zur Messung unter anderen eines U-förmig gebogenen Glasrohres, das zur Hälfte mit rotgefärbtem Wasser angefüllt ist. Nach v. Reiche kann man für mittlere Verhältnisse die Druckdifferenz setzen:

$$\eta h \cdot \frac{1000}{2,93} \left( \frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_s} \right) \text{ mm,}$$

worin  $\eta h = h - 6 d$  die Nutzhöhe nach Abzug der Widerstandshöhen,  $T_a$  die absolute Außentemperatur,  $T_s$  die absolute Schornsteintemperatur bedeutet.

Der Entwurf des Schornsteinschaftes kann in folgender Weise erfolgen.

Nachdem der obere lichte Durchmesser und die Höhe bestimmt ist, nimmt man für den Anlauf der Schornsteinsäule für jede Seite 20 mm auf 1 m Höhe an und bekommt bei einer Annahme der oberen Wandstärke von 140 bis 180 mm die äußeren Umhüllungslinien des Schornsteines.

<sup>1)</sup> Eine Behandlung des Schornsteins nach oben angegebenem Buche würde hier zu weit führen.

Alle 5 m macht man die Wandstärke dann etwa um je 40 bis 60 mm, normal um 50 mm stärker.

Sodann kann zur statischen Berechnung des Schornsteines geschritten werden. (Hierzu Tafel 8, Fig. 5.)

Bedeutet  $G$  das Gewicht eines über dem Querschnitt  $AB$  liegenden Schornsteinabschnittes von der Höhe  $h$  und den Schnittflächen  $F_o$  und  $f_o$  bzw.  $F_u$  und  $f_u$ ,  $W$  den auf diesen Schornsteinabschnitt entfallenden, in der Höhe

$$s = \frac{h}{3} \frac{a_u + 2a_o}{a_u + a_o}$$

angreifenden Winddruck, so schneidet die Resultierende  $R$  aus  $W$  und  $G$  den Querschnitt  $AB$  im Abstände  $x$  von der Schornsteinachse, und findet sich  $x$  aus  $x \cdot G = W \cdot s$  zu:

$$x = \frac{W \cdot s}{G};$$

hierbei tritt

$$\text{im Punkte } B \text{ die größte Spannung } \sigma_{\max} = \frac{G}{F} + \frac{W \cdot s}{\mathfrak{B}},$$

$$\text{im Punkte } A \text{ die kleinste Spannung } \sigma_{\min} = \frac{G}{F} - \frac{W \cdot s}{\mathfrak{B}}$$

auf, wobei  $F = F_u - f_u$  den Flächeninhalt,  $\mathfrak{B}$  das Widerstandsmoment des Querschnittes  $AB$  bedeutet. Soll hinreichende Sicherheit gegen Kanten des Schornsteinabschnittes vorhanden sein, so muß  $x < a_u$  sein.

Soll hinreichende Sicherheit gegen Zerdrücken des Mauerwerkes vorhanden sein, so muß  $\sigma_{\max} \leq k$  sein, wo  $k$  die zulässige Beanspruchung ist, die man für Ziegelmauerwerk in verlängertem Zementmörtel zu  $k = 12 \text{ kg/qcm}$  annehmen kann. Soll hinreichende Sicherheit gegen Klaffen der Fuge bei  $A$  vorhanden sein, so muß  $\sigma_{\min} \geq 0$  sein.

Ist  $w$  der Winddruck in  $\text{kg/qm}$  einer senkrecht getroffenen Fläche ( $w = 125 \text{ kg/qm}$  im Binnenlande, bis  $200 \text{ kg/qm}$  in besonders ausgesetzten Lagen)<sup>1)</sup>, so wird

$$W = \eta \cdot (a_u + a_o) \cdot w \cdot h.$$

Hierbei ist, wenn  $R_u$  den Radius des Kreises bedeutet, der dem (als regelmäßiges Vieleck vorausgesetzten) Querschnitte  $AB$  um beschrieben ist, für den:

$$\text{quadratischen Querschnitt } \eta = 1,00; \quad a_u = 0,707 \cdot R_u;$$

$$\text{sechseckigen Querschnitt } \eta = 0,75; \quad a_u = 0,866 \cdot R_u;$$

$$\text{achteckigen Querschnitt } \eta = 0,71; \quad a_u = 0,924 \cdot R_u;$$

$$\text{kreisförmigen Querschnitt } \eta = 0,67; \quad a_u = R_u.$$

<sup>1)</sup> Vgl. ministerielle Verfügung vom 30. April 1902, veröffentlicht u. a. im Organ des Zentral-Verbandes der preussischen Dampfkessel-Überwachungsvereine, 1902, Nr. 25.

Ist  $\gamma$  das spezifische Gewicht des Mauerwerkes ( $\gamma = 1600$  kg/cbm für Ziegelmauerwerk), so berechnet sich  $G$  aus der Gleichung

$$G = \frac{\gamma \cdot h}{3} [(F_u - f_u) + (F_o - f_o) + (\sqrt{F_u \cdot F_o} - \sqrt{f_u \cdot f_o})],$$

die sich für kreisförmigen Querschnitt vereinfacht in

$$G = \pi \cdot \gamma \frac{h}{3} [(R_u^2 - r_u^2) + (R_o^2 - r_o^2) + (R_u R_o - r_u r_o)].$$

Es müssen verschiedene Querschnitte und ebenfalls auch die Bau-  
sohle untersucht werden, für letztere muß natürlich auch  $\sigma_{\min} \geq 0$ , also  $\frac{G}{F} \geq \frac{W \cdot s}{\mathfrak{B}}$  sein. Dabei ist zu beachten, daß das kleinste Widerstandsmoment der quadratischen Grundfläche der Sohle das auf eine Diagonale bezogene ist. Für einen achteckigen Sockel ist ebenfalls das auf eine Diagonale bezogene Widerstandsmoment einzusetzen.

Eiserne Schornsteine werden bei schlechtem Baugrunde, beschränkter Bauzeit oder bei einer vorübergehenden Anlage angewendet. Bei dauernden Anlagen werden dieselben mit Backsteinen ausgemauert. Der Schornstein besteht aus übereinander greifenden, meistens konischen Schüssen von 3 bis 5 mm bei den oberen und 6 bis 8 mm Dicke bei den unteren Schüssen.

Tafel 8, Fig. 4 zeigt einen Schornstein, der von der Gewerkschaft „Orange“ in Bulmke bei Gelsenkirchen ausgeführt wurde. Die einzelnen Schüsse werden, wie es die Figur erkennen läßt, immer so ineinander gesteckt, daß außen der Regen nicht in die Fugen läuft und innen die Gase nicht gegen die Kanten stoßen. Die Standfähigkeit eiserner Schornsteine wird durch Spannketten erzielt. Der zur Befestigung am Schornstein nötige Winkeleisenring wird auf  $\frac{2}{3}$  Höhe des Schornsteins angebracht. Die Befestigung mit dem Fundamente geschieht durch einen Fundamentrahmen, der mit dem Sockel durch Ankerbolzen, mit dem Schornstein durch Winkeleisenring und Schrauben verbunden ist. — Der Zug ist geringer als beim gemauerten Schornsteine, da die Abkühlung der Heizgase eine bedeutende ist.

Lokomobilschornsteine erhalten einen Durchmesser = 1 bis 1,5 mal den Zylinderdurchmesser und eine Höhe = 6 bis 7 mal den Schornsteindurchmesser. Sie bestehen aus 2 bis 4 mm starken Blechen, erhalten meist oben einen Funkenfänger und sind umlegbar eingerichtet.

Beispiel. Für eine Dampfkesselanlage, die in der Stunde 3000 kg Dampf zu liefern hat, ist die Feuerungsanlage zu berechnen. Es sollen drei Kessel angelegt werden. Die Dampfspannung betrage 8 kg Überdruck pro qcm.

1. Wie groß ist der Heizwert der Steinkohle, wenn sie enthält: 80% C, 5% H, 10% O und 5% Asche?
2. Wie groß ist der stündliche Kohlenverbrauch, wenn  $\eta = \frac{2}{3}$ ,  $t_o = 30^\circ$  und  $w = 0,05$ ?
3. Wie groß ist die Rostfläche, wenn 1 kg Kohle 21 kg Luft verbraucht und  $v = 1$  m,  $t_a = 15^\circ$ ,  $n = \frac{1}{3}$  angenommen wird?
4. Wie groß ist die Weite und Höhe des Schornsteines, wenn  $c = 3$  m und — mit Rücksicht auf eine spätere Betriebsvergrößerung — die Temperatur der abziehenden Gase =  $300^\circ$  C gesetzt wird?
5. Welchen Querschnitt erhalten die Feuerzüge?

1. Der Heizwert der Kohle bestimmt sich nach der Formel:

$$W = 8100 c + 29000 \left( h - \frac{0}{8} \right) + 2500 s - 600 w$$

zu:

$$\begin{aligned} W &= 8100 \cdot 0,8 + 29000 \left( 0,05 - \frac{0,1}{8} \right) \\ &= 7567,7 \text{ WE} = \sim \underline{7500 \text{ WE}}. \end{aligned}$$

2. Der stündliche Kohlenverbrauch hängt ab von der Verdampfungsziffer. Letztere ist:

$$x = \frac{\eta \cdot W}{\lambda - t_o + w(t - t_o)} = \frac{\frac{2}{3} \cdot 7500}{\lambda - 30 + 0,05(174,4 - 30)};$$

nun ist

$$\lambda = 664,9 = \sim 665 \text{ WE}.$$

Hiermit wird

$$x = \frac{\frac{2}{3} \cdot 7500}{665 - 30 + 0,05(174,4 - 30)} = \frac{5000}{642} = 7,8.$$

Da nun 3000 kg Dampf in der Stunde zu erzeugen sind, so beträgt der stündliche Kohlenverbrauch

$$\text{für 3 Kessel } \frac{3000}{7,8} = 384,6 \text{ und}$$

$$\text{für 1 Kessel } \frac{384,6}{3} = \underline{128 \text{ kg}} \text{ in der Stunde.}$$

3. Die Rostfläche bestimmt sich nach dem Luftquantum in cbm, das zur Verbrennung notwendig ist. Nach der Aufgabe sind 21 kg Luft für 1 kg Brennstoff notwendig, das sind

$$V = \frac{GRT}{p} = \frac{21 \cdot 29,27(273 + 15)}{10333} = 17,1 \text{ cbm Luft von } 15^\circ \text{ C.}$$

Hiermit wird die zur Verbrennung von 128 kg Kohle erforderliche freie Rostfläche:

$$R_f = \frac{17,1 \cdot 128}{1 \cdot 3600} = \sim 0,6 \text{ qm}$$

und die totale Rostfläche für einen Kessel:

$$R = 3 \cdot 0,6 = \underline{1,8 \text{ qm.}}$$

4. Die Schornsteinweite und die Schornsteinhöhe berechnen sich wie folgt: 1 kg Brennstoff ergibt mit 21 kg Luft  $1 + 21 = 22$  kg Gase, das gibt:

$$V = \frac{22}{1,29} = \sim 17 \text{ cbm Gas bei } 0^\circ.$$

Demnach ergibt sich der obere lichte Schornsteinquerschnitt bei  $B = \sim 385$  kg Brennstoff:

$$O = \frac{B \cdot V \left(1 + \frac{t_s}{273}\right)}{3600 \cdot c} = \frac{385 \cdot 17 \left(1 + \frac{300}{273}\right)}{3600 \cdot 3} = 1,274 \text{ qm}$$

und der Schornsteindurchmesser an der Mündung:

$$d = 1,27 = \sim \underline{1,3 \text{ m.}}$$

Die Höhe ist:

$$h = 25 \cdot d = 25 \cdot 1,3 = 32,5 = \sim \underline{33 \text{ m.}}$$

5. Der letzte Feuerzug, sowie der Fuchs eines jeden Kessels kann den Querschnitt:

$$f = \frac{1}{4} R = \frac{1,8}{4} = \underline{0,45 \text{ qm}}$$

erhalten. Der gemeinsame Fuchs für alle drei Kessel bekommt dann die Größe:

$$F = 3 \cdot 0,45 = \underline{1,35 \text{ qm.}}$$

Der erste Kesselzug kann etwa die Größe:

$$1,5 f \text{ bis } 1,75 f = 0,675 \text{ bis } 0,79, \text{ also vielleicht } \underline{0,7 \text{ qm}}$$

erhalten. Dazwischenliegende Züge erhalten dazwischenliegende Abmessungen.

#### b) Künstlicher Zug.

Im allgemeinen ist der natürliche, durch einen Schornstein erzeugte Zug vorzuziehen, da er der billigste und zuverlässigste ist. Man kann auch bei den besten Kesselanlagen den Gasen praktisch nicht alle Wärme entziehen, so daß man bei neuen Anlagen immer in der Lage ist, mit Hilfe dieser Abwärme im Schornstein den nötigen Zug zu erzeugen. Beim

künstlichen Zug muß aber außer dem unvermeidlichen Verlust dieser Abwärme immer noch eine gewisse Dampfmenge zum Betriebe der erforderlichen Gebläse aufgewandt werden, außerdem ist mit der Abnutzung und mit der Wartung der erforderlichen maschinellen Einrichtung zu rechnen, so daß trotz der billigeren Anlage der ganze Betrieb meistens teurer kommt als bei Anwendung des natürlichen Schornsteinzuges. Nicht außer acht zu lassen ist auch eine gewisse Unsicherheit des Betriebes bei künstlichem Zuge. Wenn z. B. der den Zug erzeugende Ventilator während des vollen Betriebes, bei dem auf dem Rost helle Glut herrscht, vielleicht durch Schmelzen einer Sicherung plötzlich stehen bleibt, dann wird in ganz kurzer Zeit der Rost vollständig verbrennen, was bei der Zugerzeugung durch den Schornstein nicht vorkommen kann.

Trotzdem kann aber in vielen Fällen der künstliche Zug von erheblichem Nutzen sein. Außer für bewegliche Anlagen, wie Lokomotiven, Lokomobilen, Schiffe, kann der künstliche Zug von Nutzen sein, wenn der vorhandene Schornsteinzug infolge Vergrößerung der Anlage oder infolge Vermehrung der Widerstände durch späteren Einbau von Rauchgasvorwärmern nicht mehr ausreicht, ferner bei Anlagen, bei denen der Betrieb außerordentlich schwankt, besonders wenn nur kurze Zeit eine große Arbeit geleistet werden muß, so daß dann die Betriebskosten des Gebläses verschwinden gegenüber den sonst auftretenden Kosten für die Unterdampfhaltung von Reservekesseln, ferner auch dann, wenn eine minderwertige feine Kohle verbrannt werden soll, die ohne starken Zug nicht zu verbrennen ist, schließlich dann, wenn man wegen eines schlechten Baugrundes oder Platzmangels einen Schornstein nicht bauen kann.

Bezüglich der Ausführungsformen unterscheidet man den Saugzug, und zwar den direkten und den indirekten Saugzug, und den Unterwind.

Beim direkten Saugzug saugt der Ventilator die Rauchgase aus den Zügen an und bläst sie in den vorhandenen Schornstein oder in den neu aufgestellten eisernen Schlot. Hierbei wird der Ventilator verhältnismäßig groß und kann bei etwas hohen Temperaturen und beim Verbrennen stark schwefelhaltiger Kohle leicht angegriffen werden. Bei normalen Abgastemperaturen und normalem Brennstoff halten solche Ventilatoren aber recht gut. Die Anlage hat den Vorteil, daß die Gase durch den Ventilatorbetrieb nicht wesentlich abgekühlt und nicht durch Luftzutritt vermehrt werden und daher im Schornstein der natürliche Auftrieb erhalten bleibt.

Beim indirekten Saugzug saugt ein kleiner Ventilator Luft und bläst sie durch eine meist verstellbare Düse in eine Zusammenschnürung eines eisernen Schlotes, wodurch dann die Rauchgase angesaugt werden.

Fig. 36—38 zeigen eine indirekte Saugzuganlage, die von der Gesellschaft für künstlichen Zug in Berlin für das Kraftwerk Schöneberg geliefert wurde<sup>1)</sup>. Hier ist die ganze Saugvorrichtung über dem Rauchgas-

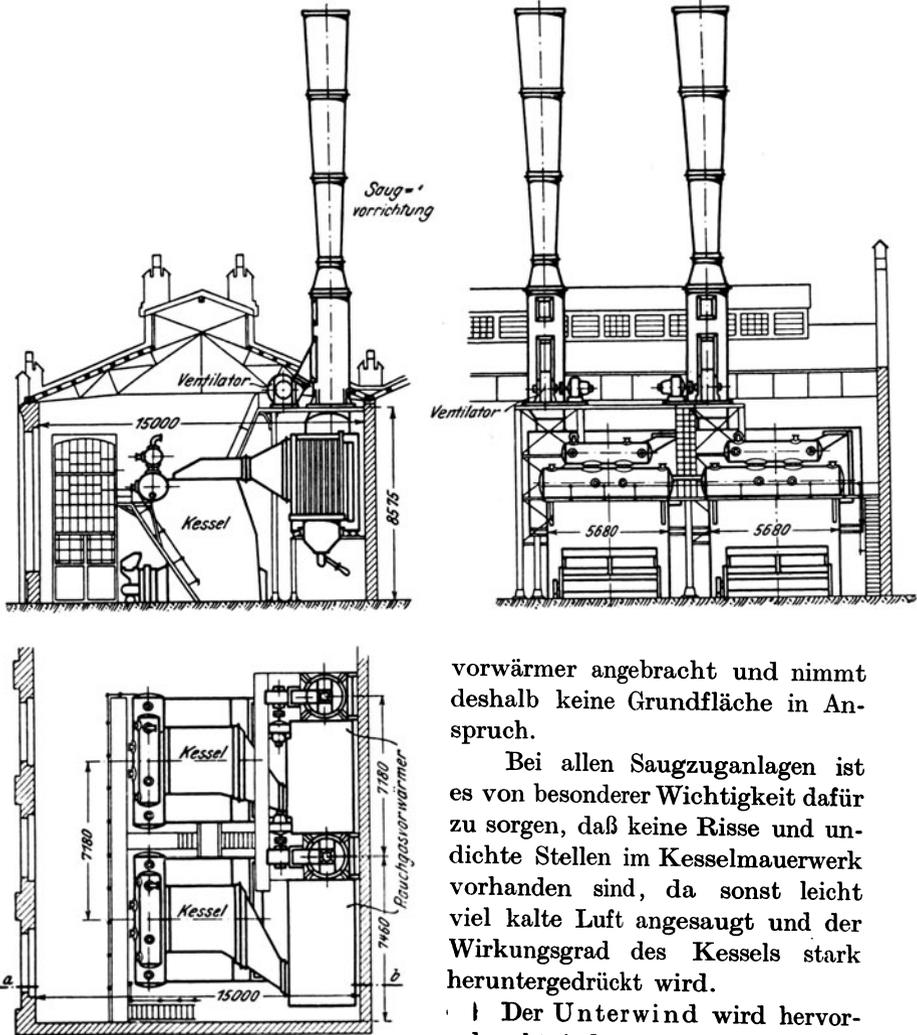


Fig. 36—38.

vorwärmer angebracht und nimmt deshalb keine Grundfläche in Anspruch.

Bei allen Saugzuganlagen ist es von besonderer Wichtigkeit dafür zu sorgen, daß keine Risse und undichte Stellen im Kesselmauerwerk vorhanden sind, da sonst leicht viel kalte Luft angesaugt und der Wirkungsgrad des Kessels stark heruntergedrückt wird.

Der Unterwind wird hervor-  
gebracht, indem entweder mit einem  
Dampfstrahlgebläse oder mit einem

Ventilator Luft durch den Rost geblasen wird. Es ist das notwendig, wenn der Rostwiderstand groß ist, also ein feinkörniger, dichtliegender Brennstoff verbrannt werden soll, kann aber auch bei anderem Brenn-

<sup>1)</sup> Näheres Generlich, Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1909, S. 1453 u. f.

stoff zur Verstärkung der Verbrennung bei Betriebsvergrößerungen von Nutzen sein. Dabei ist zu bemerken, daß der Dampfverbrauch der Dampfstrahlgebläse meist ein sehr hoher ist und daß die Anwendung von Ventilatoren in der Regel vorteilhafter ist. Undichtiges Mauerwerk hat hier bei weitem nicht den Einfluß wie beim Saugzug.

Der Kraftverbrauch wird von M. Gensch<sup>1)</sup> für die Erzeugung des künstlichen Zuges angegeben wie folgt:

direkter Saugzug . . . . .	0,4—0,8%	der Kesselleistung,
indirekter Saugzug . . . . .	1,2—2,5%	„ „
Unterwind . . . . .	0,6—1,5%	„ „

wobei angenommen ist, daß der Dampfverbrauch pro PS einschließlich aller Verluste im großen Durchschnitt 6—8 kg beträgt.

---

<sup>1)</sup> M. Gensch, Berechnung, Entwurf und Betrieb rationeller Kesselanlagen. (Berlin 1913, Julius Springer.)

## IV. Abschnitt.

# Die Dampfkessel.

### 19. Gemeinsames der Dampfkessel.

**Die Heizfläche.** Die Heizfläche oder auch wasserberührte Heizfläche ist der Teil der Oberfläche eines Kessels, der einerseits vom Wasser, andererseits von den Heizgasen berührt wird, und zwar wird dabei immer die den Gasen zugekehrte Seite der Wand gerechnet. Sie dient dazu, die Wärme aufzunehmen und in den Kesselinhalt überzuführen.

Die Wärmeaufnahme erfolgt durch Wärmestrahlung direkt vom Feuer, durch Wärmeleitung bei der Berührung der Heizfläche mit den Heizgasen und durch Strahlung von dem Mauerwerke aus.

Die Wärmeabgabe an den Kesselinhalt kann stattfinden durch Berührung der Wandung mit Wasser oder mit Dampf.

Eine Heizfläche kann um so mehr Wärme aufnehmen und abgeben, je reiner dieselbe und je besser der Wärmeleiter ist, an den sie die Wärme abzugeben hat. Daraus folgt, daß die Kesselwandung frei von Kesselstein, Schlamm und auch von Dampfblasen zu halten ist. Letzteres geschieht durch lebhaftes Zirkulation des Wassers im Kessel.

Der Teil der Oberfläche des Kessels, der innen von Dampf und außen von den Heizgasen berührt wird, ist nicht als Heizfläche anzusehen. Gesetzlich gestattet ist eine Heizung des Dampfraumes nur, wenn die wasserberührte Heizfläche, die zuerst von den Heizgasen bestrichen wurde, bei natürlichem Zuge mindestens 20 mal und bei künstlichem Zuge mindestens 40 mal so groß als die Rostfläche ist.

**Die Größe der Heizfläche *H*.** Zur ungefähren Bestimmung der erforderlichen Heizfläche eines Kessels kann nebenstehende Tabelle dienen.

**Der Wasserraum** ist der stets mit Wasser gefüllte Raum eines Kessels. Seine Größe ist für den Betrieb von großer Bedeutung.

Bei Beispiel 5a in 3., Seite 8, ergab sich, daß in einem Kessel mit 9500 kg Wasser- und 16 kg Dampfinhalt beim Sinken des Druckes von 8 auf  $7\frac{1}{2}$  Atmosphären absolut aus der gesamten Wassermenge 26 600 WE und aus der gesamten Dampfmenge nur 11,2 WE frei wurden, die nun weiter Dampf bilden konnten. Je mehr Wasser daher ein Kessel enthält, um so

Werte für  $\frac{D}{H}$ .

Betrieb	mäßig	flott	angestrengt
Mehrfacher Walzenkessel . . . . .	13	16	22
Flammrohrkessel mit darüberliegendem Heizrohrkessel . . . . .			
Flammrohrkessel . . . . .	16	20	25
Heizrohrkessel . . . . .			
Wasserrohrkessel . . . . .	40 ÷ 60	40 ÷ 70	
Lokomobilkessel . . . . .			
Lokomotivkessel . . . . .		20 ÷ 30	
Schiffskessel als: Zylinderkessel . . . . .		40 ÷ 70	
Lokomotivkesselsystem . . . . .			

weniger braucht der Druck zu sinken, um bei einer gewissen Dampfen-  
entnahme die erforderliche Wärmefreigabe bzw. Nachverdampfung zu  
gestatten. Das Feuer und die Heizgase sind nicht imstande, plötzlich viel  
Wärme in den Kessel zu bringen, vielmehr ist die Wärmeeinströmung in  
den Kessel immer eine ziemlich gleichmäßige. Wird deshalb von einem  
Kessel der Dampf sehr unregelmäßig und dabei plötzlich in großer Menge  
verlangt, wie z. B. bei Kesseln zum Betriebe von Fördermaschinen,  
Walzenzugmaschinen, Dampfhämmern usw., so empfiehlt sich ein ver-  
hältnismäßig großer Wasserraum. Andererseits ist das aber nur vorteil-  
haft bei langen Betriebsperioden, da sonst durch das Kaltwerdenlassen  
der großen Wassermenge große Wärmeverluste entstehen.

Einen verhältnismäßig kleinen Wasserraum wird man dagegen  
wählen bei gleichmäßiger Dampfenentnahme und kurzen Betriebsperioden,  
bei häufigem An- und Abstellen des Kessels und bei sehr rascher Dampf-  
entwicklung aus dem kalten Wasser.

**Der Dampfraum.** Dampfraum nennen wir den Raum eines Kessels,  
der stets mit Dampf gefüllt ist. Er hat den Zweck, dem Dampfe Zeit  
zu lassen, sich von dem mitgerissenen Wasser zu befreien und ist daher  
in Fällen häufig oder plötzlich gesteigerter Dampfenentnahme entsprechend  
groß zu machen. Der Dampfraum dient also nicht als Regler, sondern  
hat nur den Zweck, trockenen Dampf zu liefern.

Von Einfluß auf die Trockenheit des Dampfes ist auch die Größe  
des Wasserspiegels; je größer der Wasserspiegel, desto trockener der  
Dampf.

Der **Dampfdom** bezweckt die Entnahme des Dampfes an einem  
möglichst hochgelegenen Punkte des Kessels und dient gleichzeitig zur  
Anbringung von Absperr- und Sicherheitsventilen.

Die **Dampfenentnahme** erfolgt am besten mit Hilfe eines Dampf-  
entnahmerohres, das im Scheitel des Kessels befestigt und oben durch-

löchert oder geschlitzt ist. Der Querschnitt des Dampfentnahmerohres ist gleich dem doppelten Querschnitte der Dampfentnahmentile zu machen. Solche Dampfentnahmerohre sind auf Tafel 8 in Fig. 6 und auf Tafel 9 in Fig. 3 dargestellt.

**Der Speiseraum.** Speiseraum nennt man den abwechselnd mit Wasser und Dampf gefüllten Kesselraum, d. h. den Raum zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wasserstande. Sein Zweck ist, dem Heizer beim Speisen des Kessels Spielraum zu geben und zur wirksamen Regulierung des Ganges des Kessels zu dienen, z. B. zur Überwindung der Betriebspausen ohne Wärmeverluste.

Das **Gewicht der Kessel** erhält man annähernd richtig, wenn man zu den aus den reinen Abmessungen ermittelten Gewichten noch 22% bis 25% hinzufügt für Überlappungen, Winkeleisen, Laschen Nietköpfe usw. Das Gewicht der Tragpratzen und Stützen ist besonders zu bestimmen.

## 20. Die Hauptkesselsysteme.

### A. Der Walzenkessel.

**Beschreibung.** Der Walzenkessel ist der Form nach ein zylindrisches Gefäß, das an beiden Enden durch gewölbte oder ebene Böden geschlossen ist. Der vordere Kesselboden wird mit einem Vorkopfe zur Anbringung des Wasserstandsanzeigers versehen. Gewöhnlich sind diese Kessel auch mit einem Dome versehen, in dessen Boden die zum Befahren des Kessels erforderliche Einsteigeöffnung, das Mannloch, angebracht wird.

**Konstruktion.** Die Walzenkessel bekommen einen Durchmesser bis zu 1,5 m und eine größte Länge bis zu 10 m. Das Verhältnis des Durchmessers zur Länge ist 1 : 6 bis 1 : 8. Von der gesamten Mantelfläche kann man 0,6 bis 0,65 als wasserberührte Heizfläche rechnen.

Der niedrigste Wasserstand liegt in einer Höhe gleich  $\frac{3}{4}$  des Kessel durchmessers.

Die Schüsse sind konisch zu machen und so anzuordnen, daß die Gase daran vorbeistreichen können, ohne gegen die Nähte zu stoßen.

Im direkten Feuer soll keine Nietnaht liegen, deshalb legt man zuweilen die Feuerplatte mit der Längsrichtung parallel der Kesselachse und läßt sie zwei konische Schüsse überdecken. (Vgl. den mehrfachen Walzenkessel!)

Die Längsachse des Kessels ist nach hinten etwas geneigt, damit das Wasser durch den am Ende des Kessels angebrachten Stützen abgelassen werden kann.

Die Stützung des Kessels erfolgt durch angenietete Pratzen, die in einer Entfernung von 2 m voneinander angeordnet werden. Vorn wird der Kessel zuweilen an Federn aufgehängt. (Vgl. unter 26.)

**Zugführung.** Kleinere Kessel werden oft nur mit einem glatt durchgehenden Feuerzuge versehen. Besser ist die Führung der Heizgase in Schlangenlinien.

**Vorteile.** Der Kessel ist einfach in Konstruktion und Bedienung und ist billig herzustellen. Er enthält von allen Kesselarten den größten Wasserraum, eignet sich demzufolge für Betriebe mit stark wechselndem Dampfverbrauche. Der Dampfraum und der Wasserspiegel sind im Verhältnis zur Heizfläche groß, daher ist der erzeugte Dampf trocken.

**Nachteile.** Da die Feuerzüge sehr kurz sind, so ist die Wärmeausnutzung mangelhaft. Die Dampferzeugung ist nur eine sehr geringe. Man kann bei sparsamem Betriebe nur auf eine Verdampfung von 6 bis 8 kg Wasser auf 1 qm Heizfläche rechnen. Ein Hauptnachteil des liegenden Kessels ist, daß sich Kesselstein und Schlamm hauptsächlich auf der vorderen, über dem Roste liegenden Platte, der Feuerplatte, ansammeln, da das Emporsteigen des Wassers an dieser Stelle, hervorgebracht durch die stärkere Erwärmung, ein Nachströmen des Wassers vom hinteren Teile des Kessels verursacht, wodurch der Schlamm nach vorn geschleppt wird.

**Anwendung.** Der Walzenkessel ist nur für kleinere Kesselanlagen bis zu 25 qm Heizfläche geeignet und wird wegen seiner bedeutenden Nachteile wenig mehr angewandt.

## B. Der mehrfache Walzenkessel.

**Beschreibung.** Ein mehrfacher Walzenkessel besteht aus mehreren übereinander und nebeneinander gelagerten Walzenkesseln. Ober- und Unterkessel werden durch Stützen von 350 mm bis 450 mm Durchmesser verbunden. Der höchstgelegene Punkt eines jeden Unterkessels muß mit dem Oberkessel Verbindung haben, damit der sich entwickelnde Dampf nach oben steigen kann.

Diese Kessel wurden früher vielfach als Gegenstromkessel gebaut mit einem oder zwei Unterkesseln, wobei der kalt gespeiste Unterkessel die letzte Hitze erhielt und der Weg der Heizgase genau entgegengesetzt dem Wege des Wassers war. Hierdurch sollte ein am Kessel überall gleiches Temperaturgefälle erreicht werden. Es hat sich aber gezeigt, daß durch die sehr träge Wasserzirkulation der Wärmeeintritt in den Kessel sehr gehemmt wird und daß die Unterkessel sehr stark von innen und außen verrosten.

Das Rosten im Innern der Unterkessel entsteht dadurch, daß aus dem frisch eintretenden Speisewasser bei der Erwärmung Luft und Kohlen säurebläschen frei werden, die sich an die Wand ansetzen. Äußerlich kann ein Rosten dadurch entstehen, daß sich an der verhältnismäßig kalten Kesselwand der in den Heizgasen enthaltene Wasserdampf niederschlägt.

Aus diesen Gründen hat man dieses Kesselsystem jetzt allgemein verlassen.

Ferner hat man mehrfache Walzenkessel vielfach so gebaut, daß man

Ober- und Unterkessel von gleicher Länge machte, mit Unterfeuerung versehen und nun die Gase erst am Unterkessel vorbei und dann in zwei Zügen am Oberkessel vorbeiführte. Dieses System hat folgende Mängel:

Die Wasserzirkulation ist sehr gering. Die hauptsächlich unten in großer Menge gebildeten Dampfblasen können durch die 2 oder 3 Verbindungsstutzen nicht leicht genug in den Oberkessel steigen. Der sich aus dem Wasser abscheidende Schlamm legt sich leicht auf den unteren Platten des Unterkessels fest, die doch gerade die erste Hitze bekommen.

Am besten ist es, 2 Oberkessel und 2 Unterkessel (Tafel 10, Fig. 1) oder 1 Oberkessel und 1 Unterkessel (Tafel 10, Fig. 2) so anzuordnen, daß der Rost unter den zu diesem Zwecke vorspringenden Oberkessel zu liegen kommt und die Heizgase auf und ab in Schlangelinien zugleich am Ober- und Unterkessel entlang ziehen.

Sind 2 Oberkessel und 2 Unterkessel vorhanden, so verbindet man die Dampf Räume der Oberkessel durch einen gemeinsamen Dampfsammler oder durch ein gemeinsames Dampfentnahmerohr, die Unterkessel durch einen Querstutzen oder durch ein Verbindungsrohr von etwa 150 mm lichter Weite. Die Speisung erfolgt am besten in den Oberkessel durch ein gerades Rohr, das nach dem hinteren Verbindungsstutzen zu mündet.

Die Lagerung erfolgt durch Kesselstühle, die unter den Unterkessel gestellt werden. Das vorspringende Stück des Oberkessels wird durch einen Tragpratzen an der Stirnseite oder besser durch federnd aufgehängte Zugstangen gehalten; oder es wird der Unterkessel unterstützt und außerdem der ganze Oberkessel aufgehängt.

**Konstruktion.** Das Verhältnis  $\frac{D}{H}$  kann bei mäßigem Betriebe gleich 13, das Verhältnis  $\frac{R}{H} = \frac{1}{25}$  bis  $\frac{1}{30}$  angenommen werden.

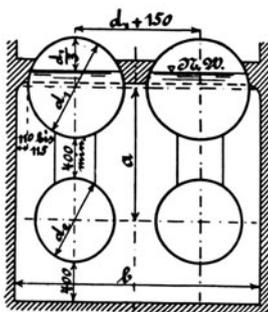


Fig. 39.

Für  $H = 50$  qm bis  $H = 100$  qm Heizfläche können 2 Oberkessel und 2 Unterkessel gewählt werden, kleinere Kessel bekommen einen Ober- und einen Unterkessel.

Den Durchmesser des Oberkessels setze man  $d_1 = 0,8$  bis  $1,5$  m, allgemein  $d_1 = 0,12\sqrt{H}$ , wobei die Länge des Kessels  $l_1 = 9d_1$  bis  $10d_1$  wird.

Den Durchmesser des Unterkessels setze man  $d_2 = 0,8d_1$  oder bestimme ihn wie folgt: Die Entfernung der beiden Oberkessel (Fig. 39) nehme man  $d_1 + 150$  mm, dann folgt, wenn man den Zwischenraum zwischen den beiden Unterkesseln wegen des Befahrens 350 mm setzt:

$$d_1 + 150 = d_2 + 350$$

und

$$d_2 = d_1 + 150 - 350 = d_1 - 200 \text{ mm.}$$

Die kleinste Entfernung von Mitte Oberkessel bis Mitte Unterkessel sei

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} + 400 \text{ mm.}$$

Die Längsmauern können einen Abstand erhalten  $b = 2 d_1 + 400$  mm, so daß zwischen Kessel und Mauerwerk noch ein Abstand von 110 bis 115 mm bleibt.

Die Entfernung des niedrigsten Wasserspiegels vom Scheitel sei etwa  $\frac{d_1}{3}$ . Die Oberkante der Züge liege 100 mm unter dem niedrigsten Wasserstande.

Der Unterkessel bekommt nach hinten eine Neigung von  $\frac{1}{25}$  bis  $\frac{1}{30}$ . Die Schüsse des Oberkessels und des Unterkessels werden konisch gemacht, damit die Heizgase nicht gegen die Blechkanten stoßen.

Die Feuerplatte wird wie beim einfachen Walzenkessel lang gelegt.

**Zugführung.** Die Einmauerung ist am besten eine Kammercinmauerung. Bei dieser werden die Heizgase schlangenförmig so geführt, daß sie die Kesselwandungen rechtwinklig treffen. Die Scheidewände zwischen den Heizkammern bestehen aus feuerfestem Materiale und sind  $\frac{1}{3}$  Stein stark. Die bis zur Höhe des Oberkessels reichenden sollen nicht bis an den Kessel herangehen, sondern einen kleinen Zwischenraum lassen, damit sich keine toten Ecken ohne Gasströmung bilden.

**Vorteile.** Die mehrfachen Walzenkessel sind einfach in der Konstruktion, leicht zu reinigen, wenig reparaturbedürftig und verwendbar für hohe Dampfspannungen und bei minderwertigem Brennstoff. Sie erzeugen trockenen Dampf. Der große Wasserraum macht sie für wechselnden Betrieb geeignet.

**Nachteile.** Die Wärmestrahlungsverluste sind bedeutend. Die Kessel beanspruchen einen ziemlich großen Raum und eine große Grundfläche.

**Anwendung.** Die Kessel können bei ununterbrochenem Betriebe und bei 25 bis 100 qm Heizfläche eines Kessels angewandt werden vorausgesetzt, daß der erforderliche Platz vorhanden ist.

### C. Die Flammrohrkessel oder Cornwallekessel.

**Beschreibung.** Walzenkessel mit weiten, der Länge nach eingebauten und mit den Kesselböden verbundenen Rohren, den sogenannten Flammrohren, durch welche die Heizgase gehen, heißen Flammrohrkessel. Je nach Anzahl der Flammrohre eines Kessels unterscheidet man Ein-, Zwei- und Dreiflammrohrkessel.

Beim Einflammrohrkessel legt man das Flammrohr jetzt nicht mehr in die vertikale Mittellinie, sondern seitlich davon. Man nennt solchen Kessel auch Seitrohrkessel. Durch die seitliche Lage der Flammrohre gewinnt man Raum zum Befahren des Kessels und eine bessere Wasser-

zirkulation, da das Wasser an der engeren Seite stärker erwärmt wird als an der anderen Seite. — Die Flammrohre selbst können glatt oder gewellt sein.

In die Flammrohre quer eingesetzte Rohre, sog. Quersieder (Fig. 40), heißen Gallowayrohre, die Kessel Gallowaykessel.

Gallowayrohre geben gute Heizfläche, versteifen die Flammrohre und erhöhen die Wasserzirkulation. Ihre Anwendung ist nur empfehlenswert bei reinem Speisewasser und wegen der erschwerten Befahrung der Flammrohre nur bei größeren — mindestens 700 mm — Flammrohrdurchmessern. Die Firma A. Borsig in Tegel b. Berlin und Borsigwerk in Oberschlesien hat die Nachteile der geraden Gallowayrohre zu umgehen gesucht durch Einführung gebogener, eingeschweißter Rohre nach Fig. 41, die auch die Gase zwingen, nach unten zu strömen und die Flugasche aus dem Flammrohr mit fortzureißen.

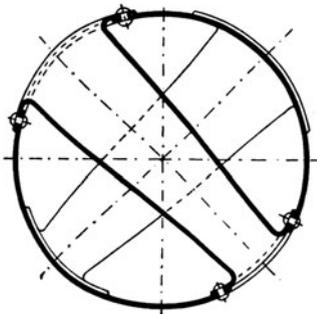


Fig. 40.

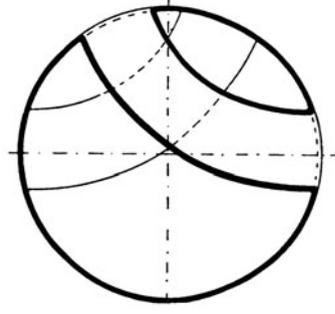


Fig. 41.

Die Feuerung der Flammrohrkessel ist meist eine Innenfeuerung und nur dann eine Vorfeuerung, wenn der Brennstoff eine solche verlangt. Im letzteren Falle verkleidet man, um die Stichflamme von den Nietnähten der Stirnwand und der Flammrohre abzuhalten, diese Stellen mit Schamott.

**Konstruktion.** Bei mäßigem Betriebe kann man, wenn kein Überhitzer vorhanden ist, mit 1 qm Heizfläche etwa 16 kg Dampf in einer Stunde erzeugen, bei Kesseln mit Überhitzer kann man 18 kg Dampf rechnen, und es ist das Verhältnis  $\frac{R}{H} = \frac{1}{28}$  bis  $\frac{1}{35}$ , im Mittel  $\frac{1}{30}$  anzunehmen.

a) Einflammrohrkessel (Tafel 11 und 12). Man macht, wenn nicht besondere Gründe etwas anderes verlangen:

den Manteldurchmesser

bei glattem Flammrohr  $d = 0,26 \sqrt{H} = 1200 \text{ bis } 1800 \text{ mm}^1$ ),

<sup>1)</sup> Wegen der Möglichkeit der Reinigung und Untersuchung ist es ratsam, möglichst nicht unter 1400 mm zu gehen. Ist man doch gezwungen, noch weniger zu nehmen, so empfiehlt es sich, das Flammrohr mit dem vorderen Boden ausziehbar zu machen.

denselben bei Wellrohr  $d = 0,25 \sqrt{H} = 1400$  bis  $2300$  mm,  
 den Flammrohrdurch-  
 messer bei glattem Rohr  $d_1 = 0,5 d = 600$  bis  $900$  mm<sup>1)</sup>,  
 Flammrohrmitte unter  
 Kesselmitte  $= 0,1 d = 120$  bis  $180$  mm,  
 den niedrigsten Wasser-  
 stand über Flammrohr  $0,1 d + 10$  mm  $= 130$  bis  $190$  mm,  
 den niedrigsten Wasserspiegel über Kesselmitte etwa  $\frac{d}{4} = 300$  bis  
 $450$  mm,  
 Spielraum zwischen Mantel und Flammrohr mindestens  $125$  mm.

Abmessungen der Wellrohre siehe S. 162.

Die Heizfläche eines Wellrohres ist  $1,14$  mal so groß als die eines  
 glatten Rohres mit einem Durchmesser gleich dem mittleren Durchmesser  
 des Wellrohres.

b) Zweiflammrohrkessel (Tafel 13, 14, 15 und 16).

Manteldurchmesser bei  
 glatten Flammrohren  $d = 0,24 \sqrt{H} = 1600$  mm bis  $2500$  mm,  
 derselbe bei Wellrohren  $d = 0,22 \sqrt{H}$  bis  $0,23 \sqrt{H}$ .  
 Flammrohrdurchmesser  $d_1 = 0,5 d - 250$  bis  $0,5 d - 300$  mm.  
 Flammrohrmitte unter  
 Kesselmitte  $0,1 d - 70$  mm  $= 90$  bis  $170$  mm.  
 Niedrigster Wasserstand  
 über Flammrohr  $0,1 d + 20$  mm  $= 180$  bis  $260$  mm.  
 Niedrigster Wasserspiegel über Kesselmitte  $0,25 d = 400$  bis  $600$  mm.  
 Spielraum zwischen zwei Flammrohren mindestens  $150$  mm.  
 Spielraum zwischen Mantel und Flammrohr mindestens  $125$  mm.

c) Dreiflammrohrkessel (Tafel 17, Fig. 1 bis 6). Dieselben sind  
 bisher durchweg mit einem Durchmesser von  $2500$  mm ausgeführt und  
 bekamen dabei ca.  $110$  bis  $150$  qm Heizfläche. Von Schulz Knautd in  
 Huckingen (Kreis Düsseldorf) werden jetzt aber auch Spezialböden für  
 Dreiflammrohrkessel mit den Durchmessern  $2600$  bis  $3000$  mm (siehe  
 Tabelle unter 37, 2. A, e) geliefert. Damit wird es keine Schwierigkeiten  
 machen, künftig Dreiflammrohrkessel bis  $200$  qm Heizfläche herzu-  
 stellen. Als Unterkessel für Doppelkessel hat bereits die Sächsische  
 Maschinenfabrik in Chemnitz Dreiflammrohrkessel mit  $3200$  mm Durch-  
 messer, sowie die Firma Jacques Piedboeuf in Düsseldorf Dreiflammrohr-  
 kessel mit  $3000$  mm Durchmesser hergestellt (vgl. Tafel 25). Die Leistung  
 der Dreiflammrohrkessel kann etwas höher angenommen werden als die

<sup>1)</sup> Bei Kesseln mit Wellrohr vergleiche auch Bodentabelle in 37, 2. A, d.

der anderen Flammrohrkessel, bei mäßigem Betriebe etwa 18 bis 20 kg pro 1 qm Heizfläche, auch der Wirkungsgrad dieser Kessel ist etwas

höher. Wesentlich bei Dreiflammrohrkesseln ist die Anwendung von mechanischen Rostbeschickern, da ohne diese die Rostbedienung unbequem ist und in der Regel auch wohl weniger sachgemäß erfolgen dürfte.

Ein Dreiflammrohrkessel besonderer Konstruktion wird von der Aktiengesellschaft H. Paucksch in Landsberg a. d. Warthe geliefert (Fig. 42). Im vorderen Teil des Kessels liegen nur zwei Flammrohre, in denen der Rost untergebracht ist. In den hinteren zwei Dritteln des Kessels liegt unter den beiden Flammrohren noch ein drittes. Nachdem die Gase die beiden oberen Flammrohre bestrichen haben, gehen sie zum Teil durch das dritte Rohr, zum Teil unter dem Kessel her nach vorn und dann durch zwei Seitengänge nach hinten. Oben liegt im Wasserraum zwischen den beiden oberen Flammrohren eine Rinne, in die hinten das Speisewasser eingelassen wird und die vorn ein nach unten gehendes längliches Abfallrohr trägt. Es wird da-

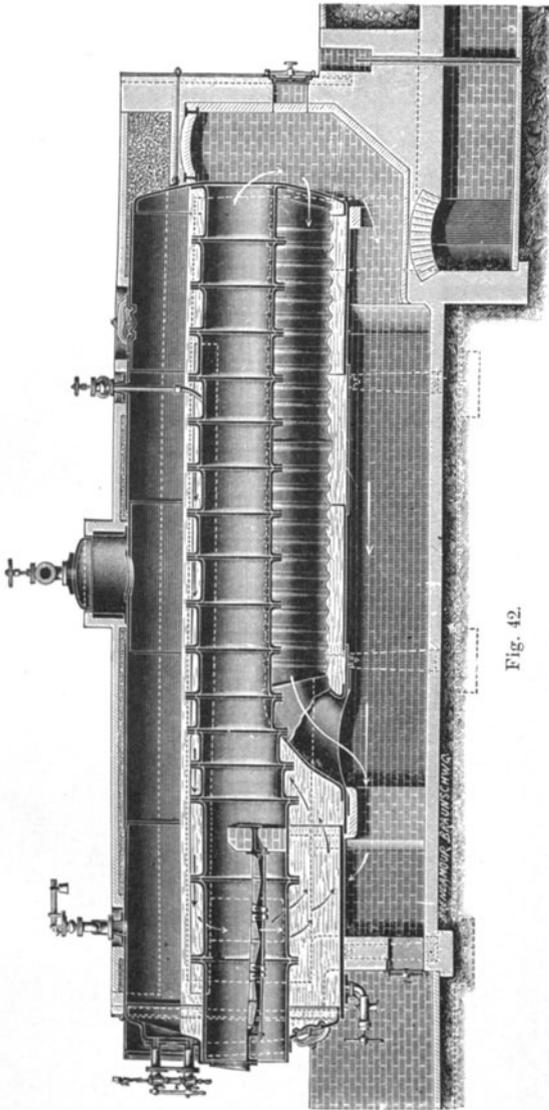


Fig. 42.

durch ein Aufsteigen des sich zwischen den drei Rohren stark erwärmenden Wassers und ein Nachströmen des frisch gespeisten Wassers durch das Abfallrohr und somit ein lebhafter Wasserumlauf erzielt. Das frische Speisewasser muß lang durch die Rinne laufen, erhitzt sich hier stark

und gibt hier schon die im Wasser befindliche Luft und Kohlensäure ab, die bequem in den Dampfraum entweichen können. In der Rinne scheidet sich auch schon ein wesentlicher Teil des Kesselsteins aus, ein anderer großer Teil vorn unterhalb der beiden Flammrohre. Die Firma führt solche Kessel von 70 bis 130 qm, mit Vorfeuerung bis 140 qm Heizfläche und bis zu einem Überdruck von 12 Atm. aus. Die Durchmesser gehen von 2100 bis 2500 mm. Die Kessel sollen 30 bis 32 kg Dampf pro 1 qm Heizfläche und Stunde liefern bei 70 bis 72% Brennstoffausnutzung.

Vergößerung der Heizfläche durch ein Gallowayrohr bei einem Flammrohrdurchmesser $d_1 = 700$	750	800	850
um	0,37	0,40	0,54
Der Durchm. der Gallowayrohre ist	0,265/0,140	0,300/0,175	0,300/0,175
	mm	qm	m

Die Wandstärken der Gallowayrohre betragen 8, 9½ und 11 mm; ihren Abstand kann man 1,25 bis 1,5 m nehmen.

**Der Kesselmantel** wird meist aus zylindrischen Schüssen zusammengesetzt. Damit die umgezogenen Kesselböden gleich groß werden, nimmt man am besten eine ungerade Zahl von Schüssen; bei einer geraden Anzahl der Schüsse müßte ein Schuß konisch werden. Wird ein Boden mit Winkeleisenring am Mantel befestigt, so ist die Anzahl der Schüsse gleichgültig. Die Schüsse werden fast nur noch aus einem Blech gebildet, es werden Bleche bis zu 12 500 kg Gewicht verarbeitet. Die Längsnähte werden so versetzt, daß sie nicht in das Mauerwerk zu liegen kommen.

#### **Die Flammrohre.**

a) Glatte Flammrohre. Die Wandstärke der Flammrohre soll im allgemeinen 15 mm nicht überschreiten. Um ihre Widerstandsfähigkeit zu vergrößern, versieht man sie mit besonderen Versteifungen. Hierüber siehe S. 161. Die Längsnaht der Flammrohre wird geschweißt, selten genietet. Die Nähte kommen stets nach unten zu liegen. Im direkten Feuer soll keine Nietnaht liegen, und die heißen Gase sollen nicht gegen eine Blechkante stoßen. Am besten und neuerdings am gebräuchlichsten sind solche Rundnähte, die der Einwirkung des Feuers ganz entzogen sind<sup>1)</sup>. Häufig wird das Flammrohr hinten um 100 mm enger als vorn gemacht.

b) Gewellte Rohre. Diese besitzen bei geringer Wandstärke eine große Widerstandsfähigkeit und eine große Elastizität in der Längsrichtung. Aus den Wellen läßt sich jedoch die Asche nicht gut entfernen. Mit Vorteil wird der erste Schuß eines sonst glatten Flammrohres aus Wellrohr hergestellt, da dann das Rohr elastisch und an den Verbindungsstellen nicht so leicht undicht wird.

<sup>1)</sup> Siehe Flammrohrversteifungen S. 161 u. 162.

**Kesselböden.** Die Kesselböden können eben oder gewölbt sein. Neuerdings werden fast nur gewölbte Böden angewandt. Ebene Böden müssen gut verankert werden. Es geschieht das fast nur durch Eckbleche, die mit Hilfe von Winkeleisen einerseits am Boden, andererseits am Mantel befestigt sind<sup>1)</sup>.

**Die Speisewasserzuführung** erfolgt beim Einflammrohrkessel am besten durch die vordere Stirnwand hindurch an der Seite des Flammrohrs, an der der weiteste Zwischenraum zwischen Flammrohr und Mantel ist. Das Speiserohr ragen etwa 2 bis 3 m weit in den Kessel hinein und münde etwa 120 mm unter dem Niedrigwasserspiegel horizontal. Beim Zwei- und beim Dreiflammrohrkessel mündet das Speiserohr am besten in derselben Höhe, aber zwischen den beiden Flammrohren. Man hängt entweder von oben her ein Einhängerohr aus Gußeisen, Schmiedeeisen oder Kupfer in den Kessel, das unten mit einem kleinen Krümmer versehen ist, oder man bringt das Speiserohr wie beim Einflammrohrkessel in der vorderen Stirnwand seitwärts an, führt es einige Meter gerade aus oder kröpft es im Kessellinnern über das eine Flammrohr so, daß es zwischen beiden Flammrohren ausmündet (Tafel 9, Fig. 3).

**Zugführung.** Bei allen Flammrohrkesseln bildet das Flammrohr den ersten Zug. Die Weiterführung der Heizgase kann geschehen:

a) Durch zwei Seitenzüge und einen Unterzug, und zwar können die Seitenzüge den zweiten Zug und der Unterzug den letzten Zug bilden (Tafel 16, Fig. 2), oder umgekehrt. Letztere Anordnung empfiehlt sich mehr, da man hierbei eine gleichmäßigere Erwärmung des Kesselwassers und einen etwas besseren Wirkungsgrad erhält. Die Einmauerung bedingt breite Seitenzüge, damit sie befahrbar sind, womit die schon bei der Besprechung der Heizkanäle hervorgehobenen Nachteile verknüpft sind.

b) Durch zwei Seitenzüge, von denen jeder den Kessel zur Hälfte umgibt (Fig. 43 und Tafel 13). Beide Kanäle werden durch eine unter der Mitte des Kessels gelegene Wand getrennt. Der Kanal, der dem Flammrohr am nächsten liegt, bildet den zweiten Zug. Dadurch erfolgt an dieser Stelle eine stärkere Wärmezufuhr als auf der anderen Seite des Flammrohrs und infolgedessen ein Aufsteigen des Wassers, während es auf der anderen Seite wieder hinuntersinkt. Die Heizkanäle sind bei dieser Anordnung bequem befahrbar und können enger wie im ersten Falle gemacht werden. Diese Einmauerung ist die gebräuchlichste für Ein-, Zwei- und Dreiflammrohrkessel.

c) Durch einen Unterzug und einen Oberzug (Fig. 44 und Tafel 14). Die Gase umspülen, nachdem sie das Flammrohr oder die Flammrohre verlassen haben, den ganzen vom Wasser bespülten Mantel bis zu einer ziem-

<sup>1)</sup> Siehe Versteifungen ebener Wände S. 163.

lich vorn liegenden gemauerten Querwand gehen dann durch eine unten in der Wand angebrachte Öffnung hindurch, steigen an dieser Wand empor und umspülen dann in einem Oberzuge den Dampfraum des Kessels. Diese Einmauerung ist nicht mehr sehr gebräuchlich, die gute Unterbringung eines Überhitzers macht dabei Schwierigkeiten, sonst bietet sie den Vorteil, daß der Mantel des Kessels sehr gleichmäßig erwärmt wird und daß die Reinigung der Züge eine verhältnismäßig bequeme ist.

**Vorteile.** Die Flammrohrkessel besitzen im Flammrohr eine sehr wirksame Heizfläche. Bei Innenfeuerung sind die Strahlungsverluste gering. Der Wasserraum und der Wasserspiegel ermöglichen ein leichtes Anheizen und die Erzeugung von trockenem Dampf. Die Reinigung der Kessel ist sehr einfach. Die Reparaturen sind sehr gering. Die Wartung ist verhältnismäßig einfach und leicht. Die Druckschwankungen sind gering.

**Nachteile.** Bei schlechter Wartung und eintretendem Wassermangel können die Flammrohre, die die größte Hitze erleiden, vom Wasser entblöbt werden, wodurch die Kessel in große Gefahr kommen. Die Wasserzirkulation ist gering.

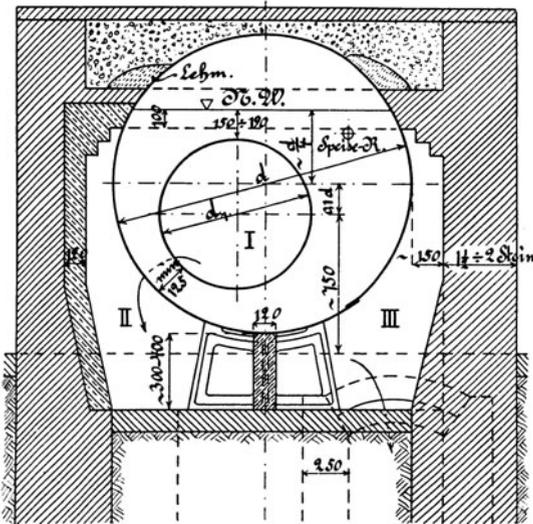


Fig. 43.

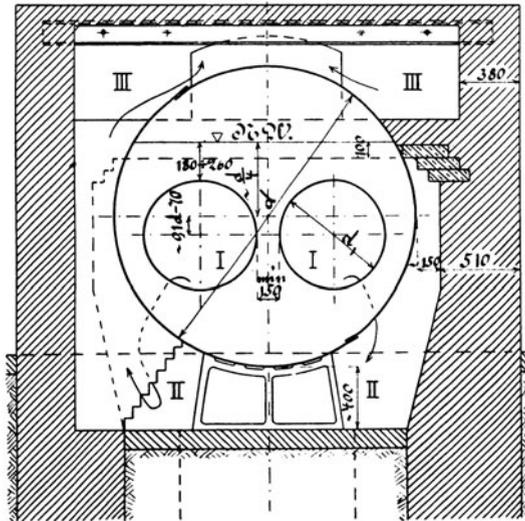


Fig. 44.

**Anwendung.** Einflammrohrkessel werden für Heizflächen von 15 qm bis 50 qm, Zweiflammrohrkessel für Heizflächen von 40 qm bis 100 qm, Dreiflammrohrkessel bisher bis etwa 150 qm Heizfläche, Seitrohrkessel mit Wellrohren für Heizflächen von 20 qm bis 95 qm angewandt. Alle diese Kessel eignen sich gut für ununterbrochenen Betrieb bei ungleichmäßiger Dampfentnahme.

#### D. Der Heizrohrkessel. Tafel 18, Fig. 1.

**Beschreibung.** Ein zylindrischer Kessel ist statt von 1, 2 oder 3 größeren Rohren von einer größeren Anzahl kleiner Rohre durchzogen, die im Innern die Heizgase führen und außen vom Wasser umgeben sind. Die Feuerung ist eine Unterfeuerung oder eine Vorfeuerung.

**Konstruktion.** Mit 1 qm Heizfläche kann man in einer Stunde im allgemeinen nicht mehr als 16 kg Dampf erzeugen. Bei größerer Beanspruchung werden die Reparaturen leicht sehr bedeutend. Das Verhältnis  $\frac{R}{H}$  nimmt man meistens gleich  $\frac{1}{40}$  bis  $\frac{1}{50}$ . Der Manteldurchmesser beträgt 1,25 bis 2 m. Der äußere Durchmesser der Rohre wird verschieden groß, meist zwischen 70 und 102 mm genommen. Sehr gebräuchlich ist ein äußerer Durchmesser von 95 mm. Die Länge der Rohre nimmt man meistens 40 bis 50 mal so groß als den inneren Durchmesser, meist jedoch nicht über 5 m. Eine Normaltabelle solcher Rohre, wie sie von dem Röhrenwerk Eller der Gelsenkirchener Bergwerks-Aktien-Gesellschaft in Düsseldorf-Eller hergestellt und geliefert werden, ist in 37., 1 abgedruckt. Diese Rohre werden auf 20 Atm. inneren Wasserdruck geprüft. Der freie Rohrquerschnitt sämtlicher Rohre sei möglichst nicht kleiner als  $\frac{R}{6}$ . Der Luftzug ist bei weiten Rohren besser als bei engen, jedoch nutzen enge Rohre die Wärme besser aus. Da sich aber weite Rohre auch nicht so leicht zusetzen und sich leichter reinigen lassen, nimmt man, wenn es geht, lieber weite Rohre.

Wegen der Möglichkeit des leichteren Hinein- und Herausbringens werden die Rohre an einem Ende um 3 mm im Durchmesser aufgeweitet (Tafel 18, Fig. 2), was meistens schon von den Röhrenwerken besorgt wird. Die Rohre werden in den Rohrwänden mittels Einwalzens mit einem Rohrwalzapparat befestigt. Die Rohrenden läßt man gewöhnlich etwa 3 mm aus dem Kesselboden herausstehen. Umgenietet werden die vorstehenden Rohrenden selten<sup>1)</sup>. Es ist gut, einzelne Rohre als Ankerrohre (Tafel 18, Fig. 3) auszuführen. Diese bekommen eine Wandstärke von 7 mm und werden in die Kesselböden mit feinem Gewinde (11 Gang auf

<sup>1)</sup> Lokomotivrohre siehe später.

1" engl.) eingeschraubt. Ein Aufschrauben von Gegenmuttern auf die Enden der Rohre ist überflüssig und nicht zu empfehlen, da die vorstehenden Muttern sehr bald verbrennen.

Die Rohre können, wie auf Tafel 18 in den Figuren 4 bis 7 angegeben, auf den Ecken von Quadraten oder von Sechsecken angeordnet werden.

Die Anordnung nach Fig. 4 oder 6 hat den Vorteil, daß sich zwischen den Rohren senkrechte Straßen bilden, durch die die Dampfblasen bequem aufsteigen können. Das ist bei der Anordnung nach Fig. 5 oder 7 nicht der Fall. Bei der Anordnung nach Fig. 6 oder 7 lassen sich mehr Rohre unterbringen, die quadratische Anordnung nach Fig. 4 hat jedoch den großen Vorzug, daß man die Rohre am äußeren Umfange leichter reinigen kann. Man wird daher stets die Anordnung nach Fig. 4 wählen wenn es nicht darauf ankommt, möglichst viel Heizfläche auf einen kleinen Raum zusammenzudrängen. Zwischen den einzelnen Rohren bleibe ein Zwischenraum von etwa 25 mm. Alle Rohre werden in zwei Gruppen untergebracht, die zwischen sich einen Raum von 350 mm (mindestens 300 mm) Weite frei lassen, der zum Befahren des Kessels dienen soll.

Man kann auch nur eine Gruppe der Rohre bilden und diese einseitig legen. (Vgl. Tabelle über Böden für Rauchröhrenkessel von Schulz Knaut, Fig. 219.)

Die Mantelschüsse macht man konisch, und zwar den ersten Schuß so lang, daß die zweite Rundnaht des Kessels wenigstens 500 mm hinter die Feuerbrücke zu liegen kommt. Die Böden können eben oder gewölbt sein. Bei ebenen Böden ist die Anbringung der Rohre eine einfachere, es müssen aber die Böden verankert werden. Um diese Verankerungen zu vermeiden, werden von den Hüttenwerken jetzt gewölbte Kesselböden mit ebenen Flächen zur Aufnahme der Heizrohre geliefert. Siehe Tabelle unter 37, 2 A. f) und B. e).

Die Speisung erfolgt am besten von oben durch ein Einhängerohr, das dicht unter dem Niedrigwasserspiegel horizontal ausmündet. Den Niedrigwasserspiegel legt man um  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  vom Halbmesser über die Mitte des Kessels, er muß mindestens 100 mm, besser 120 mm über der Oberkante der obersten Rohre liegen.

Die Lagerung geschieht gewöhnlich durch Aufhängen an Tragpratzen.

**Zugführung.** Diese kann so erfolgen, daß die Gase erst einen Unterzug, dann die Rohre und zuletzt einen Oberzug durchziehen (Tafel 18, Fig. 1). Das hat den Vorteil, daß die Züge verhältnismäßig bequem zu reinigen sind, und der Rost leicht groß genug gemacht werden kann, aber den Nachteil, daß die Gase beim Eintritt in die Heizrohre noch sehr heiß sind, wodurch die Heizrohre am hinteren Ende stark angegriffen und leicht undicht werden.

Die Gase können auch zuerst einen Unterzug, dann die Rohre und schließlich zwei Seitenzüge durchziehen. Diese Einmauerung eignet sich

nur für größere Kessel, da man sonst die Züge nicht leicht groß genug zum Befahren machen kann. Die Rohre werden hier ebenfalls leicht undicht, und es ist schwerer, den Rost in genügender Größe anzuordnen.

Um die Befestigungsstellen der Rohre mehr zu schonen, führt man die Gase auch zuerst durch einen Unterzug, dann durch zwei Seitenzüge zurück und schließlich durch die Rohre nach hinten. Bei nicht sehr großen Kesseln werden dabei aber auch die Züge und der Rost klein.

**Vorteile.** Der Kessel beansprucht bei großer Heizfläche sehr wenig Platz, läßt sich schnell anheizen und ist billig.

**Nachteile.** Der Kessel verlangt ziemlich viele Reparaturen, da die Befestigungsstellen der Rohre, besonders wenn diese den zweiten Zug bilden, sehr leicht undicht werden. Aber auch die Rundnähte werden leicht undicht, da die unteren Teile des Mantels wesentlich stärker als die oberen durch das verhältnismäßig große Feuer erwärmt werden. Ferner ist es unvermeidlich, daß sich auf den Feuerplatten Kesselsteinstückchen und Schlamm ablagern. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß der Dampfraum, sowie der verdampfende Wasserspiegel im Verhältnis zur Heizfläche, also zur Dampferzeugung, sehr klein ausfallen, wodurch ein sehr nasser Dampf bedingt wird. Schließlich ist auch der Wasserinhalt im Verhältnis zur Heizfläche ein sehr kleiner, so daß bei schwankendem Betriebe auch der Dampfdruck sehr schwanken muß. Der Kessel ist im Innern sehr schwer zu reinigen, so daß nur sehr reines und möglichst keinen Kesselstein absetzendes Wasser benutzt werden sollte. Es ist schon öfters vorgekommen, daß der Zwischenraum zwischen den Rohren fast ganz mit Kesselstein ausgefüllt war.

**Anwendung.** Die einfachen Heizrohrkessel werden wegen ihrer großen Nachteile nur sehr wenig und höchstens nur dann angewandt, wenn es bei Vorhandensein sehr guten Wassers darauf ankommt, viel Heizfläche auf kleinem Raume unterzubringen. Bei den später zu beschreibenden Wasserrohrkesseln gelingt das zwar noch besser, jedoch sind letztere teurer als die Heizrohrkessel. Bei Brennstoffen mit geringem Heizwert, wie Sägespänen, Braunkohlengrus, haben sich solche Kessel bisher weit besser bewährt als bei besseren Brennstoffen. Heizrohrkessel werden mit etwa 25 bis 150 qm Heizfläche gebaut.

## **E. Zusammensetzung der Kessel unter A. bis D.**

### **1. Heizrohrkessel mit daruntergelegten Siedern.**

**Beschreibung.** Unter einem Heizrohrkessel sind parallel mit ihm zwei zylindrische Unterkessel von etwa 600 bis 1000 mm Durchmesser angebracht, die durch je zwei Stützen mit dem Oberkessel verbunden sind. Die Feuerung ist unter den Unterkesseln angebracht.

**Konstruktion.** Soll der Kessel nicht leiden, so kann man mit 1 qm Heizfläche in 1 Stunde nicht mehr als 16 kg Dampf bilden. Das Verhältnis  $\frac{R}{H}$  kann man etwa zu  $\frac{1}{40}$  annehmen. Über den Oberkessel gilt sonst das unter D Gesagte.

**Zugführung.** Der Kessel wird am besten so eingemauert, daß die Heizgase zuerst unter den Unterkesseln, dann unter dem Oberkessel herstreichen und schließlich durch die Heizrohre ziehen.

**Vorteile.** Der Kessel beansprucht sehr wenig Grundfläche. Er ist in bezug auf Reparaturen etwas günstiger als der einfache Heizrohrkessel, da die empfindlichen Heizrohre die letzte Hitze bekommen.

**Nachteile.** Dampfraum und Wasseroberfläche sind verhältnismäßig klein und wird der Dampf daher naß. Der Kessel verlangt reines Wasser.

**Anwendung.** Der Kessel kann bei Vorhandensein reinen Wassers in den Größen von etwa 50 bis 220 qm Heizfläche angewandt werden, wenn wenig Grundfläche zur Verfügung steht.

## 2. Flammrohrkessel mit Heizrohren.

### a) Flammrohrkessel mit vorgehenden Heizrohren.

**Beschreibung.** Einer der gebräuchlichsten Kessel dieser Art ist der Lokomobilkessel, wie er in Tafel 20, Fig. 1 dargestellt ist. Die Zeichnung entspricht einer Ausführungsform der Maschinenbau-Anstalt Humboldt in Kalk bei Köln. In ungefähr derselben Weise werden solche Kessel von den bekannten Lokomobilfabriken R. Wolf in Magdeburg-Buckau und Heinrich Lanz in Mannheim ausgeführt.

Der Rost ist im Innern eines Flammrohres untergebracht, an das sich in der Verlängerung ein Heizröhrenbündel anschließt. Das Flammrohr und das Röhrenbündel bilden ein zusammenhängendes Stück, das man aus dem zylindrischen Kessel herausziehen kann. Die Verbindung des herausziehbaren Stückes mit den Böden des Zylinderkessels erfolgt durch Verschraubung, die Dichtung in der Regel durch Weichgummi. An den Kessel schließt sich nach hinten eine Rauchkammer an, die gewöhnlich auch den eisernen Schornstein trägt.

(In ähnlicher Weise, aber nicht ausziehbar, sind auch zylindrische Schiffskessel, die sogenannten Marinekessel, ausgeführt. Diese besitzen meistens mehrere Flammrohre und dahinter eine gemeinsame Feuer-sammelkammer, von der aus die Heizrohre nach hinten weiter ziehen. Solche Kessel werden jedoch nicht mehr gebaut.)

**Konstruktion.** Mit 1 qm Heizfläche der Lokomobilkessel dieser Bauart kann man bei mäßigem Betriebe 16 kg Dampf in 1 Stunde erzeugen. Das Verhältnis der Rostfläche zur Heizfläche kann man bei Steinkohlenverbrennung etwa  $\frac{R}{H} = \frac{1}{40}$  bis  $\frac{1}{50}$  nehmen. Den Manteldurch-

messer  $d$  findet man gewöhnlich mit 0,65 m bis 2,2 m ausgeführt. Die Länge des Mantels nimmt man  $2,5 d$  bis  $3 d$ . Den Durchmesser der Feuerbüchse kann man etwa  $d_1 = 0,6 d$ , die Länge der Feuerbüchse etwa  $2 d_1$  nehmen. Für die Rostlänge kann man etwa 0,6 der Länge der Feuerbüchse rechnen. Den äußeren Durchmesser der Heizrohre nimmt man gewöhnlich 47,5 mm bis 70 mm.

Zwischen den Rohren soll ein Zwischenraum von 20 bis 25 mm bleiben. Die Speisung des Kessels erfolgt entweder durch ein etwa 100 bis 120 mm unter dem Niedrigwasserspiegel liegendes horizontales Rohr, das die vordere Stirnwand des Kessels durchdringt, oder durch ein von oben durch den Mantel eingehängtes Rohr, das 100 bis 120 mm unter dem Niedrigwasserspiegel horizontal ausmündet. Der Kessel wird mit einem großen Dome versehen, damit der Dampf einigermaßen trocken entnommen werden kann.

**Zugführung.** Die Heizgase ziehen vom Flammrohr durch die Heizrohre zur Rauchkammer und von dieser meistens durch den auf ihr angebrachten Schornstein in das Freie.

Eine Einmauerung ist im allgemeinen nicht vorhanden, höchstens legt man unter den Kessel noch einen gemauerten Zug, den die Heizgase durchstreichen, bevor sie zum Schornstein ziehen. In letzterem Falle trägt die Rauchkammer keinen Blechschornstein.

**Vorteile.** Die Kessel sind verhältnismäßig leicht und gebrauchen wenig Raum und wenig Grundfläche. Die Ausnutzung der Kohlen ist eine gute, da die Feuerung eine Innenfeuerung und die Heizfläche sehr wirksam ist. Die Kessel eignen sich für unterbrochenen Betrieb, da sie sich wegen Fehlens einer Einmauerung ziemlich schnell und ohne zu großen Wärmeverbrauch anheizen lassen. Die Kessel lassen sich trotz der Anwendung der Heizrohre noch ziemlich gut reinigen, weil man das Röhrenbündel mit der Feuerbüchse herausziehen kann.

**Nachteile.** Da das Flammrohr nur sehr kurz ist, können sich die Flammen nicht entwickeln und raucht die Feuerung sehr, wenn nicht ein gasarmer Brennstoff verwandt wird. Der Dampfdruck und der Wasserspiegel sind verhältnismäßig klein, daher wird der erzeugte Dampf leicht naß. Wegen des sehr geringen Wasserumlaufs im Kessel haften die aus dem frisch eingespeisten Wasser frei werdenden Luftblasen an den Kesselwänden und rufen Verrostungen hervor. Der geringe Wasserumlauf im Verein mit dem Fehlen einer Beheizung des Mantels verursacht leicht Undichtigkeiten des Mantels. Es macht sich dieses besonders beim Anheizen bemerkbar, da das kalte Wasser sich unten nur sehr langsam erwärmt, während das Wasser oben schon sehr heiß ist<sup>1)</sup>. Es müssen dadurch

<sup>1)</sup> In der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1901, Nr. 1, S. 22 berichtet Herr Professor C. v. Bach über einen von ihm mit solchem Kessel angestellten Versuch folgendes: Der Kessel war mit 12 Thermometern versehen. Das

bedeutende Temperaturspannungen auftreten, die die Nähte undicht machen.

**Anwendung.** Diese Kessel sind bisher bei 6 bis 15 Atm. Überdruck in den Größen von 6 bis 135 qm Heizfläche gebaut<sup>1)</sup>. Sie werden wegen ihres verhältnismäßig geringen Gewichtes und ihrer leichten und billigen Anheizbarkeit vielfach als transportable Kessel angewandt.

Hierher kann auch der Lokomotivkessel gerechnet werden.

**Beschreibung.** Auf Tafel 21 ist ein Kessel einer älteren Schnellzuglokomotive der Preußischen Staatsbahn dargestellt. Der in Deutschland übliche Lokomotivkessel besteht aus einer mit ebenen Wänden versehenen Feuerbüchse und einem zylindrischen Langkessel, durch den eine große Anzahl von Heizrohren geht. Hinten sitzen die Heizrohre in der sogenannten Rohrwand der kubischen Feuerbüchse, vorn in der Rohrwand der sich an den Langkessel anschließenden Rauchkammer. Die Feuerbüchse wird in Deutschland fast immer aus Kupfer gefertigt, weil Kupfer bei genügender Festigkeit eine große Dehnbarkeit und Biegsamkeit besitzt, was bei den bei Lokomotiven stark auftretenden Temperaturschwankungen von großem Werte ist. Kupfer hat demgegenüber aber die unangenehme Eigenschaft, daß es sich beim Erhitzen viel stärker ausdehnt als Eisen. Das kann in die Teile, die die Feuerbüchse mit dem äußeren Mantel verbinden, große Spannungen bringen.

Die Feuerbüchse wird von dem Feuerbüchsenmantel umgeben, der aus Eisen hergestellt wird. Die ebenen Wände der Feuerbüchse werden gegen die Wände des Feuerbüchsenmantels durch eine große Anzahl von kupfernen Stehbolzen verankert. (Siehe auch Seite 163.) Die ebene Decke der Feuerbüchse wird gegen die Deckplatte des Mantels durch runde Deckenanker verankert. Außerdem werden die Seitenwände des Feuerbüchsenmantels oberhalb der Feuerbüchse noch durch horizontale Queranker und die Stirnwände der Lokomotive gegen die Seitenwände durch Blechanker versteift.

Zwischen der obersten Stehbolzenreihe und der untersten Rohrreihe wird die Vorderwand der Feuerbüchse mit dem Langkessel noch durch 8 bis 10 Stück Anker verbunden. (Siehe S. 164.)

Der untere Rand der Feuerbüchse wird mit dem Mantel durch einen starken, geschweißten, schmiedeeisernen Ring mit doppelter Nietnaht verbunden.

---

Anheizen bis zu 10 Atm. Überdruck dauerte 135 Minuten. Zum Schlusse war der mittlere Temperaturunterschied an den 6 oben angebrachten und den 6 unten im Kessel angebrachten Thermometern noch 141° C. Sobald darauf gespeist wurde, verringerte sich der Unterschied bedeutend, und der Druck sank um etwa 1 Atm.

<sup>1)</sup> 135 qm Heizfläche besaß eine 300 pferdige Lokomobile, die 1900 auf der Pariser Weltausstellung von Heinrich Lanz in Mannheim ausgestellt war. Die größte Leistung dieser Lokomobile betrug 400 PS. R. Wolf, Magdeburg ist nicht über 125 qm hinausgegangen, auch bei Lokomobilen von 500 ÷ 650 PS.

**Konstruktion.** Mit 1 qm Heizfläche entwickeln die Lokomotiven 40 bis 60 kg Dampf in einer Stunde. Das Verhältnis der Rostfläche zur Heizfläche ist bei Güterzugslokomotiven  $\frac{R}{H} = \frac{1}{60}$  bis  $\frac{1}{90}$ , bei Personenzugslokomotiven  $\frac{1}{50}$  bis  $\frac{1}{70}$ . Den Durchmesser des zylindrischen Mantels macht man 1 bis 1,4 m. Den äußeren Durchmesser der Heizrohre nimmt man ca. 40 bis 51 mm und ihre Länge 3 bis 5 m. Die Zahl der Rohre beträgt 160 bis 300. Die Rohre werden auf den Ecken regulärer Sechsecke angeordnet, die auf der Spitze stehen. In den Rohrwänden werden die Rohre durch Einwalzen befestigt, dann in der Feuerbüchse umgenietet und verstemmt, in der Rauchkammer meistens nur etwas aufgetrieben (Tafel 18, Fig. 8). Des leichteren Hinein- und Herausbringens halber werden die Rohre an der Feuerbüchse etwas zusammengezogen, an der Rauchkammer etwas aufgeweitet.

Der Dampfüberdruck beträgt jetzt meistens 9 bis 15 Atm.

Bei dem auf Tafel 21 dargestellten Lokomotivkessel ist eine Dampfspannung von 12 Atm. angewandt. Es sind 231 Heizrohre von 46 mm äußerem und 41 mm innerem Durchmesser vorhanden.

Die Stehbolzen der drei obersten Reihen haben einen Durchmesser von 30 mm, die übrigen einen solchen von 26 mm in den Gewindespitzen, im glatten Teile 25 bzw. 22 mm. Das Gewinde ist, wie allgemein üblich, zwischen den Wänden weggedreht. Sämtliche Stehbolzen haben an beiden Enden eine Einbohrung von 5 mm Durchmesser, die bis in den glatten Teil hineinragt. Sämtliche Deckenanker haben in der Decktafel 33 mm, in der Feuerbüchse 32 mm Durchmesser in den Gewindespitzen, im glatten Teile 27 mm. Sie haben auch an beiden Enden eine Einbohrung von 5 mm Durchmesser. Die Queranker haben auf der rechten Maschinen-seite 43 mm, auf der linken 42 mm Durchmesser in den Gewindespitzen, 39 mm im glatten Teile. Die beiden Queranker *m* und *n* an den seitlichen Reinigungsluken, die die  $1\frac{1}{2}$ fache Spannung erhalten, haben rechts 49, links 48 mm Durchmesser in den Gewindespitzen und 45 mm Durchmesser im glatten Teile. Das Gewinde der Stehbolzen, Decken- und Queranker hat 10 Gänge auf 1" engl. und 1,63 mm Gangtiefe.

**Vorteile.** Der Kessel hat eine außerordentlich große Leistungsfähigkeit bei verhältnismäßig geringem Raumbedarf und wenig Gewicht. Er läßt sich leicht anheizen.

**Nachteile.** Der Kessel verlangt häufig wiederkehrende und kostspielige Reparaturen. Der Wasserraum und der Dampfraum sind sehr klein, daher ist der Dampf sehr naß. Die Reinigung des Kessels ist sehr schwierig und an manchen Stellen gar nicht auszuführen.

**Anwendung.** Der hier beschriebene Kessel ist der einzige, der sich trotz seiner Nachteile zum Betriebe von Eisenbahnen bewährt hat. Der

rationelle Betrieb von Eisenbahnen ist überhaupt erst durch seine Einführung ermöglicht worden.

In wenig veränderter Form ist dieser Kessel auch als Schiffskessel, vorzüglich bei Torpedobooten, verwendet, aber neuerdings meistens durch verschiedene Arten Wasserrohrkessel wieder verdrängt worden.

b) Flammrohrkessel mit rückkehrenden Heizrohren.

$\alpha$ ) *Kessel mit herausziehbarem Röhrenbündel.*

**Beschreibung.** In Fig. 2 der Tafel 20 ist ein hierher gehöriger Lokomobilkessel dargestellt.

Der Rost liegt im Innern eines Flammrohres, das hinten in eine breite Feuersammelkammer mündet. Von der letzteren aus gehen seitlich von dem Flammrohr eine größere Anzahl Heizrohre zu der vorderen Stirnwand. Die vorn aus diesen Heizrohren austretenden Heizgase gehen entweder zu einem Schornstein, der auf einer vorn angebrachten Rauchkammer sitzt, oder sie gehen, wie in der Figur angegeben, noch durch einen Unterzug unter dem Kessel her.

Flammrohr, Röhrenbündel und Rauchkammer bilden mit dem vorderen Boden ein Stück und sind mit diesem zusammen herausziehbar.

Wird der Kessel nicht eingemauert, so umgibt man ihn mit einem Mantel aus Eisenblech mit Einlage von Filz, Kork oder einem sonstigen schlechten Wärmeleiter.

**Konstruktion.** Mit 1 qm Heizfläche kann man in der Stunde etwa 16 kg Dampf bilden. Das Verhältnis der Rostfläche zur Heizfläche kann man zu etwa  $\frac{R}{H} = \frac{1}{30}$  bis  $\frac{1}{40}$  annehmen. Den Durchmesser des Mantels nimmt man in der Regel zwischen den Grenzen  $d = 0,8 m$  bis  $d = 2 m$ . Die Länge des Mantels findet man zu  $2 d$  bis  $4,5 d$  ausgeführt. Den Durchmesser des Flammrohres nimmt man vorn etwa  $d_1 = 0,5 d$ , hinten etwa  $0,75 d_1$ .

Die obere Decke der Feuersammelkammer wird durch Deckbarren (durch Stehbolzen mit der Decke verbundene eiserne Balken) oder durch einige Gallowayrohre versteift.

**Vorteile.** Neben den Vorteilen des vorigen Kessels besitzt dieser noch den Vorteil, daß die Heizrohre nicht so angegriffen werden, da sie dem direkten Feuer nicht so ausgesetzt sind. Dieser Kessel kann deshalb auch etwas mehr angestrengt werden. Ein weiterer Vorteil ist darin zu erblicken, daß zum Herausziehen des Rohrsystems nur eine Verschraubung zu lösen ist.

Ferner wird bei diesem Kessel durch Anbringung von Gallowayrohren in der Feuersammelkammer schon beim Anheizen ein Wasserumlauf erzeugt, wodurch die schädlichen großen Temperaturunterschiede im Kessel vermieden werden.

**Nachteile.** Die Nachteile sind im allgemeinen dieselben wie bei dem Kessel unter a), nur sind bei dem Kessel mit Gallowayrohren die schädlichen Temperaturunterschiede nicht vorhanden. Für hohe Dampfspannungen eignet sich dieser Kessel nicht gut.

**Anwendung.** Die Kessel finden bei einem Überdruck von 6 bis 10 Atm. mit etwa 5 bis 50 qm Heizfläche hauptsächlich als Lokomobilkessel Verwendung, sind aber selten.

*β) Zylindrischer Schiffskessel.* (Schottischer Kessel.)  
Tafel 22 und Textfigur 45.

**Beschreibung.** Die Kessel besitzen 1 bis 4 Flammrohre, die häufig gewellt oder gerippt sind. Die Flammrohre münden hinten in gemeinsamen oder getrennten Feuersammelkammern, von denen aus eine große Anzahl Heizrohre nach der über den Heiztüren liegenden Rauchkammer führen.

Bei getrennten Feuersammelkammern kann man ohne Einstellung des Betriebes allenfalls in einer Kammer die Verstopfung eines gerissenen Rohres vornehmen; ferner kommt bei Anwendung dieser Kammern beim Reinigen eines Feuers die kalte Luft nur in die Züge dieses Feuers.

Dagegen sind die Kessel mit getrennten Kammern teurer, ihre Reinigung ist schwieriger, sie müssen viel vorsichtiger angeheizt werden, und ihre Heizfläche wächst leicht so stark an, daß es Schwierigkeiten macht, die erforderliche Rostfläche unterzubringen.

**Konstruktion.** Mit 1 qm Heizfläche kann man bei natürlichem Luftzuge in einer Stunde 20 kg, bei künstlichem Luftzuge bis 30 kg Dampf erzeugen. Das Verhältnis der Rostfläche zur Heizfläche nimmt man  $\frac{R}{H} = \frac{1}{30}$  bis  $\frac{1}{40}$ . Der Manteldurchmesser wird  $d = 1,6$  bis 5 m gemacht, die Mantellänge  $L = 1,6$  bis 6 m, der Flammrohrdurchmesser nicht kleiner als 0,75 m, der äußere Durchmesser der Heizrohre 51 bis 83 mm, ihre Wandstärke 3 bis 3,5 mm. Eine Anzahl Rohre müssen als Ankerrohre mit einer Wandstärke von etwa 7 mm ausgeführt und mit Gewinde eingesetzt werden, während die übrigen Rohre nur eingewalzt und an der Feuersammelkammer umgenietet werden.

Auf Tafel 22 ist ein sogenannter Einenderkessel, ausgeführt von der Gutehoffnungshütte in Sterkrade (Rhld.), dargestellt. Die beiden Flammrohre münden in einer gemeinsamen Feuersammelkammer. Deren Decke ist durch Deckbarren versteift, ihre hintere Wand ist mit dem Kesselboden und ihre Seitenwände sind mit dem Kesselmantel durch Stehbolzen verbunden. Außerdem sind die ebenen Kesselböden oben noch durch zwei Reihen Rundanker verbunden.

Die Speisung des Kessels erfolgt durch zwei kupferne Rohre, die unten durch die vordere Stirnwand gehen, im Innern des Kessels stark

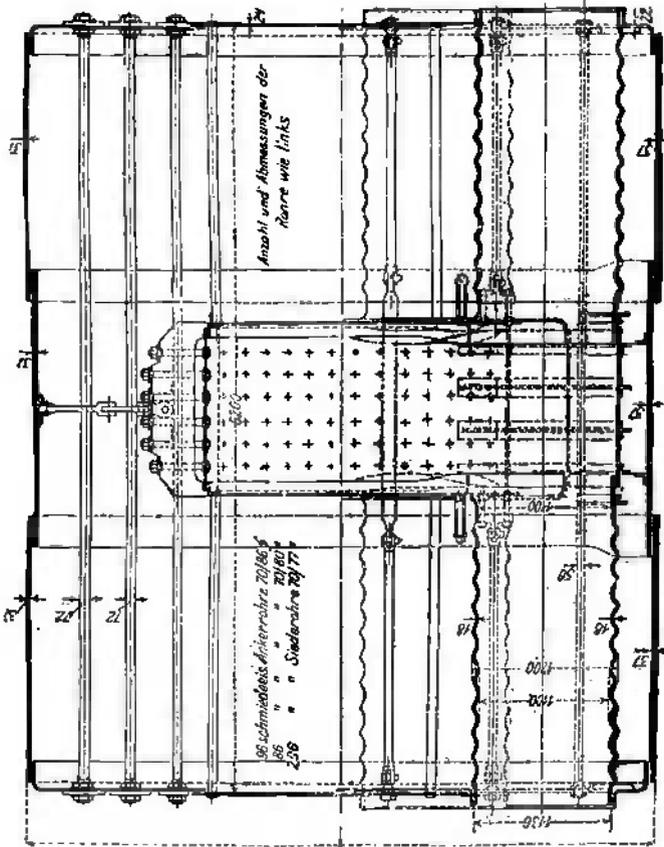
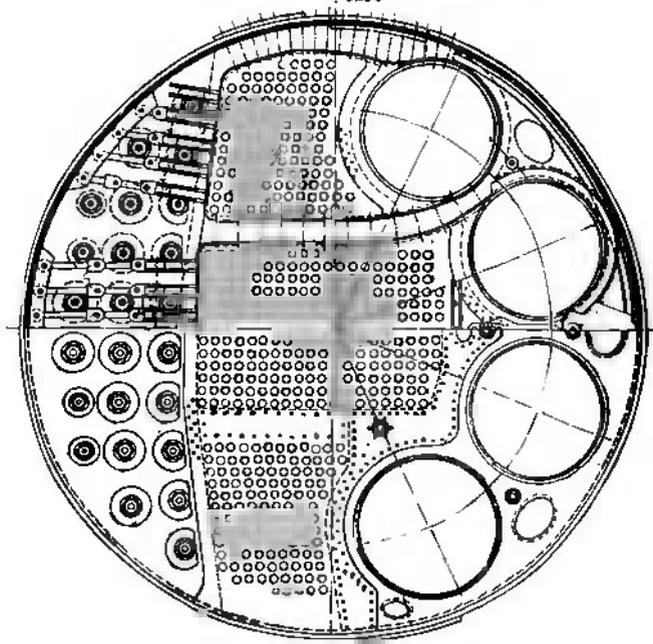


Fig. 45.



nach oben gebogen sind und das Wasser durch viele nach oben mündende Schlitzte austreten lassen. Die Dampfantnahme erfolgt durch ein im Dampftraume liegendes, oben mit vielen Schlitzten versehenes kupfernes Rohr. Der äußere Zylinder ist gegen Wärmeausstrahlung durch einen aus Kieselguhr und Zinkblech gebildeten Mantel geschützt, dessen Konstruktion aus der Figur hervorgeht.

In Fig. 45 ist ein sogenannter Doppelenderkessel dargestellt, wie er auf dem Doppelschrauben-Schnelldampfer „Deutschland“ der Hamburg-Amerika-Linie zur Ausführung gekommen ist<sup>1)</sup>. Der Kessel ist an jedem Ende mit vier Flammrohren versehen, die in der Mitte des Kessels in drei Feuersammelkammern münden. Von diesen aus ziehen die Gase durch im ganzen 956 Heizrohre zu den an beiden Enden des Kessels angebrachten Rauchkammern. Vielfach hat man die Feuersammelkammern für die beiden Kesselenden getrennt hergestellt, weil dadurch der Wasserumlauf etwas verbessert wird, jedoch hat die Vereinigung solcher hintereinander liegenden Kammern den Vorteil, daß die Kessel billiger werden und daß die Verbrennung eine vollkommenere ist. Die Verankerung der ebenen Kesselwände ist ähnlich wie bei dem oben beschriebenen Kessel ausgeführt. Die Deckbarren der Feuersammelkammern sind durch gelenkige Ankerbolzen mit dem Mantel des Kessels verbunden.

**Vorteile.** Gegenüber den sonst noch gebräuchlichen Wasserrohrkesseln als Schiffskessel ist dieser Kessel verhältnismäßig einfach und wenig reparaturbedürftig, daher besser für einen wochenlangen ununterbrochenen Betrieb geeignet.

**Nachteile.** Dieser Kessel gestattet nicht so hohe Dampfspannungen, er läßt sich weniger leicht anheizen und nicht so anstrengen, wie die Schiffswasserrohrkessel. Als feststehenden Kessel wird man diesen Kessel nur in den seltensten Fällen verwenden, da er gegenüber manchen anderen feststehenden Kesseln die Nachteile besitzt, daß er nassen Dampf liefert, daß er sehr reines Speisewasser verlangt, daß er sehr wenig Wasserumlauf besitzt und daß er an den Befestigungsstellen der Rohre leicht undicht wird.

**Anwendung.** Angewandt sind solche Kessel von etwa 18 qm bis 660 qm Heizfläche. Die Handelsmarine wendet vorläufig fast nur diesen Kessel an, wegen seiner verhältnismäßigen Einfachheit und Betriebssicherheit, während die Kriegsmarine neuerdings den Wasserrohrkesseln den Vorzug gibt wegen ihrer leichten Anheizbarkeit und der Möglichkeit einer bedeutenden Anstrengung, auch weil es möglich ist, diese Kessel in ihren einzelnen Teilen durch die Luken zu befördern, so daß bei einer

<sup>1)</sup> Zeitschrift d. Vereines deutsch. Ing. 1900, S. 1501. Im Dampfer „Deutschland“ sind zwölf Doppelenderkessel von je 566 qm Heizfläche und 14,52 qm Rostfläche und vier Einenderkessel von je 287 qm Heizfläche und 7,26 qm Rostfläche aufgestellt. Der höchste Dampfüberdruck beträgt 15 Atm.

größeren Reparatur oder beim vollständigen Ersatze eines Kessels die Decks nicht ausgebaut zu werden brauchen, was bei Panzerdecks sehr umständlich ist.

### 3. Flammrohrkessel mit Heizrohrkessel, übereinanderliegend.

**Beschreibung.** Der Kessel besteht aus einem Ein-, Zwei- oder Dreiflammrohrkessel als Unterkessel und einem Heizrohrkessel als Oberkessel. Beide Kessel werden durch ein oder zwei Stützen miteinander verbunden. Früher versah man meistens nur den Oberkessel mit einem Dampfraume. Solche Kessel, auch Tischbeinkessel genannt, haben zwar den Vorteil, daß sie einen besseren Wasserumlauf haben und auch etwas billiger werden als Kessel mit zwei Dampfräumen, der Dampf wird aber wegen der sehr geringen Wasseroberfläche sehr naß, und die Verdampfung leidet, weil die Dampfblasen einen sehr weiten Weg aus dem Unterkessel bis oben hinauf zum Dampfraume des Oberkessels zurücklegen müssen.

Jetzt wendet man immer einen Dampfraum sowohl im Unterkessel als auch im Oberkessel an, wodurch man gegenüber dem ersten Kessel eine mehr als doppelt so große verdampfende Wasseroberfläche bekommt. Solche Kessel nennt man auch wohl Weinligkessel. Solche Kessel sind auf den Tafeln 23 bis 25 dargestellt. Dem Kessel auf Tafel 23 liegt eine Ausführungsform der Maschinenbauanstalt Humboldt in Kalk bei Köln zugrunde. Die Kessel auf Tafel 24 und 25<sup>1)</sup> sind von den Dampfkesselfabriken von Jacques Piedboeuf in Aachen und Düsseldorf ausgeführt.

Bei dem ersten Kessel (Tafel 23) sind die Dampf Räume des Unter- und des Oberkessels durch ein gerades Rohr verbunden, das etwa 200 mm über den Niedrigwasserspiegel des Oberkessels hinausragt. In diesem Dampfrohre ist zugleich ein Überfallrohr angebracht, das im Oberkessel am Mittelwasserstande und im Unterkessel etwa 100 mm unter dem Niedrigwasserspiegel mündet. Weitere Ausführungen von Dampfüberströmungsrohren nebst Überfallrohren sind in Tafel 26, Fig. 1<sup>2)</sup> und 2 etwas genauer dargestellt. Im gewöhnlichen Betriebe wird nur der Oberkessel gespeist, und das Wasser läuft aus diesem in den Unterkessel über, wobei man die Notwendigkeit der Speisung nach den Wasserstandsapparaten des Unterkessels beurteilt. Nur im Notfalle, wenn vielleicht durch Unachtsamkeit der Wasserspiegel in beiden Kesseln stark gesunken ist und die Speisung des Unterkessels durch den Oberkessel zu lange dauern würde, speist man den Unterkessel direkt durch ein in diesem Falle in der vorderen Stirnwand angebrachtes Speiserohr.

<sup>1)</sup> Dieser Kessel war in der deutschen Abteilung der Weltausstellung in Brüssel 1910 in Betrieb.

<sup>2)</sup> Ausführung von K. & Th. Möller, Brackwede in Westfalen.

Bei dem Kessel von Jacques Piedboeuf, Tafel 24 sind Ober- und Unterkessel hinten durch einen 550 mm weiten Stutzen verbunden. Der untere Dampfraum ist durch Einbau einer Scheidewand im Unterkessel gebildet, bis zu deren unterem Rande der unten sich ansammelnde Dampf den Wasserspiegel höchstens herabdrücken kann. Der Dampf gelangt aus dem Unterkessel durch ein an der Scheidewand angebrachtes Rohr in den Oberkessel. Dieses Dampfüberströmungsrohr ist auf Tafel 17 in Fig. 12 genauer dargestellt. An der Scheidewand ist zunächst ein gußeiserner Stutzen angebracht, der das nach oben führende Rohr trägt. In der Scheidewand selbst ist ein 20 mm breiter Schlitz angebracht, der sich nach unten auf 80 mm erweitert. An dem Schlitz ist noch ein in der Höhe verschiebbares Blechstück angebracht, mit Hilfe dessen die Lage des Wasserspiegels vor Inbetriebnahme des Kessels festgelegt werden kann. Bei Beginn des Anheizens ist das Überströmungsrohr natürlich mit Wasser gefüllt. Nachdem die Verdampfung begonnen hat, füllt sich der durch die Scheidewand abgeteilte Raum des Unterkessels allmählich mit Dampf, bis schließlich der im Unterkessel sinkende Wasserspiegel den Schlitz in der Scheidewand erreicht hat. Jetzt wird Dampf in den Stutzen und das Rohr eintreten und dafür Wasser daraus auslaufen. Nach kurzer Zeit ist alles Wasser aus dem Rohr ausgelaufen und die Dampfüberströmung nach dem Oberkessel findet regelrecht statt. Die Einrichtung ist der Firma patentiert. Eine ähnliche Einrichtung wendet die Hannoversche Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft vormals Georg Egestorff in Linden bei Hannover an. Der Schlitz ist hier fortgelassen und der Stutzen an der Zwischenwand nach Angabe der Firma ganz offen.

Früher ließ die Firma Piedboeuf den Dampf vom Unterkessel durch ein vorn am Kessel angebrachtes Rohr zum Oberkessel steigen. Die Überströmung wurde durch einen Schwimmer und durch ein von diesem beeinflusstes Ventil geregelt. Die Einrichtung ist auf Tafel 27, Fig. 2 zu sehen.

Die Speisung kann bei diesen Kesseln, deren Wasserräume direkt miteinander in Verbindung stehen, in den Unterkessel erfolgen, was den großen Vorteil hat, daß sich Schlamm und Kesselstein fast nur im Unterkessel absondern können, der verhältnismäßig leicht zu reinigen ist. Für die Speisung ist hier natürlich der Wasserstand des Oberkessels maßgebend. Der Wasserspiegel des Unterkessels ist nennenswerten Schwankungen nicht unterworfen. Eine Abbläsvorrichtung braucht hier nur am Unterkessel angebracht zu sein.

**Konstruktion.** Bei mäßigem Betriebe kann man mit 1 qm Heizfläche 13 kg Dampf bilden. Als Verhältnis der Rostfläche zur Heizfläche kann man nicht gut mehr erzielen als  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{6}$ , da ein größerer Rost nicht gut in den Flammrohren untergebracht werden kann.

Die Bestimmung der Hauptabmessungen kann wie folgt geschehen:

Gegeben sei die Heizfläche  $H$ , berechnet wird die Rostfläche, eventuell mit Hilfe des Verhältnisses  $\frac{R}{H} = \frac{1}{60}$ . Dann nehme man die Länge des Rostes (häufig = 2 m) an und bestimme die Breite des Rostes. Bei Anwendung von zwei Flammrohren ist der innere Durchmesser der Flammrohre gleich der Hälfte der Gesamtbreite des Rostes. Zu dem Durchmesser  $d_1$  der Flammrohre wähle man einen passenden Durchmesser  $d$  des Kessels und nehme den Durchmesser des Oberkessels im allgemeinen ebenso groß. Nun zeichne man einen Querschnitt des Oberkessels mit den Heizrohren etwa im Maßstab 1 : 10 auf und sehe zu, wie viele Rohre untergebracht werden können. Dann kann man mit Rücksicht darauf, daß der Unterkessel 1 bis 1,2 m länger als der Oberkessel wird und daß einzelne Teile der Heizfläche teils durch Mauerwerk, teils durch den Rost verdeckt werden, die Länge des Kessels so bestimmen, daß die gewünschte Heizfläche herauskommt. (Siehe Beispiel unter 43.)

**Zugführung.** Die Zugführung ist gewöhnlich folgende:

- I. Zug: Flammrohre des Unterkessels,
- II. Zug: Heizrohre des Oberkessels,
- III. Zug: Mantel des Oberkessels,
- IV. Zug: Mantel des Unterkessels seitlich,
- V. Zug: Mantel des Unterkessels unten.

**Vorteile.** Der Kessel besitzt in den Flammrohren und Heizrohren eine sehr günstige Heizfläche, so daß die Ausnutzung des Brennstoffes eine sehr gute ist. Ferner beansprucht der Kessel verhältnismäßig wenig Grundfläche.

**Nachteile.** Der Kessel ist teuer. Die hintere Verbindung der Heizrohre leidet leicht, wenn der Kessel etwas angestrengt wird. Der Kessel verlangt sehr reines, möglichst wenig Kesselstein absetzendes Wasser. Sehr wünschenswert ist die Anwendung einer Wasserreinigung.

In bezug auf verdampfende Oberfläche und Größe des Wasserinhaltes ist der Kessel schlechter als ein Flammrohrkessel, jedoch besser als ein einfacher Heizrohrkessel.

**Anwendung.** Der Kessel wird mit einem Zweiflammrohrkessel als Unterkessel in den Größen von 100 qm bis etwa 250 qm und mit einem Dreiflammrohrkessel bis 720<sup>1)</sup> qm Heizfläche angewandt und eignet sich wegen der geringen Platzbeanspruchung besonders für große Kesselanlagen.

<sup>1)</sup> Zwei solche Kessel von 720 qm Heizfläche, von der Maschinenfabrik Germania in Chemnitz gebaut, sind im städtischen Elektrizitätswerk in Chemnitz aufgestellt. Die Durchmesser der Ober- und Unterkessel betragen 3200 mm.

#### 4. Flammrohrkessel mit Flammrohrkessel, übereinanderliegend, Doppelcornwallkessel.

Dieser Kessel (Tafel 18, Fig. 9 und Tafel 19) hat viel Ähnlichkeit mit dem vorigen Kessel, statt eines Heizrohrkessels liegt oben auch ein Flammrohrkessel. Es ist Dampfraum im Ober- und im Unterkessel anzuordnen. Die Einmauerung kann dieselbe sein wie die des vorigen Kessels. Die Eigenschaften dieses Kessels sind etwa dieselben wie die des Flammrohrkessels, er nimmt jedoch weniger Platz in Anspruch wie jener. Er wird mit zwei Flammrohren in der Regel bis zu etwa 180 qm Heizfläche angewandt. Als Manteldurchmesser kann man bei Zweiflammrohrkesseln etwa wählen  $d = 0,2 \sqrt{H}$ .

#### F. Wasserrohrkessel oder engrohrige Siederrohrkessel.

Die Wasserrohrkessel bestehen entweder nur aus verhältnismäßig engen, mit Wasser und zum Teil auch mit Dampf gefüllten Rohren, die außen von den Heizgasen bestrichen werden, oder sie besitzen auch noch flache Wasserkammern oder zylindrische Kesselteile von etwas größerem Durchmesser.

Die hierher gehörigen Kessel unterscheiden sich hauptsächlich durch die Verbindung der einzelnen Rohre unter sich zu einem Ganzen und ferner durch die Lage der Rohre. Die Rohre können entweder nur verhältnismäßig wenig geneigt liegen, dann nennt man die Kessel: „Schrägrohrkessel“, oder sie sind sehr stark geneigt oder auch wohl senkrecht angeordnet, dann nennt man die Kessel: „Steilrohrkessel“.

##### I. Schrägrohrkessel.

#### 1. Verbindung der einzelnen Rohre durch Kappen oder Krümmer.

Hierher gehört der Root-Kessel. Dieser wird in Deutschland hauptsächlich von Walther & Co. in Dellbrück bei Köln und von der Rheinischen Dampfkessel- und Maschinenfabrik Büttner in Uerdingen a. Rh. gebaut. Ein Kessel der letzteren Firma ist in Tafel 27 dargestellt.

**Beschreibung.** Die geneigt liegenden schmiedeeisernen Rohre von 102 bis 127 mm äußerem Durchmesser sind an beiden Enden in gußeiserne viereckige Köpfe eingeschraubt. Die Köpfe übereinanderliegender Rohrreihen sind gegeneinander versetzt und durch gußeiserne Krümmer miteinander verbunden. Die Krümmer werden durch konische Dichtungsringe gedichtet. Sämtliche hinteren Köpfe der unteren Rohrreihe sind durch Krümmer mit einem quer zum Kessel liegenden Schlamm-sammler verbunden, in den das Speisewasser eingeführt wird. Sämtliche vorderen Köpfe der obersten Rohrreihe sind durch Krümmer mit einem gußeisernen Dampfsammler verbunden. Um dem Rootkessel einen besseren

Wasserumlauf zu geben, wendet man, wenn der Kessel nicht unter bewohnten Räumen aufgestellt werden soll, zuweilen einen Oberkessel an und verbindet diesen hinten mit dem Schlamm-sammler. Es wird dann das Wasser, in den Rohren stark erwärmt, in den Oberkessel emporsteigen, hier den Dampf abgeben und hinten wieder in den Schlamm-sammler zurück-sinken.

**Zugführung.** Das Röhrenbündel liegt zwischen zwei Längsmauern. Der vordere und hintere Abschluß wird durch die dicht aneinander-schließenden Rohrköpfe gebildet. Zwischen die Rohrreihen werden gußeiserne Platten, die die Neigung der Rohre haben, derart gelegt, daß die Heizgase, hin und her gehend, die Rohre bestreichen.

**Vorteile.** Der Rootkessel ohne Oberkessel darf, wenn seine Rohre weniger als 100 mm lichte Weite haben, unter und in Räumen, in denen sich Menschen aufzuhalten pflegen, aufgestellt werden. Der Kessel läßt sich wie alle Wasserrohrkessel leicht anheizen. Es läßt sich viel Heizfläche auf kleinem Raume unterbringen.

**Nachteile.** Der Kessel ohne Oberkessel hat gar keinen Wasserumlauf und sehr kleine verdampfende Oberfläche. In sämtlichen Rootkesseln ist der Weg der Dampfblasen ein verwickelter. Die Reinigung des Kessels ist umständlich.

**Anwendung.** Die Kessel werden ohne Oberkessel hauptsächlich dann angewandt, wenn Kessel unter Räumen aufgestellt werden sollen, in denen sich Menschen aufzuhalten pflegen. Kessel mit Oberkessel können bei Platzmangel Anwendung finden. In diesem Falle dürften jedoch die Wasserrohrkessel mit Wasserkammern vorzuziehen sein.

## 2. Verbindung sämtlicher Rohre durch gemeinsame Kammern, sogenannte Wasserkammern.

### a) Wasserkammer nur an einem Ende der Rohre.

Hierher gehört der Kessel der Düsseldorf-Ratinger Röhrenkessel-fabrik, vormals Dürr & Co. in Ratingen bei Düsseldorf (Fig. 46).

**Beschreibung.** Die Kessel besitzen eine Anzahl Doppelrohre, die am hinteren Ende ohne jede Verbindung sind und vorn in einer gemeinsamen Kammer münden. Die Kammer ist durch eine leichte Zwischenwand in zwei Teile zerlegt. Die äußeren geschweißten Rohre münden in der den Heizkanälen zugewandten Wand der Kammer, während die inneren, aus schwachem Schwarzblech gebogenen und längs gefalteten Rohre in der Zwischenwand der Kammer münden. Der Kessel wird mit einem und mit zwei Oberkesseln ausgerüstet. In letzterem Falle werden die Oberkessel hinten durch einen Stutzen miteinander verbunden. Die Heizgase umspülen die äußeren Wasserrohre, das Wasser wird in diesen stark erwärmt und mit Dampfblasen vermischt. Infolge-

dessen steigt es empor, gelangt in den hinteren Teil der Kammer (auch wohl Dampfkammer genannt, wegen des im Wasser enthaltenen Dampfes), steigt dann in den einen Oberkessel, zieht in diesem nach hinten, durch den Querstützen in den zweiten Oberkessel, in diesem wieder nach vorn und fällt, auf seinem Wege durch die Oberkessel von dem in ihm befindlichen Dampf befreit, in der vorderen Hälfte der Kammer (der sogenannten Wasserkammer) wieder hinab, um dann durch die engen Rohre

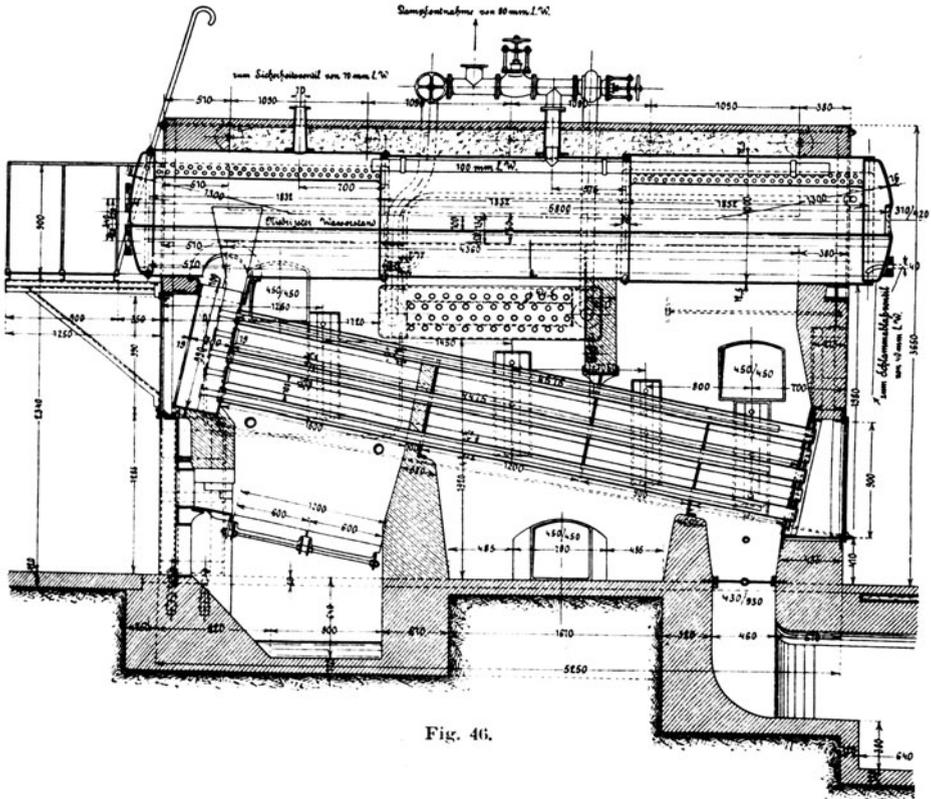


Fig. 46.

zu den Enden der großen Rohre zu fließen und dann den Kreislauf von neuem zu beginnen.

Damit der Dampf möglichst trocken wird, wird er aus dem zweiten Oberkessel, aus dem das Wasser wieder in die Kammer hinabfließt, entnommen, meistens unter Zuhilfenahme eines oben durchlocherten Dampfentnahmerohres.

Bei dem Kessel mit einem Oberkessel gelangt das aufsteigende Wasser durch einen in den Dampfraum ragenden Trichter in den Oberkessel und verteilt sich hier.

**Vorteile.** Die Kessel nehmen, wie alle Wasserrohrkessel, wenig Raum in Anspruch. Die Rohre können sich einzeln, unabhängig voneinander ausdehnen. Die Wandstärken werden auch bei hoher Dampfspannung mäßig.

**Nachteile.** Die verdampfende Wasseroberfläche ist klein, daher entsteht nasser Dampf. Die inneren Rohre verrosten leicht. Der Kessel ist schwer zu reinigen. Man kann aus den Rohren den Schlamm nicht ablassen.

**Anwendung.** Der Kessel ist von etwa 10 bis 300 qm Heizfläche angewandt worden, er ist jedoch jetzt wegen seiner Nachteile durch andere Kessel vollkommen zurückgedrängt.

Der Dürrkessel ist vielfach auch als Schiffskessel, besonders auf Kriegsschiffen angewandt, ist aber auch hier von anderen Kesseln verdrängt.

b) Wasserrohrkessel mit Wasserkammern an beiden Enden der Rohre (Tafel 28 bis 33 und Textfig. 48 und 49).

*α) Allgemeines.*

**Beschreibung.** Die Rohre der übereinanderliegenden Rohrreihen sind gegeneinander versetzt. An beiden Enden sind die Rohre in die Wände von Wasserkammern eingewalzt. Am vorderen Ende werden die Rohre um 3 mm im Durchmesser aufgeweitet, damit sie leichter ausgewechselt werden können. Die Aufweitung erfolgt meistens schon im Hüttenwerke. Das Röhrenbündel bekommt etwa eine Neigung von  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  gegen die Horizontale. Oberhalb des Röhrenbündels werden die beiden Wasserkammern durch einen oder zwei zylindrische Oberkessel verbunden, in denen der Wasserspiegel in der Mitte oder etwas unter der Mitte liegt. Durch die schräge Lage der Rohre wird das in ihnen durch Heizung entstehende Gemisch von Wasser und Dampf nach der vorderen Wasserkammer, von da zum Oberkessel steigen und von hier, nachdem der Dampf daraus mehr oder weniger frei geworden ist, durch die hintere Wasserkammer zu den Rohren zurücksinken. Den Rohren gegenüber sind in den äußeren Wänden Öffnungen angebracht, die jetzt durchweg durch innere Verschlüsse verschlossen werden. Tafel 28, Fig. 2 und 3 zeigen Verschlüsse von L. & C. Steinmüller in Gummersbach, Rheinland, Tafel 29, Fig. 2 und 3 Verschlüsse von Büttner in Uerdingen a. Rh. und Fig. 47 einen Verschuß der Deutschen Babcock & Wilcox-Dampfkesselwerke in Oberhausen. Die Wasserkammern werden an den Kanten gewöhnlich geschweißt, ihre ebenen Wände durch Stehbolzen versteift.

Man muß dafür sorgen, daß man von den Wasserrohren die Asche und den Ruß abblasen kann. Man kann das in verschiedener Weise erreichen.

Häufig sind in den Seitenmauerwänden der Kessel Reihen von 40 bis 50 mm großen runden Löchern angebracht, durch die man ein an einen Schlauch angeschlossenes Rohr steckt und Asche und Ruß mit einem Dampfstrahl von den Rohren abbläst (Fig. 46 und Tafel 32 und 35). Dann können allerdings nicht mehr als zwei Kessel unmittelbar nebeneinander liegen.

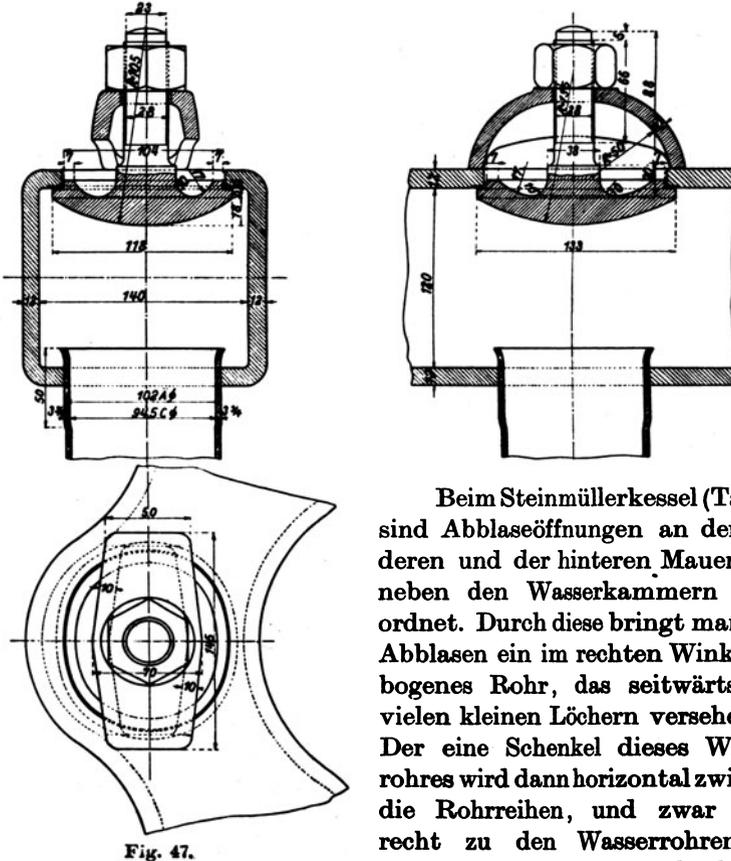


Fig. 47.

Beim Steinmüllerkessel (Taf. 28) sind Abblaseöffnungen an der vorderen und der hinteren Mauerwand neben den Wasserkammern angeordnet. Durch diese bringt man zum Abblasen ein im rechten Winkel gebogenes Rohr, das seitwärts mit vielen kleinen Löchern versehen ist. Der eine Schenkel dieses Winkelrohres wird dann horizontal zwischen die Rohrreihen, und zwar senkrecht zu den Wasserrohren gebracht und so die Asche abgeblasen,

indem man das Abblaserohr langsam vorbewegt.

Zuweilen geschieht das Abblasen durch hohle Stehbolzen hindurch. Nur einzelne Stehbolzen sind dann hohl.

Die Firma Jacques Piedboeuf in Aachen und Düsseldorf bringt in den Wasserkammern 1" Gasrohre an (26 mm Durchmesser innen, 34 mm außen), die einfach durch Einwalzen in den Kammerwänden befestigt werden. Auf Tafel 30 sind in jeder Kammer 20 solcher Rohre angebracht. Das Abblasen selbst geschieht durch Dampf mit Hilfe eines Blasrohres

aus  $\frac{1}{2}$ " Gasrohr, welches an der vorderen zugeschweißten Spitze einige kleine, schräg im Kreis herumstehende Löcher besitzt.

**Konstruktion.** Bei mäßigem Betriebe kann man bei Kesseln ohne Überhitzer durchschnittlich auf eine Verdampfung von 16 kg, bei Kesseln mit Überhitzer 18 kg für 1 qm Heizfläche rechnen. Das Verhältnis der Rostfläche zur Heizfläche findet man meist zu  $\frac{1}{30}$  bis  $\frac{1}{40}$ . Die Rohre bekommen einen äußeren Durchmesser von 76 bis 102 mm, bei weitem am gebräuchlichsten sind jedoch Rohre von 95 mm äußerem Durchmesser. Mit der Rohrlänge geht man nicht gern über 5300 mm, meistens nur bis 5000 mm, natürlich muß man sich mit der Länge nach dem zur Verfügung stehenden Platze richten.

Übereinander nimmt man in der Regel 10 bis 8 Rohrreihen, bei kleineren Kesseln herab bis 5, nur ausnahmsweise 4.

**Zugführung.** Die Zugführung kann so gemacht werden, daß die Heizgase vom Roste aus direkt sämtliche Rohre senkrecht treffen und umspülen, dann wieder von oben nach unten ziehen und so in einigen Schlangengängen das ganze Röhrenbündel bespülen, wie Fig. 46 und Tafel 30 und 32 zeigen. Das bewirkt eine gleichmäßige Erwärmung aller Rohre. Aber der Rost muß sehr tief gelegt werden, wenn nicht ein starkes Rauchen des Feuers entstehen soll, da hier die Flammen der in Verbrennung begriffenen Gase an den verhältnismäßig kalten Rohren verlöschen. Ein Vorteil dieser Zugführung besteht noch darin, daß die Dampfbildung in den einzelnen Rohren nicht so ungleichmäßig ist.

Für die Verbrennung ist es jedenfalls vorteilhafter, die Zugführung durch zwischen die Rohre gelegte Platten aus Gußeisen oder dünne Wände aus feuerfesten Steinen so zu gestalten, wie Tafel 28, 29 und 31 es zeigen. Bei dieser sehr gebräuchlichen Einmauerung sind die Flammen besser imstande sich zu entwickeln, aber es finden leichter Ascheablagerungen in den Gängen und auf den Rohren statt.

**Vorteile.** Die Kessel heizen sich schnell an, sie haben einen guten Wasserumlauf, sehr wirksame Heizfläche und nehmen sehr wenig Platz in Anspruch. Auch bei hoher Dampfspannung werden die Wandstärken mäßig. Die Reinigung ist etwas einfacher als bei den Einkammerkesseln.

**Nachteile.** Die verdampfende Wasseroberfläche ist sehr klein, daher wird der Dampf naß. Die Rohre können sich nicht einzeln ausdehnen, sie können daher bei angestregtem Betriebe an den Befestigungsstellen leicht undicht werden. Die Reinigung ist ziemlich umständlich. Wegen des kleinen Wasserraumes ist der Druck bei unregelmäßiger Dampfnahme stark schwankend.

**Anwendung.** Die Kessel werden von etwa 14 qm Heizfläche an bis zu etwa 500 qm Heizfläche angewandt. Ihre Anwendung ist besonders bei großen Anlagen und bei teurerem Baugrunde am Platze, wenn die Dampfnahme eine einigermaßen gleichmäßige ist.

β) *Kessel von L. & C. Steinmüller in Gummersbach (Rheinland).*

Tafel 28, Fig. 1 zeigt einen Steinmüllerkessel mit Überhitzer. Der Oberkessel ist nicht eingemauert, er wird natürlich durch Wärmeschutzmasse gegen Wärmeausstrahlung geschützt.

Das in den Rohren erwärmte und mit Dampfblasen gesättigte Wasser steigt durch die vordere Wasserkammer in den Oberkessel. Damit das Wasser hier nicht so spritzt, sondern möglichst sanft in den Oberkessel abfließt, ist über der Mündung der Kammer eine Blechhaube angebracht. Aus dem Oberkessel sinkt dann das Wasser durch den hinteren Stutzen wieder zur hinteren Wasserkammer. Dicht vor der Mündung des hinteren Stutzens liegt quer durch den Kessel eine kleine Querwand, die verhindern soll, daß der sich im Oberkessel absondernde Schlamm mit in die Rohre gelangt. Es bekommt dann der Oberkessel vor dieser Querwand und der Unterkessel am tiefsten Punkte der hinteren Wasserkammer einen Wasserablaß.

Als Wasserkammerverschlüsse wendet die Firma jetzt fast immer Innenverschlüsse nach Tafel 28, Fig. 2 und 3 an. Als Dichtung dienen dünne Gummiringe oder Ringe aus Klingerit. Fig. 2 stellt den gewöhnlichen Verschuß dar. Damit diese Verschlüsse aber hinein und heraus gebracht werden können, werden einige Öffnungen größer und oval ausgeführt und mit einem ovalen Verschuß nach Fig. 3 versehen.

Eigenartig ist die Anordnung der Rohre. An dazu geeigneten Stellen sind einige Rohrreihen fortgelassen. Es sollen dadurch tote Ecken in den Zügen vermieden werden, auch die untersten Rohre sollen sich immer gut mit Wasser füllen und sollen sich alle Rohre gleichmäßig an der Dampferzeugung beteiligen. Ferner soll die Verbrennung der Gase eine bessere sein. Gegenüber dem früheren Steinmüllerkessel hat dieser auch ein wesentlich weiteres Verbindungsrohr zwischen der vorderen Kammer und dem Oberkessel, so daß das mit Dampf vermischte Wasser bequem aufsteigen kann. Alle diese Neuerungen sind das Ergebnis eingehender Versuche, die die Firma mit großem Geldaufwande in ihrem Werke vornahm. Nach Angabe der Firma können mit dem Kessel normal 23 kg Dampf pro Stunde und qm Heizfläche erzeugt werden bei einem Wirkungsgrade von  $73 \div 78\%$ . Bei größter Dampferzeugung von  $27 \div 28$  kg sinkt der Wirkungsgrad um etwa 5%.

γ) *Kessel der Rheinischen Dampfkessel- und Maschinenfabrik Büttner, G. m. b. H., in Uerdingen am Rhein (Tafel 29).*

Das vorn emporsteigende Wasser gelangt in eine im Oberkessel liegende Rinne, die nur oben offen ist, um den Dampf entweichen zu lassen, im übrigen aber das Wasser direkt wieder zur hinteren Wasserkammer führt. Es wird hierbei also die lebendige Kraft des Wassers nicht

zerstört, und es läuft deshalb das Wasser mit großer Geschwindigkeit im Kessel um. Der große Wasserumlauf bewirkt eine sehr gleichmäßige Temperatur im ganzen Kessel und schont hauptsächlich die Rohre und ihre Befestigungsstellen in den Wasserkammern, auch soll dadurch das Ansetzen von Kesselstein in den Rohren etwas verhindert werden. Das Speisewasser wird in den vorderen Teil des Oberkessels gespeist und durch eine unter der Mündung des Speiserohres angebrachte flache Schale verteilt. Schlamm und Kesselstein scheiden sich nun besonders im Oberkessel aus. In den Unterkessel können sie nicht mitgehen, da dicht vor dem Abfallstutzen eine Blechwand quer durch den Oberkessel gelegt ist, über die hinweg nur mehr oder weniger reines Wasser in den hinteren Teil des Oberkessels gelangen kann. Von letzterer Stelle aus kann das Wasser nach Bedarf durch zwei seitlich in dem Abfalltrichter angebrachte Öffnungen in diesen eintreten. Dicht vor der im Oberkessel angebrachten Querwand ist noch ein Schlammbaßrohr angebracht. Damit der Dampf den Kessel trocken verläßt, muß er im Oberkessel einen Wasserabscheider durchströmen, wie er auf Tafel 35, Fig. 2 genauer dargestellt ist. Der Dampf durchströmt den Apparat in Schraubenlinien, das mitgerissene Wasser wird dabei durch die Zentrifugalkraft an die äußere Wand geschleudert und fließt schließlich durch das Rohr *a* in das Kesselwasser zurück.

Zu erwähnen ist noch die Einrichtung der Wasserkammerverschlüsse. Es sind innere Verschlüsse nach Tafel 29, Fig. 2 angewandt, die konisch abgedreht sind und bei denen Metall auf Metall dichtet ohne Anwendung eines besonderen Dichtungsmaterials. Um diese Verschlüsse hinein und heraus bekommen zu können, sind einige etwas größere Öffnungen von 111 mm Durchmesser angebracht, die durch Innenverschlüsse nach Tafel 29, Fig. 3 verschlossen werden. Diese Verschlüsse werden mit einem 2 mm starken Kupferringe gedichtet, der aus einem gezogenen Kupferrohre von 98 mm lichter Weite hergestellt wird. Der an dem inneren Verschußdeckel angebrachte Rand ist an zwei Seiten abgeschnitten, so daß man den Deckel ohne Kupferring durch Schrägstellen durch das 111 mm im Durchmesser messende Loch hindurchstecken kann. Der Kupferring wird besonders hineingesteckt und erst in der Kammer auf den Verschuß gelegt. Im übrigen führt die Firma ihre Wasserrohrkessel sehr verschieden aus und baut neben diesen Kesseln auch Flammrohrkessel, Doppelkessel usw. Ein neuer Hochleistungskessel der Firma ist unter  $\zeta$  beschrieben.

*δ) Kessel der Dampfkesselfabriken von Jacques Piedboeuf in Aachen und Düsseldorf (Tafel 30).*

Der auf Tafel 30 dargestellte Kessel der Firma besitzt 2 Oberkessel, 2 Röhrenbündel und 4 Wasserkammern, sonst führt die Firma auch Kessel

mit einem Oberkessel aus. Der Überhitzer ist neben und zwischen den Oberkesseln angeordnet. Beim Anheizen des Kessels bestreichen die Gase nicht die Überhitzerrohre, sondern gehen durch unter den Oberkesseln liegende zweiflügelige Tore direkt zu den hinteren Teilen der Wasserrohre.

Damit möglichst sämtliche Rohre des Röhrenbündels gleichmäßig an der Dampfentwicklung teilnehmen, führt die Firma die Gase meist in vertikalen Zügen quer zum Röhrenbündel, und zwar ordnet sie die ersten beiden Züge stark verjüngt an wegen des schnellen Temperaturabfalles der Gase zu Anfang der Beheizung. Die zwei letzten Züge werden parallel ausgeführt, da dort der Unterschied in der Temperatur nicht mehr groß zu sein pflegt. Durch diese Zugführung werden auch Ablagerungsstätten für Asche möglichst vermieden. Die stärkste Dampfentwicklung findet hier im vorderen Ende der Röhren statt, wodurch das Entweichen der Dampfblasen aus den Wasserrohren nach der vorderen Wasserkammer sehr erleichtert wird. Längszüge werden von der Firma nur angewandt, wenn örtliche Verhältnisse oder die Art des Brennstoffs es nicht gestatten, eine Feuerung zu verwenden, bei der die Heizgase erst vollständig verbrannt sind, ehe sie in das Röhrenbündel eintreten. Dieser Fall tritt ein bei Verfeuerung von Braunkohle, wenn man den Rost nicht tief genug unter das Röhrenbündel legen kann, oder bei Verfeuerung einer langflammigen Steinkohle, die sich wegen Absonderung flüssiger Schlacke nicht zur Verfeuerung auf mechanischen Rosten eignet.

Damit der Wasserumlauf nicht gehemmt wird, sind die Wasserkammern sehr weit gemacht. Die vordere Wasserkammer bekommt wie der Vorderstutzen eine lichte Weite von 300 mm, die hintere Kammer eine lichte Weite von 200 mm. Der Durchgangsquerschnitt an der engsten Stelle des Vorderstutzens beträgt etwa 50% des lichten Querschnitts des Rohrbündels und der Durchgangsquerschnitt des Hinterstutzens etwa 25%.

Den Überhitzer legt die Firma immer in besondere Taschen neben die Oberkessel, dadurch bleibt einerseits der Oberkessel zugänglich, andererseits lassen sich die Überhitzerrohre leicht abblasen. Die Überhitzerschlangen werden aus überlappt zusammengeschweißten, nahtlosen Röhren mit 42 mm äußerem Durchmesser und  $3\frac{1}{2}$  mm Wandstärke hergestellt, welche in nahtlos gezogene, schmiedeeiserne Vierkantrohre eingewalzt sind. Zur besseren und gleichmäßigeren Überhitzung des Dampfes befindet sich in den Überhitzerrohren ein schraubenförmig verwundener Steg, der den durchfließenden Dampfstrom zwingt, sich mit großer Geschwindigkeit zu drehen und mitgeführte Wassertröpfchen an die heiße Außenwand zu schleudern. Natürlich wird dabei stets auch der schwerere, also kältere Teil des Dampfstroms an die

beheizte Rohrwand gedrängt. Zur Regulierung der Dampftemperatur verwendet die Firma Drehklappen, die unter den Oberkesseln angebracht sind.

Eigenartig ist die Lagerung der Kessel von Piedboeuf. Der vordere Teil des Oberkessels wird an einem starken Rundeisen (2" Gewinde) aufgehängt, der untere Teil der hinteren Wasserkammer ruht auf zwei ca. 250 mm langen, etwa keilförmigen Pendelstützen (Tafel 30, Fig. 2). Daher kann sich der Kessel beim Erwärmen beliebig ausdehnen, besser als das bei untergelegten Rollen der Fall ist. Das hintere Mauerwerk stößt nicht direkt an den Kessel und hindert ihn bei der Ausdehnung nicht. Der Abschluß des letzten Zuges an dem unteren Teile der hinteren Wasserkammer wird durch ein federndes, gebogenes Blech erreicht. Ebenso ist ein solches federndes Blech an dem oberen Teil der vorderen wie der hinteren Wasserkammer angebracht.

Als Kammerverschlüsse verwendet die Firma jetzt nur noch flache Innenverschlüsse, unter die ein dünner Ring aus Klingerit gelegt wird. Die Ringe werden graphitiiert, damit sie sich später leichter lösen lassen.

Bezüglich der Leistungsfähigkeit wird von der Firma angegeben, daß die Kessel bei Planrostfeuerung bei gewöhnlichem Betrieb 18 bis 20 kg, bei angestrengtem Dauerbetrieb 25 kg überhitzten Dampf pro Quadratmeter Heizfläche und Stunde und bei Anwendung von Kettenrosten bis 35 kg erzeugen können. Die Ausnützung guter, für Kettenroste geeigneter Steinkohle durch Kettenrost, Kessel und Überhitzer soll bei ca. 25 kg Beanspruchung 75 bis 77% und bei 30 bis 35 kg noch 73 bis 75% betragen.

ε) *Kessel der Deutschen Babcock & Wilcox-Dampfkesselwerke in Oberhausen* (Tafel 32).

Beide Wasserkammern sind in einzelne Abteilungen zerlegt, jede Abteilung ist durch je ein Rohr mit dem Oberkessel verbunden. Die Kammerabteilungen sind nicht unterstützt, sondern nur der Oberkessel ist durch zwei Stahlbänder an auf Säulen ruhenden Trägern befestigt. Dadurch können sich die einzelnen Teile des Kessels für sich ausdehnen und sollen die sonst bei Wasserrohrkesseln mit zwei Kammern häufig auftretenden großen Temperaturspannungen vermieden werden. Durch das Zerlegen der Kammern in die einzelnen Teile werden auch alle Verankerungen überflüssig und gewinnt der Kessel an Sicherheit. Der Kessel besitzt aber den Nachteil, daß die Querschnitte der Rohrstützen, die Wasser und Dampf zum Oberkessel führen sollen, etwas klein sind.

Als Verschlüsse für die Wasserkammeröffnungen wie auch als Verschlüsse für die Dampfsammelkammern der Überhitzer verwendet die Firma jetzt ovale Innenverschlüsse nach Fig. 47.

An Stelle der in den heißen Gasen empfindlichen Klappen oder Schieber verwendet die Firma einen Temperaturregler für den überhitzten Dampf, bei dem ein Teil des hoch überhitzten Dampfes durch im Wasser- raume des Oberkessels liegende Rippenrohre geht und dort Wärme abgibt. Dieser etwas abgekühlte Dampf tritt dann wieder mit dem übrigen überhitzten Dampf zusammen und mäßigt dessen Temperatur. Es läßt sich dadurch die Temperatur des Dampfes in ziemlich weiten Grenzen regulieren, während die Überhitzerheizfläche doch voll ausgenutzt wird. Beim Anheizen kann man zum Schutze der Überhitzerrohre diese vom Oberkessel her mit Wasser füllen. Die Wirkungsweise des Reglers geht aus Tafel 32 hervor. Der gesättigte Dampf geht durch das Rohr  $a$  und weiter durch die Rohre  $a_1$  und  $a_2$  in die unter dem einen Oberkessel liegende Dampfsammelkammer  $b$ . Dann durchläuft er die eine Gruppe der Überhitzerrohre, gelangt in die untere Dampfsammelkammer  $c$ , geht durch diese zu der zweiten Gruppe der Überhitzerrohre und durch diese zur Dampfsammelkammer  $d$ . Nun durchläuft der überhitzte Dampf die Rohre  $e_1$  und  $e_2$  und geht zum Teil durch  $f$  zur Dampfantnahme, ein kleiner oder größerer Teil geht aber durch die beiden Rohre  $g_1 g_2$  (Grundriß) zu den Rippenrohren in den Oberkesseln. Der abgekühlte Heißdampf geht dann durch die Rohre  $h_1 h_2$  ebenfalls zur Dampfantnahme. Die Steuerung des Dampfes geschieht durch ein besonderes Dreivegeventil (Patent Mischventil)  $V$ .

#### ζ) Hochleistungskessel.

Unter Hochleistungskesseln versteht man im allgemeinen Wasserrohrkessel, die trotz großer Heizfläche nur einer geringen Grundfläche bedürfen und bei gutem Wirkungsgrad eine hohe Leistung pro 1 qm Heizfläche aufweisen.

Um das zu erreichen, war eine sehr sorgfältige Durchbildung der Kessel erforderlich. Es mußte dabei hauptsächlich auf folgende Punkte geachtet werden.

1. Die Verbrennung des Brennstoffs soll möglichst gleichmäßig und möglichst vollkommen sein.

2. Es muß die Wärmeübertragung auf den Kesselinhalt möglichst gesteigert werden, einerseits durch bessere Ausnutzung der strahlenden Wärme, andererseits durch geschickte Führung der Gase und damit verbundener besserer Wärmeübertragung durch Wärmeleitung.

3. Das umlaufende Kesselwasser soll möglichst wenig Widerstand finden, damit immer wieder neues, wärmeaufnahmefähiges Wasser an die Heizfläche kommt und auch, damit ein guter Temperatenausgleich in den einzelnen Kesselteilen stattfindet.

4. Der Dampf soll leicht in den Dampfraum gelangen können.

In Fig. 48<sup>1)</sup> ist ein Hochleistungskessel der Deutschen Babcock & Wilcox - Dampfkesselwerke in Oberhausen dargestellt. Die Wasserrohre steigen nach hinten an, das Wasser läuft demnach in den Rohren von vorn nach hinten und gelangt schließlich mit Dampf vermischt durch zwei hoch liegende Rohrreihen nach dem vorn quer zum Kessel liegenden Oberkessel, in dem zur Abscheidung des Wassers Blecheinbauten gemacht sind. Die beiden untern Rohrreihen werden in ihrer ganzen Länge direkt vom Feuer bestrahlt, wodurch hauptsächlich die hohe Leistung von 35 bis 40 kg Dampf auf 1 qm Heizfläche bedingt wird. Die Gase ziehen in wenigen kurzen Zügen zwischen den Rohren durch, wobei die Gase durch die zweimalige Umkehrung und durch die versetzt liegenden Rohre gut durcheinander gewirbelt werden und tote Ecken vermieden werden, so daß auch die Aufnahme der Wärme durch Leitung eine sehr gute ist. Die Rohre haben nur eine Länge von 4500 mm. Über dem Röhrenbündel liegt der Überhitzer und ganz oben noch ein schmiedeeiserner Rauchgasvorwärmer.

Ein ähnlicher Kessel wird von A. Borsig, Tegel-Berlin gebaut (Fig. 49). Bei diesem Kessel sind die Rohre des schmiedeeisernen Rauchgasvorwärmers ziemlich steil gelegt, um den vom Speisewasser ausgeschiedenen Luftblasen ein rasches Entweichen zu ermöglichen, damit durch eventuelle Luftansammlungen nicht das Rosten der Vorwärmerrohre begünstigt wird.

Einen wesentlich anderen Hochleistungskessel mit doppeltem Wasserumlauf hat neuerdings die Rheinische Dampfkessel- und Maschinenfabrik Büttner in Uerdingen gebaut (Tafel 33). Auch bei diesem Kessel liegt der zylindrische Oberkessel quer zur Längsachse des Röhrenbündels. Es sind 6 Rohrreihen mit Rohren von 95 mm äußerem Durchmesser und eine darüber liegende Rohrreihe mit Rohren von 127 mm

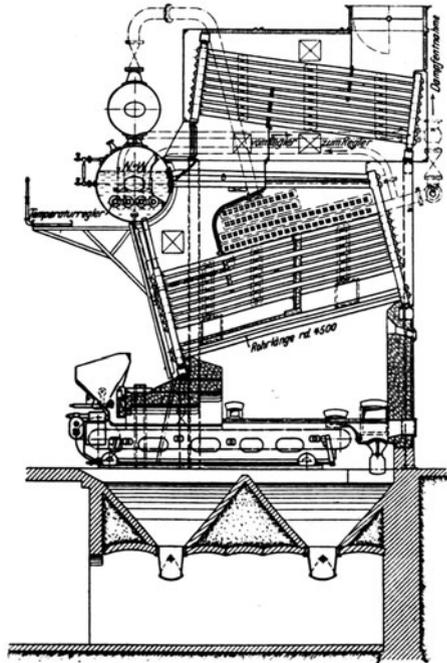


Fig. 48.

<sup>1)</sup> Vgl. Münzinger, Neuere Bestrebungen im Dampfkesselbau. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1912, S. 1730.

äußeren Durchmesser vorhanden. Durch die weiten Rohre der oberen Reihe läuft ein Teil des vom Dampfe in der vorderen Kammer mit emporgerissenen Wassers zur hinteren Kammer zurück, und sind deshalb diese Rohre größer als die anderen gehalten. Die Länge der Rohre beträgt hier nur 3,8 m, doch hat die Firma schon einen solchen Kessel von 200 qm

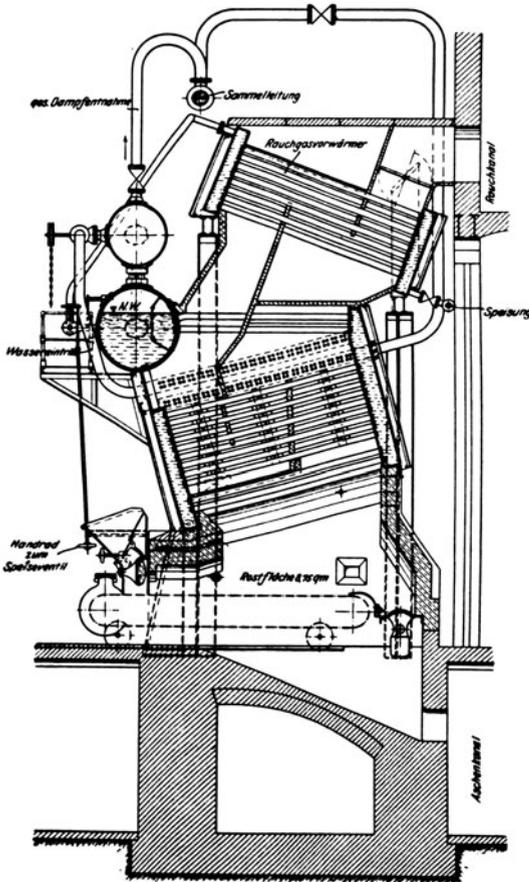


Fig. 49.

Heizfläche gebaut, bei dem die Länge der Rohre 5 m beträgt. Die direkte Heizfläche ist sehr groß, wodurch die Leistung begünstigt wird. Von der vorderen Wasserkammer geht das Dampf-Wasser-Gemisch durch eine Reihe Rohre von 114 mm äußerem Durchmesser zu dem hinten liegenden Oberkessel. In diesem liegt an der Einmündungsstelle der Rohre eine Blechrinne, in der der Dampf abgeschieden, das Wasser aber zu den Abfallrohren geleitet werden soll, durch die das Wasser wieder zur hinteren Wasserkammer gelangt. Damit auch das Wasser des Oberkessels an dem Kreislauf teilnehmen kann, ist in jedem Abfallrohr unmittelbar unter dem Anschluß derselben an die Blechrinne an einer Seite je ein Loch von 40 mm Durchmesser angebracht. Oberhalb des Röhrenbündels liegt der Überhitzer, der der besseren Wärmeübertragung bzw.

besseren Überhitzung wegen hier aus flach gewalzten Röhren besteht, der schon erwähnte Kessel von 200 qm Heizfläche hat jedoch runde Überhitzerrohre erhalten.

## II. Steilrohrkessel.

Die Steilrohrkessel bestehen aus einem oder mehreren stark geneigten oder senkrechten Röhrenbündeln, die in zylindrische Kesselteile münden.

Die Rohre sind entweder gerade oder mehr oder weniger gebogen. Eine ganze Reihe bekannter Firmen befaßt sich jetzt mit dem Bau von Steilrohrkesseln, deren Konstruktionen sehr verschieden und vielseitig sind. Es würde zu weit führen, sollten hier alle die brauchbaren Konstruktionen behandelt werden. Es sind deshalb im folgenden nur einige derselben beschrieben.

### 1. Steilrohrkessel mit geraden Rohren.

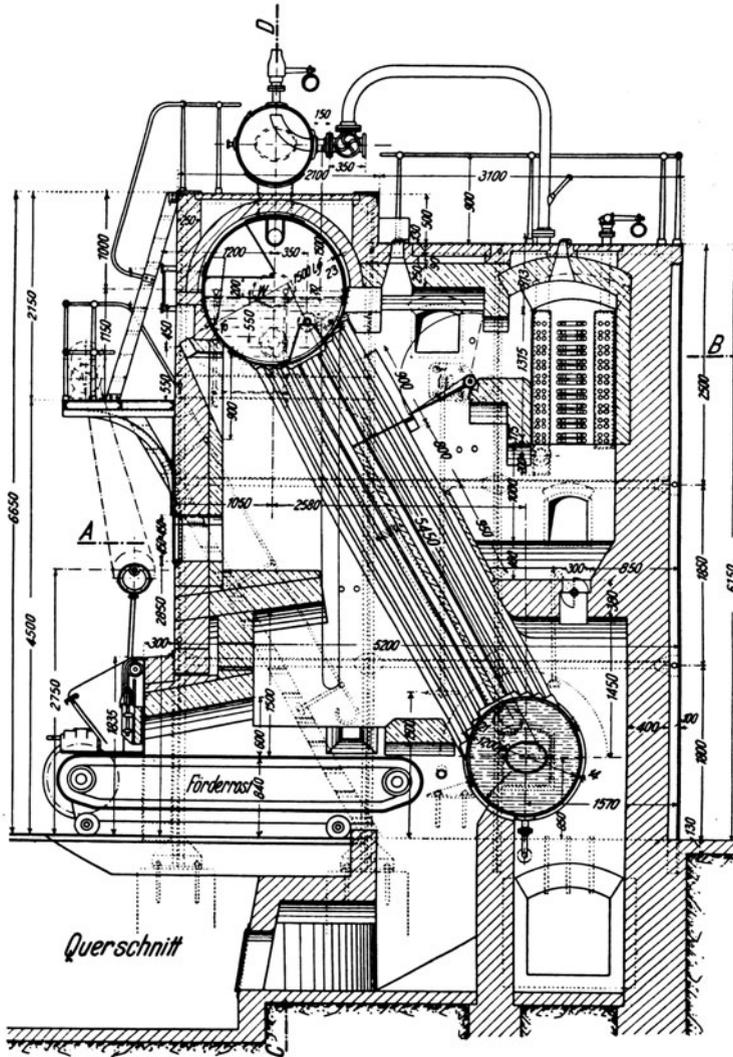
#### a) Garbekessel.

Das Hauptverdienst der Einführung von Steilrohrkesseln in Deutschland gebührt dem Ingenieur Garbe. Sein Kessel wird in Deutschland gebaut von der Düsseldorf-Ratinger Röhrenkesselfabrik vorm. Dürr & Co. in Ratingen, von der Firma Moritz Jahr in Gera, der Elsässischen Maschinenbau-Gesellschaft in Mülhausen im Elsaß und der Firma C. Kulmiz, Ida- und Marienhütte bei Saarau i. Schl.

Der Kessel, der in den Fig. 50 bis 55 dargestellt ist, wird mit einem und mit zwei Röhrenbündeln ausgeführt. Die Rohre erhalten einen äußeren Durchmesser von 60 mm bei einer Wandstärke von 3 mm. Damit sie die zylindrischen Wände der Ober- und Unterkessel senkrecht durchdringen und darin gut eingewalzt werden können, sind die Zylinder mit besonderen wellen- und stufenförmig gepreßten Platten versehen, die vom Hüttenwerk Thyssen & Co. in Mülheim a. d. Ruhr in verschiedenen Größen gepreßt werden.

Der einfache Garbekessel (Fig. 50 bis 52), der übrigens nur wenig und nur bei kleinen Anlagen ausgeführt wird, hat in der Mitte des Röhrenbündels eine Schamottewand. Die Gase bestreichen zuerst die vordere Hälfte des Röhrenbündels, dann den Überhitzer und dann die zweite Hälfte des Röhrenbündels. Infolgedessen wird in der vorderen Hälfte des Röhrenbündels eine lebhafte Verdampfung stattfinden und Dampf- und Wassergemisch zum Oberkessel emporsteigen, während das Wasser in der hinteren Hälfte des Röhrenbündels wieder herabsinkt. Da aber bei starker Beanspruchung auch in der hinteren Hälfte des Röhrenbündels eine starke Verdampfung stattfinden kann, ist der richtige Wasserumlauf nicht immer gesichert und hat man deshalb beim einfachen Garbekessel zuweilen ein starkes, außerhalb des Mauerwerks liegendes Rücklaufrohr vom Ober- zum Unterkessel geführt. Da das Wasser aus den Steigrohren mit großer Geschwindigkeit in den Oberkessel strömt, werden im Oberkessel meist Beruhigungsbleche angebracht.

Einen weit gesicherteren Wasserumlauf weist der doppelte Garbekessel (Fig. 53 und 54) auf. Bei diesem umspülen die Gase zuerst das vordere Röhrenbündel, dann den Überhitzer und schließlich das hintere Röhren-



Querschnitt

Schnitt A-B

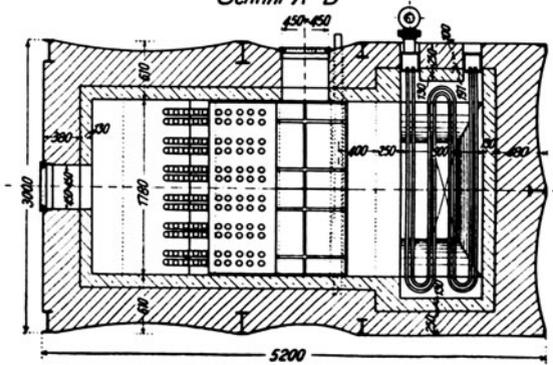


Fig. 50 u. 52.

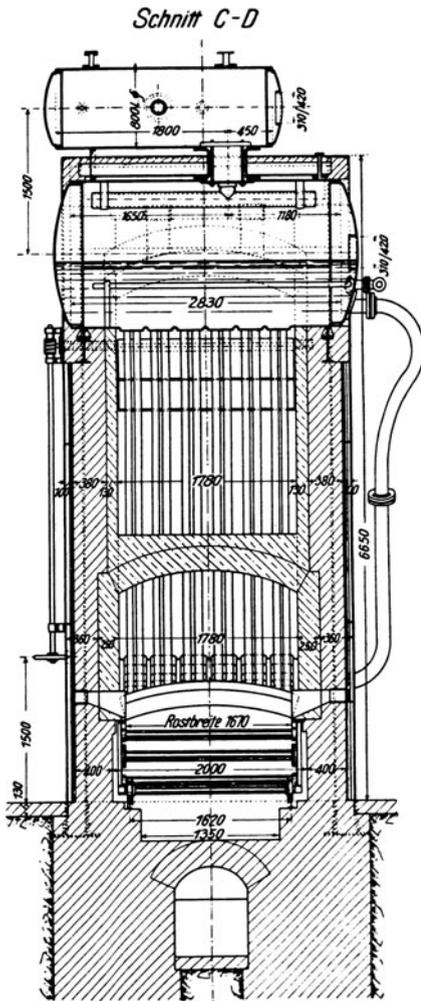


Fig. 51.

bündel. Zuweilen wird vom vorderen Röhrenbündel durch Einlegen einer Schamottewand noch ein Teil der Rohre hinter den Überhitzer geschaltet. Die Oberkessel wie die Unterkessel sind durch genügend weite Rohrstützen miteinander verbunden, so daß ein einfacher Kreislauf durch den Kessel in der Weise entsteht, daß das Wasser im vorderen Röhrenbündel emporsteigt, im hinteren Röhrenbündel wieder hinabsinkt. Das Speisewasser wird in den hinteren Oberkessel gespeist, aus diesem wird auch der Dampf unter Einschaltung eines Dampfsammlers entnommen.

Die Anwendung der schon erwähnten Garbeplatte ermöglicht ein leichtes Auswechseln jedes einzelnen Rohres. Fig. 55 zeigt in den Stadien I, II, III, IV und V wie ein solches Rohr eingebracht werden kann.

Nach vielfachen, von Dampfkesselüberwachungsvereinen angeordneten Versuchen kann man mindestens folgende Leistungen der Garbekessel annehmen:

#### Einfacher Kessel:

Verwendung von Braunkohle von etwa 2500 WE normal 10 bis 20 kg, maximal bis 25 kg Dampf für 1 qm Heizfläche,

Verwendung von Steinkohle von 6500 bis 7500 WE normal 25 bis 30 kg, maximal bis 35 kg Dampf für 1 qm Heizfläche bei einem Wirkungsgrad des Kessels mit Überhitzer bis 73%.

#### Doppelter Garbekessel:

Verwendung von Steinkohle normal 30 bis 35 kg für 1 qm Heizfläche, Wirkungsgrad 75 bis 80% von Kessel mit Überhitzer, mit Rauchgasvorwärmer bis 86%.

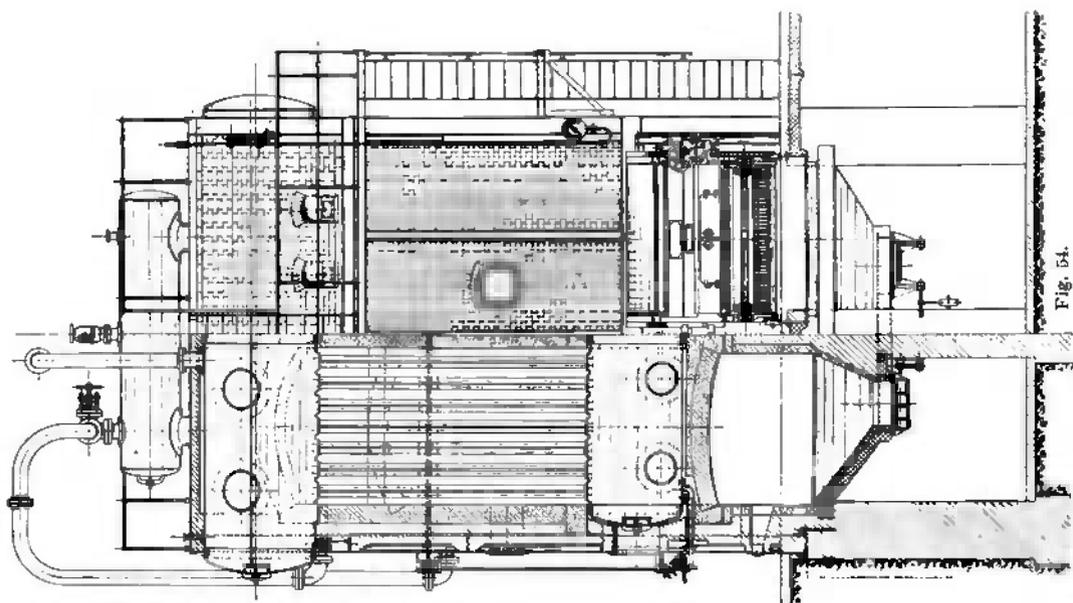


Fig. 54.

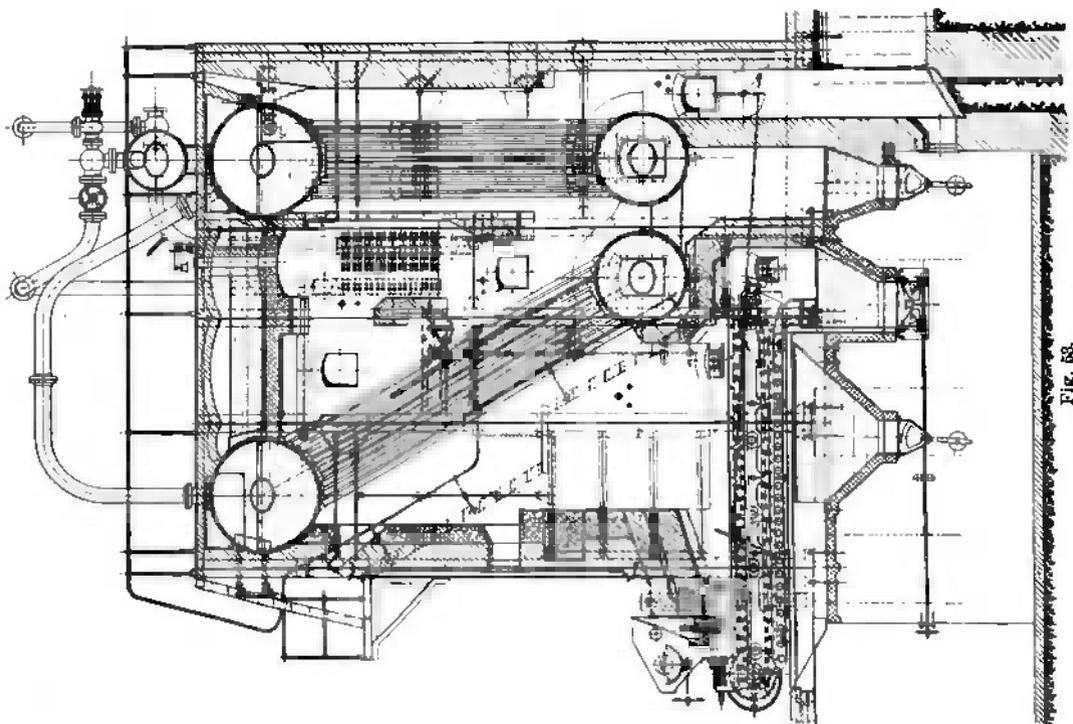
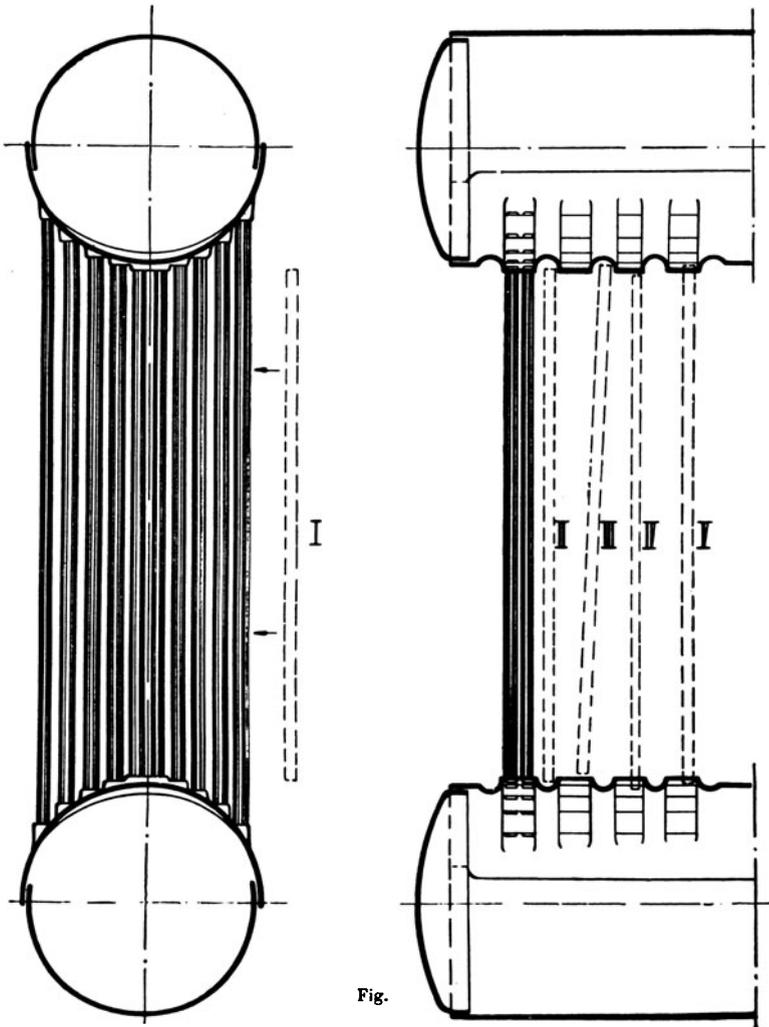


Fig. 63.

Es sind auch verschiedentlich höhere Zahlen erreicht worden, so wurde bei einem Kessel von Dürr & Co. von 540 qm Heizfläche beim Feuern mit Naphtha mit einem Heizwert von 9726 WE ein Wirkungs-



grad des Kessels mit Überhitzer von 76,7%, mit Rauchgasvorwärmer sogar von 90,2% ermittelt bei einer Verdampfung von 44,8 kg Wasser für 1 qm Heizfläche.

## b) Kestnerkessel. (Fig. 56 u. 57.)

Der Kessel wird von der Maschinenbauanstalt Humboldt in Kalk bei Köln a. Rh. und der Firma Wegelin & Hübner A.-G. Abteilung H. W. Seiffert, Dampfkesselfabrik in Halle a. S. gebaut.

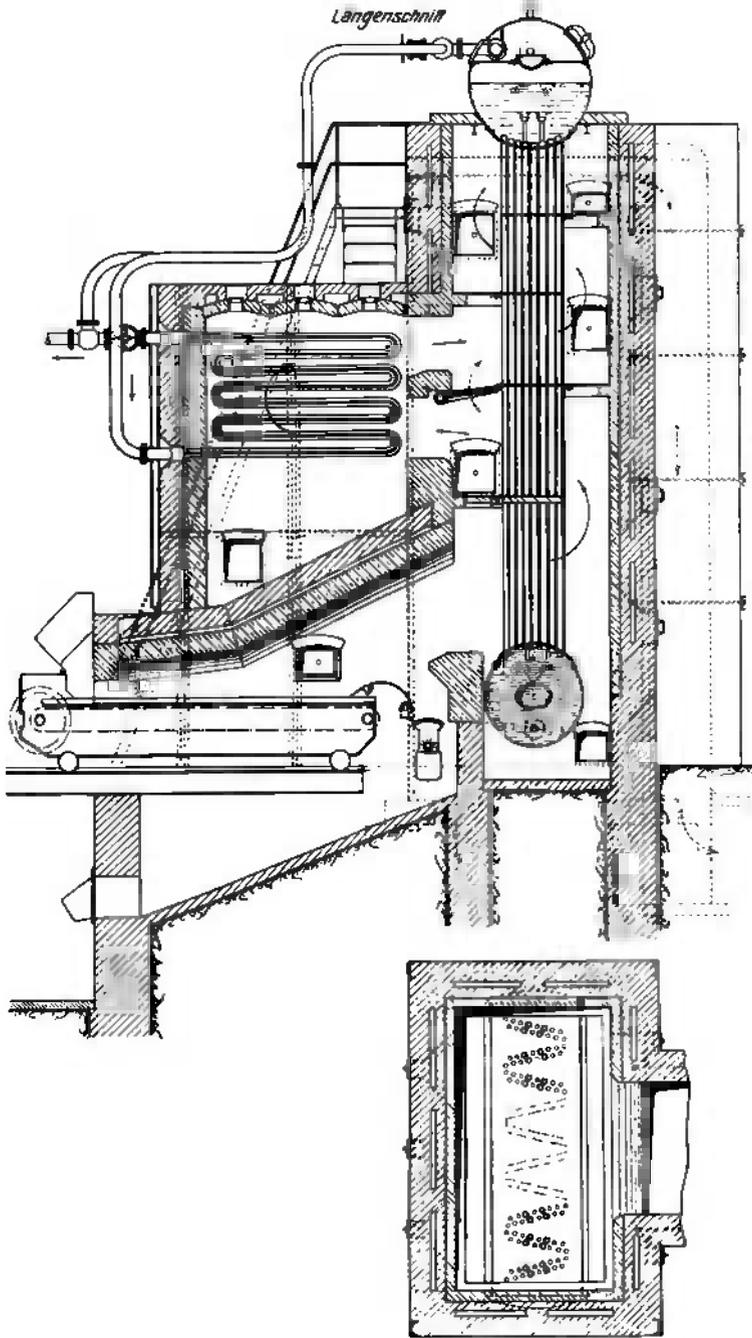
Der Kessel besteht aus einem zylindrischen Oberkessel, einem ebensolchen Unterkessel und einem System von geraden Rohren, die auf einer doppelten Zickzacklinie angeordnet sind, wodurch eine gute Zugänglichkeit der Rohre erreicht wird. Damit die geraden Rohre in den zylindrischen Mantel des Ober- und des Unterkessels sicher eingewalzt werden können, ist das Röhrenbündel nicht sehr ausgedehnt und sind die an den zylindrischen Mänteln angebrachten Rohrplatten ziemlich stark genommen. Die Gase bestreichen das Röhrenbündel in einer zickzackförmigen Bahn, treffen dadurch immer senkrecht auf die Rohre, werden gut durcheinandergewirbelt, geben ihre Wärme gut an den Kessel ab und erwärmen die Rohre sehr gleichmäßig, so daß sich alle Rohre gleichmäßig ausdehnen. Zwischen der zweiten und dritten Heizkammer ist nach vorn der Überhitzer angebracht, er kann durch eine Klappe aus dem Gasstrom ausgeschaltet werden. Etwa der vierte Teil der Rohre hat einen größeren Durchmesser, und durch diese Rohre sind kleinere Rohre hindurchgesteckt, die im Ober- und Unterkessel über die Mantelfläche hinausragen und oben noch trichterförmige Mundstücke tragen. Da das Wasser in diesen inneren Rohren keine Wärme erhalten kann, strömt dasselbe hier natürlich hinab, so daß für einen genügenden und gleichmäßigen Ersatz des in den übrigen Rohren aufsteigenden Wassers gesorgt ist. Das hinabströmende Wasser trifft im Unterkessel auf eine Rinne, durch die verhindert werden soll, daß das abströmende Wasser den sich im Unterkessel niederlegenden Schlamm aufwirbelt.

Einen derartigen Kessel, der von der Dampfkesselfabrik H. W. Seiffert in Halle a. S. gebaut und für die Grube Pfännerhall bei Wernsdorf geliefert wurde, hat der Sächsisch-Thüringische Dampfkesselrevisionsverein zu Halle a. S. am 23. Oktober 1912 untersucht, nachdem der Kessel 6 Wochen lang ununterbrochen Tag und Nacht im Betrieb war und vor der Untersuchung nicht gereinigt wurde. Dabei wurde bei einer Leistung von 23,23 kg Dampf pro 1 qm Heizfläche und Verwendung einer Braunkohle von 2553 WE ein Wirkungsgrad für Kessel mit Überhitzer von 74,47% erzielt<sup>1)</sup>.

## c) Werner-Hartmann-Kessel.

Der Werner-Hartmann-Kessel wird von der Sächsischen Maschinenfabrik vormals Richard Hartmann in Chemnitz gebaut.

<sup>1)</sup> Näheres siehe Aufsatz Steilrohrkessel von Tetzner in Feuerungstechnik, II. Jahrg., Heft 1, S. 6.



Querschnitt  
Fig 56 u 57.

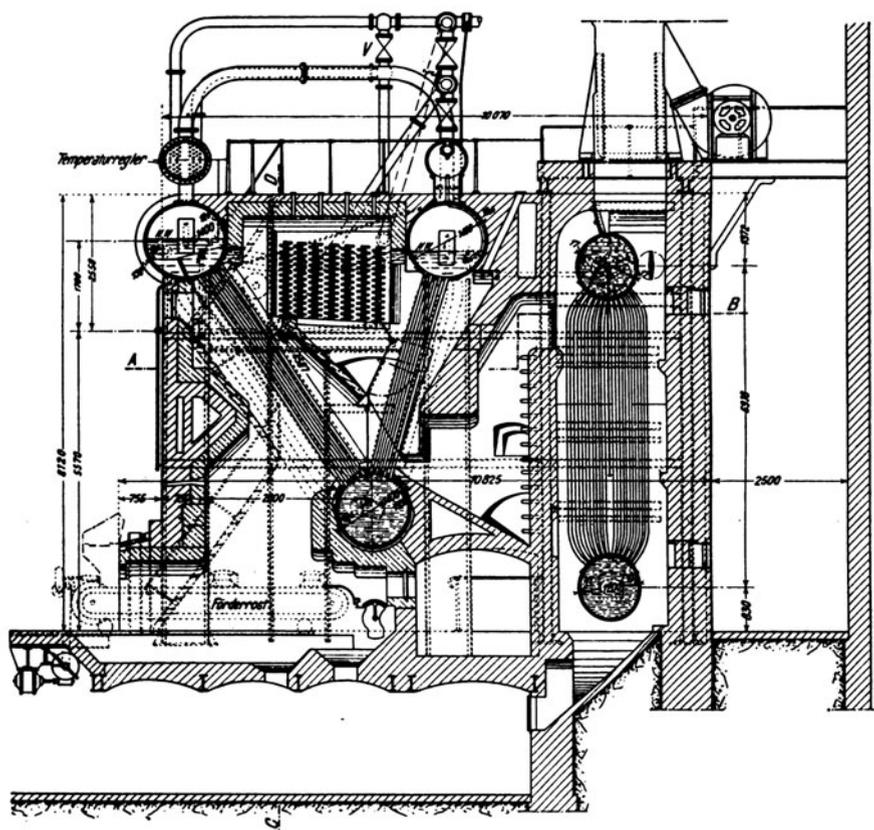


Fig. 58.

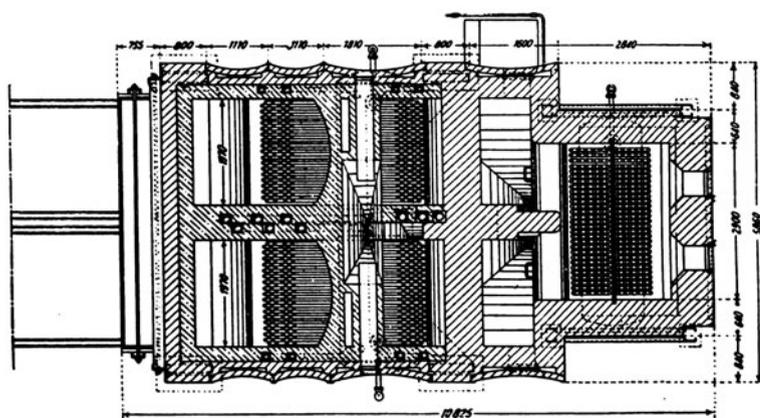


Fig. 60.

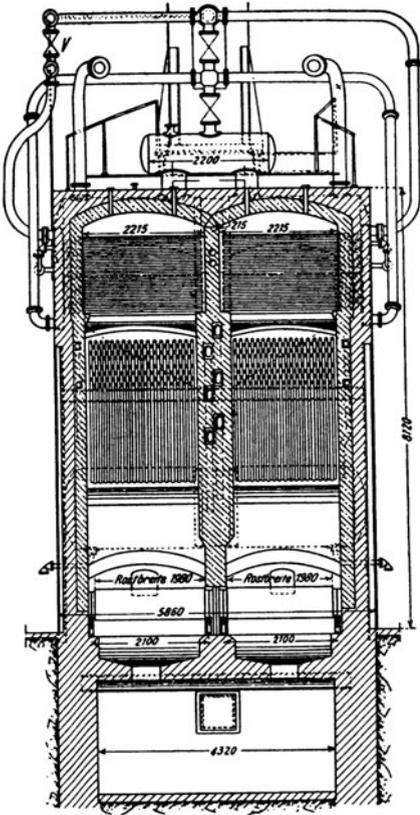


Fig. 59.

Ein solcher Kessel von 400 qm Heizfläche und 190 qm Überhitzerheizfläche ist in Fig. 58 bis 61 dargestellt. Derselbe hat zwei zylindrische Oberkessel, einen ebensolchen Unterkessel und zwei Röhrenbündel, die nur aus geraden Rohren bestehen. Die Rohrplatten der zylindrischen Trommeln sind wegen des sicheren Einwalzens verhältnismäßig stark gewählt. Das vorgewärmte Speisewasser wird in den hinteren Oberkessel geführt. Zum Wiederhinabführen des Wassers aus den beiden Oberkesseln zum Unterkessel sind besondere, nicht geheizte, im Mauerwerk isoliert liegende Abfallrohre angebracht, die einen fehlerlosen Wasserumlauf sowohl im vorderen wie im hinteren Röhrenbündel gewährleisten. Bei der gezeichneten Anlage wird das Wasser durch einen Rauchgasvorwärmer von bemerkenswerter Bauart vorgewärmt. Der 300 qm

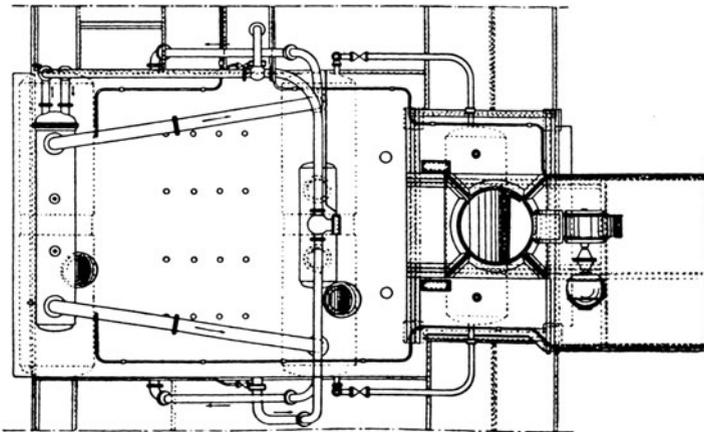


Fig. 61.

Heizfläche aufweisende Vorwärmer, Patent Werner, besteht aus einem senkrecht angeordneten Bündel schmiedeeiserner Rohre, einem zylindrischen Oberkessel und einem ebensolchen Unterkessel. Schmiedeeiserne Vorwärmer haben im allgemeinen den Nachteil, daß ihre Rohre leicht durch Rost zerstört werden, das ist hier in folgender Weise vermieden worden. Das Rosten der Rohre findet im allgemeinen nicht statt, wenn das in dieselben tretende Wasser schon so weit angewärmt ist, daß ein Schwitzen der Rohre durch Kondensation des in den Gasen enthaltenen Wasserdampfes vermieden wird. Das wird beim Werner-Vorwärmer in einfacher Weise erreicht. Das in den oberen Zylinder eingeführte kalte Wasser sinkt in der hinteren Hälfte des Röhrenbündels hinab und steigt erwärmt in der vorderen Hälfte wieder empor, gelangt dann in eine besondere im oberen Zylinder liegende Kammer und von da zum hinteren Oberkessel des Dampfkessels.

Ein Teil der Steigrohre des Vorwärmers mündet aber nicht in die oben liegende Kammer, sondern in den oberen Zylinder, mischt sich hier mit dem frischen Wasser und erwärmt dasselbe genügend.

Vom vorderen Oberkessel geht der Dampf zu einem darüber liegenden Temperaturregler für den überhitzten Dampf, umspült die darin befindlichen Rohre und geht dann durch zwei weite Rohre zum hinteren Oberkessel. Von hier fließt der gesamte Dampf in einen Dampfsammler und dann nach zwei getrennten Überhitzern, die zwischen den beiden Oberkesseln liegen und vom Gasstrom nicht abgesperrt werden können. Der überhitzte Dampf des einen Überhitzers geht dann zu dem Rohrsystem des Temperaturreglers, gibt einen Teil seiner Wärme an den die Rohre umspülenden gesättigten Dampf ab und wird dann mit dem vom anderen Überhitzer kommenden Dampf zusammengeführt und gemischt. Durch mehr oder weniger starkes Öffnen eines Zwischenventils *V* kann man mehr oder weniger Dampf des ersten Überhitzers direkt zur Mischstelle führen und dadurch die Temperatur des Dampfes regeln. Auf diese Weise hat man die leicht reparaturbedürftigen Regulierklappen vermeiden können. Beim Anheizen des Kessels wird der Überhitzer vom vorderen Oberkessel her mit Wasser gefüllt.

Es ist noch hervorzuheben, daß die Zugführung eine sehr einfache und zweckmäßige ist. Unzugängliche, innerhalb des Röhrenbündels liegende Rauchgasführungswände sind vollständig vermieden. Es wird dadurch gleichzeitig erreicht, daß sämtliche Rohre eines Bündels annähernd in gleicher Gastemperatur liegen, so daß die in den Rohren auftretenden Temperaturspannungen klein gehalten werden. Nur die Oberkessel sind festgelagert, der Unterkessel hängt frei an den Rohren.

Bei einer Beanspruchung von 30 kg Dampf für 1 qm Heizfläche in der Stunde soll der Kessel mit Überhitzer und Vorwärmer einen Wirkungsgrad von 84% aufweisen.

Für den Betrieb mit Braunkohlen mit viel Flugasche hat die Firma den Kessel etwas anders, und zwar so konstruiert, daß sich auf den Heizflächen nicht soviel Flugasche ablagern kann<sup>1)</sup>.

## 2. Steilrohrkessel mit gebogenen Rohren.

a) Kessel von Walther & Co. A.-G. in Dellbrück bei Köln a. Rh.

In Fig. 62 bis 64 ist ein Doppelkessel der Firma mit 288 qm Kesselheizfläche, 75 qm Überhitzerheizfläche und 10 Atm. Überdruck dargestellt. Der Kessel besitzt 2 Oberkessel und 2 Unterkessel, die durch an den Enden gebogene Rohre verbunden sind. Es sind besondere Fallrohre vorhanden, die in nicht geheizten Kammern im Seitenmauerwerk liegen, so daß auch bei starker Beanspruchung des Kessels für ein Nachströmen des Wassers zu den Unterkesseln und den Steigrohren gesorgt ist. Die Fallrohre verbinden die Enden der Ober- und Unterkessel auf jeder Seite mit je 2 Reihen Rohren. Im vorderen Oberkessel münden diese Abfallrohre in besondere durch mäßig hohe Blechwände abgeteilte Räume, in die das frische Kesselwasser eingespeist wird. Die beiden Ober- und die beiden Unterkessel sind durch gebogene Rohre miteinander verbunden. Der gemeinsame Dampfsammler liegt über dem hinteren Oberkessel. Der äußere Durchmesser der Verdampfrohre beträgt in diesem Falle 76 mm. Da der Abstand der Rohre voneinander erheblich größer ist und die Rohre in Reihen hintereinander liegen, kann man durch die Zwischenräume hindurch jedes Rohr auswechseln.

Die Firma baut übrigens auch einen einfachen nur mit einem Röhrenbündel versehenen Steilrohrkessel<sup>2)</sup>, bei dem dann in der Mitte des Röhrenbündels eine aus Schamotte bestehende Trennungswand für die Züge vorhanden ist.

b) Stirlingkessel.

Der Stirlingkessel wird in Deutschland von der Hannoverschen Maschinenbau-Actien-Gesellschaft, vormals Georg Egestorff in Hannover-Linden- und von den Deutschen Babcock & Wilcox-Dampfkesselwerken in Oberhausen gebaut. Ein sogenannter Viertrommelkessel der ersteren Firma ist in Fig. 65 dargestellt. Der Stirlingkessel wird mit 2 Ober- und 1 Unterkessel, mit 3 Ober- und 1 Unterkessel und mit 3 Ober- und 2 Unterkesseln gebaut. Die oberen Trommeln sind mit den unteren Trommeln durch an den Enden nach demselben Radius gebogenen Rohre verbunden, ferner sind auch die Dampfräume und die Wasserräume der Oberkessel durch stark gekrümmte Rohre miteinander verbunden.

<sup>1)</sup> Siehe Tetzner, Steilrohrkessel, Feuerungstechnik, II. Jahrg., Heft 2, S. 25.

<sup>2)</sup> Siehe Tetzner, Steilrohrkessel, Feuerungstechnik, II. Jahrg., Heft 2, S. 28.



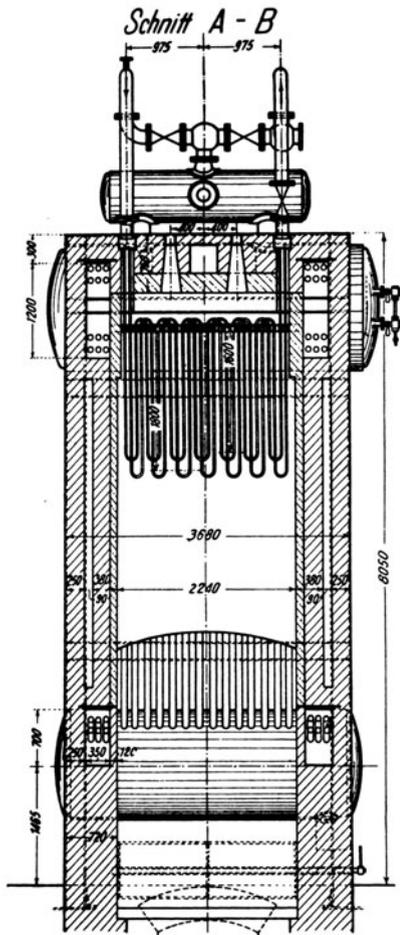


Fig. 63.

Bei dem in Fig. 65 dargestellten Stirlingkessel der Hanomag wird das frische Wasser in den letzten Oberkessel gespeist, erwärmt sich hier und sinkt durch das letzte Röhrenbündel zum Unterkessel. Von hier strömt es dann mit verschiedenen Geschwindigkeiten je nach Erfordernis in die beiden vorderen Röhrenbündel. Das in den vorderen Oberkesseln vom Dampf befreite Wasser kann zum hinteren Oberkessel zurückströmen, so daß ein guter Wasserumlauf gesichert ist. Aller Dampf wird zum mittleren Oberkessel und von da zu einem zwischen den beiden vorderen Oberkesseln liegenden Überhitzer, System Prégardien, geführt.

Bei einem in der Zentrale Reisholz bei Düsseldorf des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes aufgestellten Stirlingkessel von 500 qm Heizfläche ergab sich bei einer Verdampfung von 31,14 kg pro 1 qm Heizfläche und Stunde ein Wirkungsgrad für Kessel mit Überhitzer und Vorwärmer von 87%, bei einer Verdampfung von 38,77 kg ein Wirkungsgrad von 85,2%.

c) Steilrohrkessel von Jacques Piedboeuf in Düsseldorf und Aachen, System Burkhardt.

Der Kessel ist auf Tafel 34 dargestellt. Er besitzt 2 zylindrische Ober- und 2 ebensolche Unterkessel, die durch sich kreuzende Röhrenbündel miteinander verbunden sind. Durch die Rohre dieser Röhrenbündel steigt das Wasser mit Dampf vermisch in die Oberkessel und fällt durch andere mehr nach außen liegende Abfallrohre wieder in die Unterkessel zurück. Ganz nach außen liegt dann noch auf jeder Seite ein aus geraden Rohren bestehender Vorwärmer. Die Gase steigen vom Rost zunächst senkrecht empor, erwärmen die Verdampferrohre durch

Strahlung und Leitung, wobei die sich kreuzenden Rohre für gute Durchwirbelung der Gase und die eingelegten kurzen Schamottewände für gleichmäßige Verteilung der Gase auf sämtliche Rohre sorgen. Dann gehen die Gase in zweiten Zügen in den Kammern für die Abfallrohre hinab und

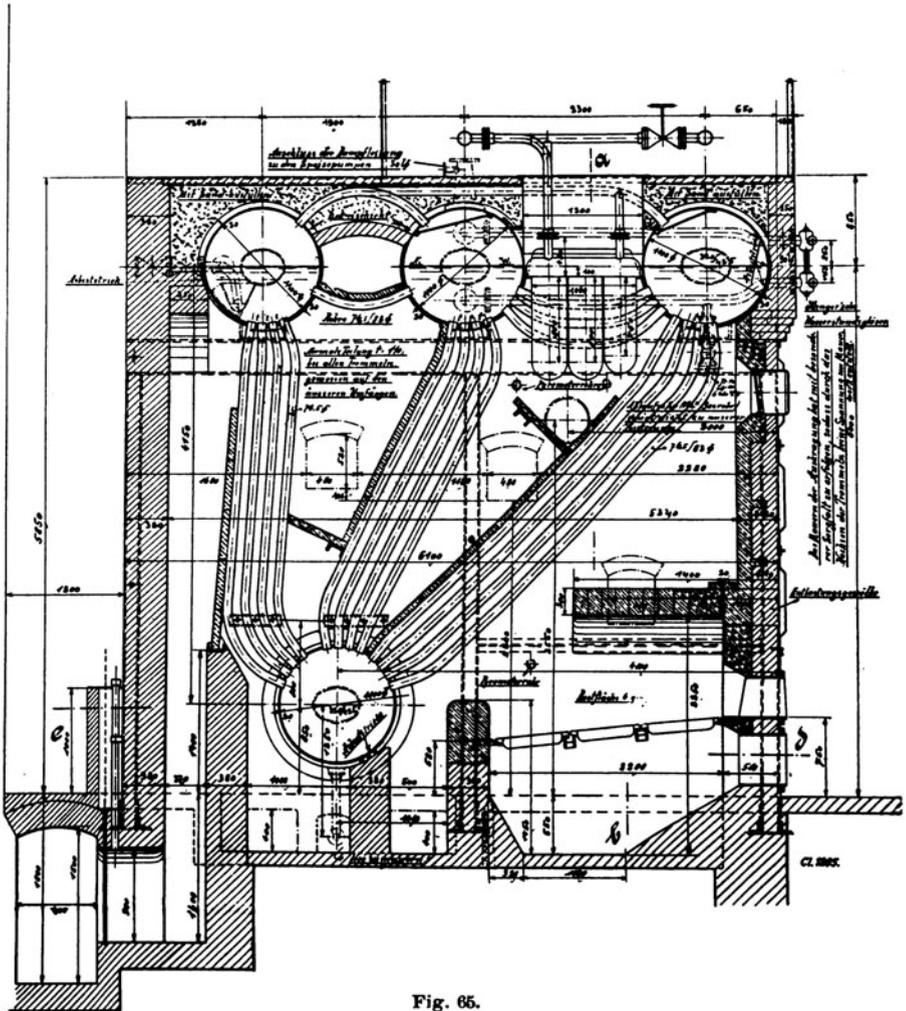


Fig. 65.

schließlich an den außen liegenden Vorwärmern nach oben und zum Schornstein. Der Überhitzer liegt in einer besonderen Kammer in der Mitte des Kessels.

Durch Öffnungen in den Wänden der Überhitzerkammern geht ein Teil der Gase zum Überhitzer und durch oben liegende durch Klappen

verschießbare Öffnungen wieder zu den Kesselzügen zurück. Durch Verstellen der erwähnten Klappen kann man mehr oder weniger Gas zum Überhitzen lassen und die Überhitzung regulieren. Die vom Überhitzer kommenden Gase umspülen dann entweder nur noch den Vorwärmer oder auch noch wie beim gezeichneten Kessel die Abfallrohre.

Durch die eigenartige Ausbildung des Kessels und die Zuführung wird einem Ausstrahlen von Wärme aus dem Kessel stark entgegenge-  
arbeitet.

Das Speisewasser wird in die Vorwärmer oben hineingeführt und gelangt aus diesen unten ausfließend in die unteren Kesseltrommeln.

In den Oberkesseln liegt dem Röhrenbündel gegenüber eine Reihe von Innenverschlüssen, durch die man sämtliche Rohre der Röhrenbündel herausziehen, auch eventuell im Innern reinigen kann.

#### d) Steilrohrkessel der Dampfkesselfabrik L. & C. Steinmüller in Gummersbach, Rhld.

Die Firma L. & C. Steinmüller baut außer einem reinen Steilrohrkessel auch eine Verbindung von Steilrohrkessel mit Schrägrohrkessel, den sogenannten Universalkessel.

Der in Fig. 66 bis 68 dargestellte Steilrohrkessel besteht aus 2 Rohrsystemen mit Ober- und Unterkesseln und einem dahinter gelegten schmiedeeisernen Ekonomiser.

Das Wasser tritt zunächst in die untere Trommel des Ekonomisers, steigt in den Rohren empor in die obere Trommel und gelangt von da in einen in der Mitte des hinteren Oberkessels liegenden Blechkasten. Von hier fällt es durch die mittleren Rohrreihen des Röhrenbündels in die untere Trommel, strömt hier nach den beiden Enden der Trommel und steigt, sich mit Dampf mischend, durch die äußeren Rohrreihen desselben Bündels zum zweiten Oberkessel zurück. Nachdem das Wasser hier den Dampf abgegeben hat, strömt es durch eine Anzahl seitlich im Mauerwerk liegender Rohre zum vorderen Oberkessel. Hier kann das Wasser durch im Mauerwerk liegende Abfallrohre in den vorderen Unterkessel fallen, während Dampf und Wasser in den von den Gasen umspülten Rohren des vorderen Röhrenbündels zum vorderen Oberkessel strömen. Es ist also in beiden Röhrenbündeln dafür gesorgt, daß die Steigrohre sich immer mit Wasser füllen können, es ist aber außerdem dafür gesorgt, daß in das vordere, am meisten gefährdete Röhrenbündel Schlamm und Kesselstein nicht gelangen können. Diese werden, soweit sie nicht schon außerhalb des Kessels ausgeschieden sind, sich in den Fallrohren des zweiten Röhrenbündels ausscheiden und sich in der unteren Trommel absetzen, da hier die Geschwindigkeit des Wassers wegen des großen Querschnitts nur klein ist. Ein Festbrennen des Kesselsteins ist hier auch nicht zu erwarten, da hier die Temperatur der Gase nur gering ist.

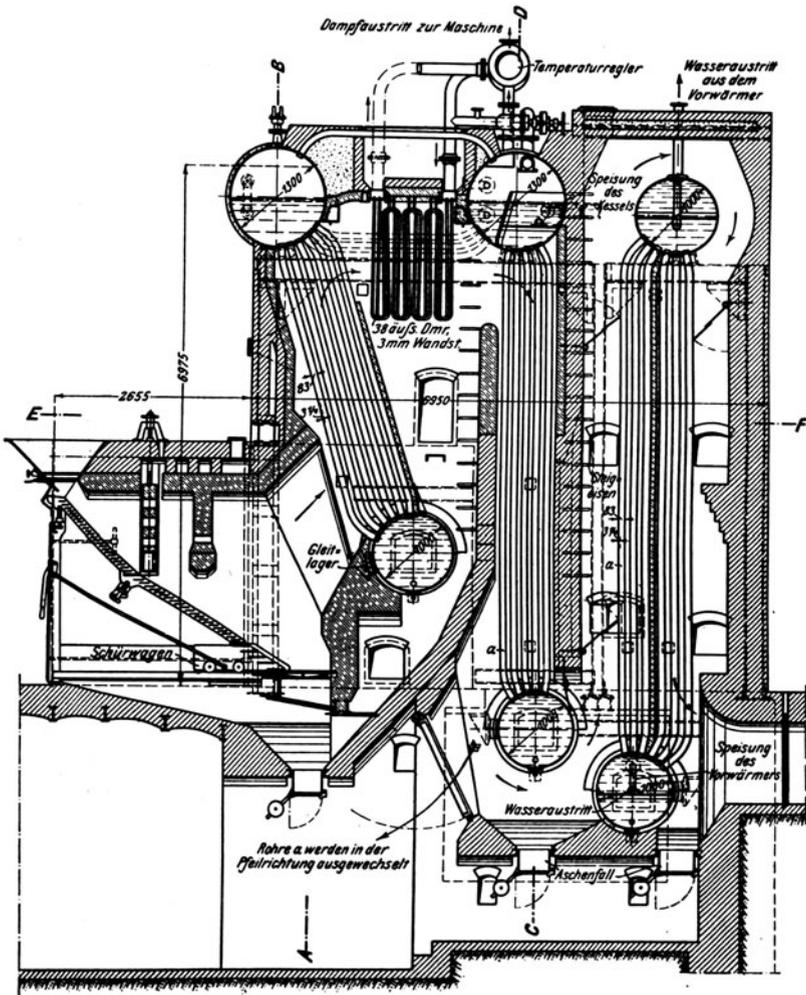


Fig. 66.

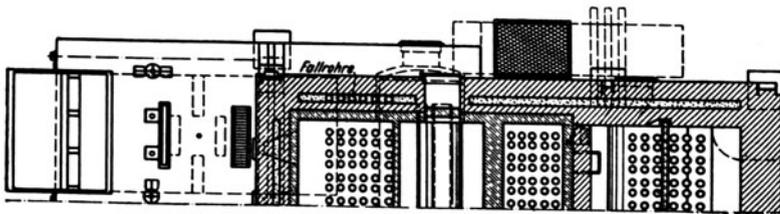


Fig. 68.

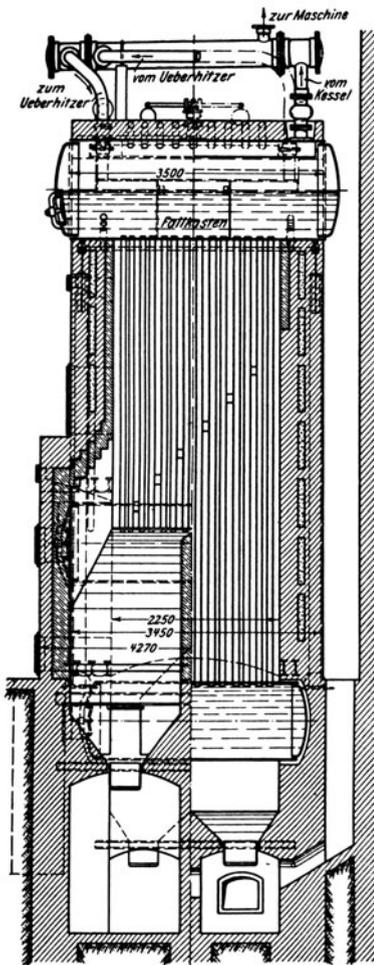


Fig. 67.

Der im vorderen Kesselelement frei werdende Dampf gelangt durch eine Anzahl gebogener Rohre in den hinteren Oberkessel und kommt hier in einen an den Enden offenen Blechkasten. Aus diesem Oberkessel wird dann der Dampf durch ein geschlitztes Dampfentnehmerrohr entnommen, dessen Schlitze gerade über dem in diesem Oberkessel in der Mitte vorhandenen Blechkasten liegen, so daß der Dampf sehr trocken in den zwischen den Oberkesseln liegenden Überhitzer gelangt. Der Überhitzer ist aus dem Gasstrom nicht absperrbar, er wird beim Anheizen des Kessels mit Wasser gefüllt, die Temperatur des Dampfes aber wird durch einen besonderen Temperaturregler geregelt, der ähnlich wie der in Fig. 69 dargestellte ist.

Der in Fig. 69 gezeichnete Temperaturregler ist hier in Verbindung mit einem Schrägröhrkessel gezeichnet. Der Regler besteht im wesentlichen aus einem Röhrenbündel *a*, welches nach Art eines Vorwärmers von einem geschlossenen zylindrischen Mantel umgeben ist. Der vom Überhitzer kommende Dampf umspült die Außenseiten der Rohre. Wenn die Überhitzungstemperatur heruntergedrückt werden soll, so kann ver-

mittels eines Ventils *b* der vom Kessel kommende Satttdampf teilweise durch die Rohre des Röhrenbündels *a* hindurchgeschickt werden, bevor er in den Überhitzer gelangt. Gewöhnlich strömt jedoch der gesamte Dampf durch den Stutzen *c* zum Überhitzer. Im Regler gelangt das im gesättigten Dampf enthaltene Wasser zur Verdampfung; die hierzu notwendige Wärme wird dem überhitzten Dampf entzogen. Wenn die Wirkung verstärkt werden soll, so kann der Feuchtigkeitsgehalt des Dampfes erhöht werden. Dieses geschieht vermittels einer kleinen Dubiauschen Röhrrpumpe, unter deren Glocke *d* ein geringer Teil des durch den vorderen Kammerhals ausströmenden Dampfes aufgefangen wird.

Durch die unten schräg abgeschnittenen Röhren *e* entweicht dieser Dampf in den Teller *f*, indem er gleichzeitig kleine Wassermengen mit nach oben in den Teller *f* befördert. Aus diesem regnet das Wasser in feinen Strahlen nieder und wird von dem Dampfe mitgerissen, der beim Öffnen des Ventils *b* zum Regler strömt. Aus dem Regler gelangt der Dampf in getrocknetem bzw. schwach überhitztem Zustande durch die Rohrleitung *g* in den Überhitzer. Man braucht also nur das Ventil *b* etwas zu öffnen, wenn die Temperatur des Dampfes, gemessen am Stutzen *h*, heruntergehen soll.

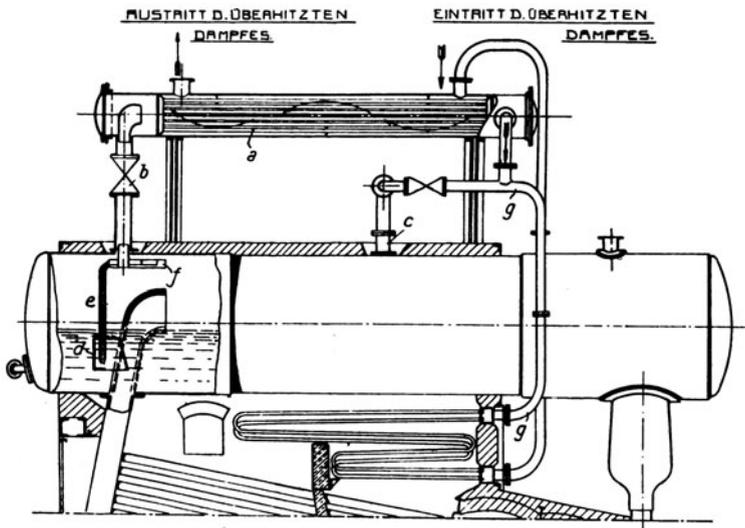


Fig. 69.

In Fig. 70 bis 72<sup>1)</sup> ist der Universalkessel der Firma L. & C. Steinmüller dargestellt. Der Kessel besteht aus einem kurzgebauten Schrägröhrkessel, der auf beiden Seiten durch je ein Steilrohrkessелеlement flankiert wird. Auf den vier Ecken des Kessels steht außerdem noch je ein Röhrenbündel, welches einen Vorwärmer bildet. Die seitlichen Steilrohrkessелеlemente sind geradeso ausgebildet wie das hintere Kessелеlement des schon beschriebenen Steilrohrkessels, auch der Vorwärmer entspricht dem beim Steilrohrkessel. Es wird nämlich das frische Wasser in die oberen Trommeln der beiden Vorwärmer gespeist und aus den unteren Trommeln entnommen. Dann geht das Wasser in den Steilrohrkessel auf jeder Seite, und zwar in den in der Mitte der oberen Trommel befind-

<sup>1)</sup> Aus Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1913. Münzinger: Neuere Konstruktionen der Firma L. & C. Steinmüller.

lichen Blechkasten. Von hier fällt das Wasser durch die mittleren Rohrreihen hinab und steigt durch die Endrohrreihen wieder empor. In der oberen Trommel wird Dampf abgegeben und das vom Dampf befreite Wasser geht zum Oberkessel des Schrägrohrkessels und macht dort seinen bekannten Umlauf. Der Gasstrom zieht umgekehrt; nachdem der Schrägrohrkessel bespült ist, ziehen die Gase an den beiden Steilrohrkessellementen nach unten, gehen unten zu den Vorwärmerrohren, an diesen empor und oben ab zum Schornstein oder einer Saugzuganlage. Die Dampfentnahme ist hier allerdings etwas anders als beim Steilrohrkessel, sie geschieht vom Oberkessel des ersten Kessellements, also vom Schrägrohrkessel aus. Der Überhitzer liegt direkt über dem Röhrenbündel des Schrägrohrkessels.

Der Kessel hat den großen Vorzug, daß er eine sehr große direkte Heizfläche besitzt und daß die sehr heißen Gase nicht an die äußere Ummantelung kommen, so daß nach außen wenig Wärme verloren geht. Die äußere Ummantelung besteht aus Eisen, welches an der Innenseite mit Schamotte bekleidet ist. Es hat das den Vorzug, daß die Rohre der Steilrohrelemente und der Vorwärmer leicht zugänglich sind, nicht viel Wärme zum Anheizen des Mauerwerks nötig ist und die Wände doch dicht gegen einströmende schädliche Luft sind.

e) Kessel der Germaniawerft Friedr. Krupp A.-G.  
in Kiel-Gaarden.

Die Firma baut verschiedene Steilrohrkessel. Als einer der wichtigsten sei hier zunächst der Schulz-Kessel erwähnt, der bei der deutschen Kriegsmarine jetzt der allein vorkommende Kessel ist. Ein solcher Kessel ist schematisch in Fig. 73 dargestellt.

Der normale Schulz-Kessel setzt sich zusammen aus einem Oberkessel, einem Rohrsystem und drei Unterkesseln, die durch einen Mantel umschlossen sind. Die Rohre, die meistens einen äußeren Durchmesser von 36 mm und eine Wandstärke von 3 mm, in der Nähe des Feuers von  $3\frac{1}{2}$  mm besitzen, sind an einigen Stellen zu dichten Wänden zusammengeführt. Dadurch werden Züge abgeteilt, durch die die Gase in Schlangenlinien nach oben ziehen. In der Fig. 73 sind die dichten Rohrwände durch starke Linien gekennzeichnet. Das Wasser fällt aus dem Oberkessel durch die vom Feuer am fernsten liegenden Rohre *a* in den mittleren Unterkessel und gelangt von hier aus auch zu den seitlich liegenden Unterkesseln. In den heißeren Rohren *b* steigt das Wasser mit Dampf vermischt empor. Dadurch entsteht eine lebhafte Wasserzirkulation im Kessel. Neuerdings hat man die Gase in horizontalen statt in vertikalen Schlangenlinien zwischen den Rohren durchgeführt.

Viel Ähnlichkeit mit diesem Kessel hat der Hochleistungskessel für stationäre Anlagen derselben Firma, der in Fig. 74 und 75 dargestellt ist.

## Die Dampfkessel.

Die Züge werden auch bei diesem Kessel durch dichte Rohrwände abgeteilt. In das Röhrenbündel ist noch ein Überhitzer eingeschaltet. Bei diesem Kessel ist besonders die vom Feuer und den Flammen ausstrahlende Wärme ausgenutzt, auch können sich die Flammen gut entwickeln. Daher ist die Leistung und der Wirkungsgrad des Kessels sehr hoch. Von dem Oberkessel geht je ein starkes, außerhalb der Ummantlung liegendes Abfallrohr nach den beiden Unterkesseln.

Eine eigentliche Einmauerung ist nicht vorhanden. An den Seiten hat der Kessel eine Blechbekleidung, die aber von den heißen Gasen nicht berührt wird, weil das die dichte äußere Rohrwand verhindert. Nur vorn und hinten wird der Feuerraum durch eine Wand aus Schamotte mit hinterliegender Luftschicht und Blechbekleidung begrenzt.

Durch die stark gebogenen Rohre ist der Kessel gegen starke Temperaturschwankungen unempfindlich, und er kann bei genügendem Zuge bis zu einer Bean-

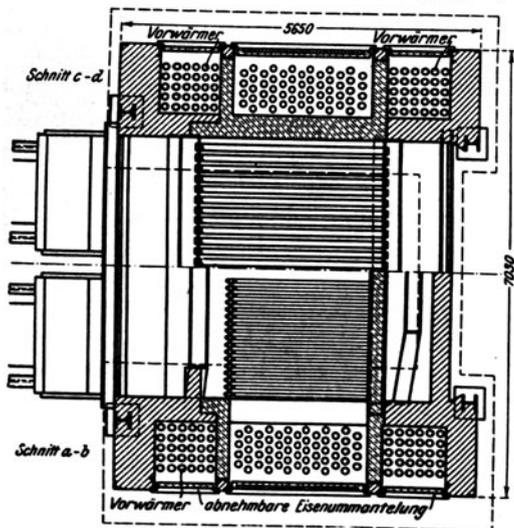
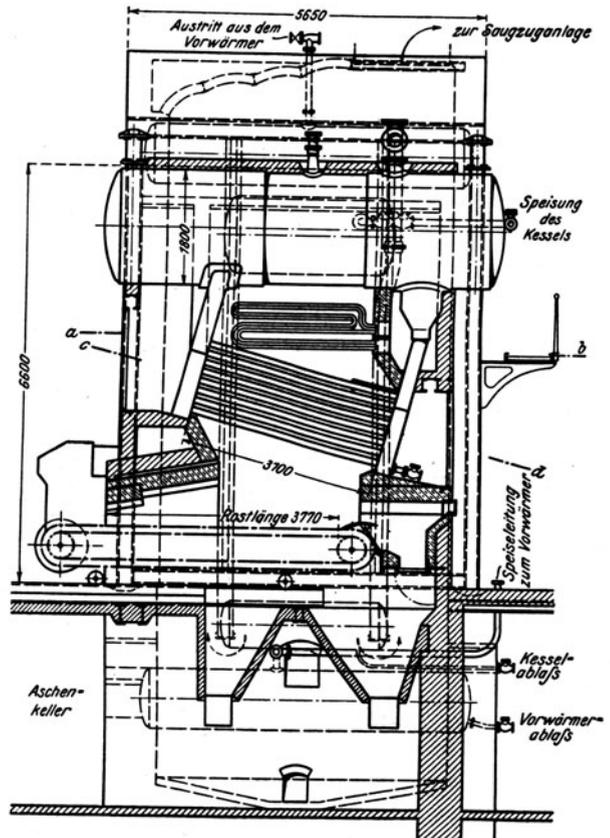


Fig. 70 u. 72.

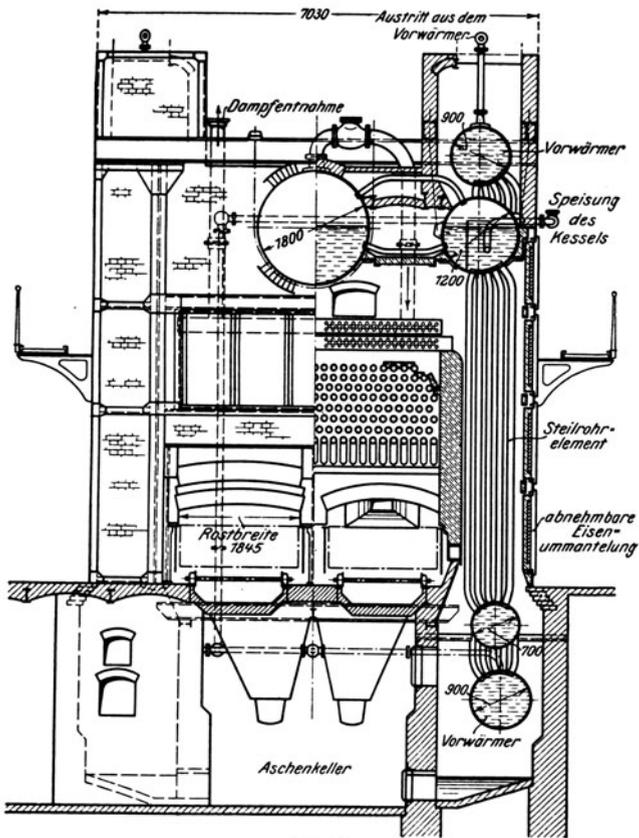


Fig. 71.

Rohr nur auswechseln kann, wenn man vorher die davorliegenden Rohre entfernt hat. Nach der Erfahrung soll es aber nur notwendig sein, daß die dem Feuer direkt zugekehrten Rohre einmal ersetzt werden. Sollte doch einmal ein anderes Rohr schadhaft werden, so kann man es leicht durch Einschlagen von Eisenstopfen ausschalten und verschiebt dann eine Auswechslung auf eine gelegeneren Zeit.

Der in Fig. 74 und 75 dargestellte Kessel besitzt eine Heizfläche von 400 qm, eine Überhitzerheizfläche von 200 qm, er ist für einen Überdruck von 15 Atm. und eine Überhitzungstemperatur von  $400^{\circ}\text{C}$  bestimmt. Die Länge von Ober- und Unterkessel beträgt 3300 mm.

Die Firma empfiehlt diesen Kessel nur, wenn ganz reines Wasser vorliegt, wie es z. B. bei Turbinenbetrieb mit Oberflächenkondensation vorhanden ist. Natürlich muß dabei das wegen der Verluste erforderliche Zusatzwasser ebenfalls durchaus rein sein, am besten durch Verdampfungsapparate gereinigt werden.

spruchung von 50 kg Dampf für 1 qm Heizfläche angestrengt werden, ohne daß der Nutzeffekt wesentlich geringer wird als bei normaler Beanspruchung.

Die Siederohre, die aus weichem Siemens - Martin - Stahl hergestellt werden, werden in die Rohrplatten eingewalzt, nachdem vorher in die Löcher der Platten zwei oder mehr parallele Rillen eingedreht wurden. Bei sehr hohem Druck werden die 5 mm überstehenden Enden der Rohre noch aufgearbeitet. Die Rohre sind gegeneinander versetzt und stehen so eng, daß man ein im Innern liegendes

Wenn es nicht auf kleine Platzinanspruchnahme ankommt, verwendet die Firma verschiedene Arten von Steilrohrkesseln mit Rohren, die nur an den Enden gebogen, sonst aber gerade sind. Bei diesen Kesseln liegen die Rohre nicht versetzt, und zwischen ihnen sind Straßen wie beim Garbekessel vorhanden, durch die man jedes Rohr auswechseln kann<sup>1)</sup>.

*Vorteile der Steilrohrkessel.*

Die verschiedenen Steilrohrkessel haben den Vorteil, daß ihre Herstellung sehr einfach und billig ist. Die zylindrischen Ober- und Unterkessel sind leicht, schnell und sicher herzustellen, während bei dem Schrägrohrkesseln die Herstellung der flachen Wasserkammern mit ihren

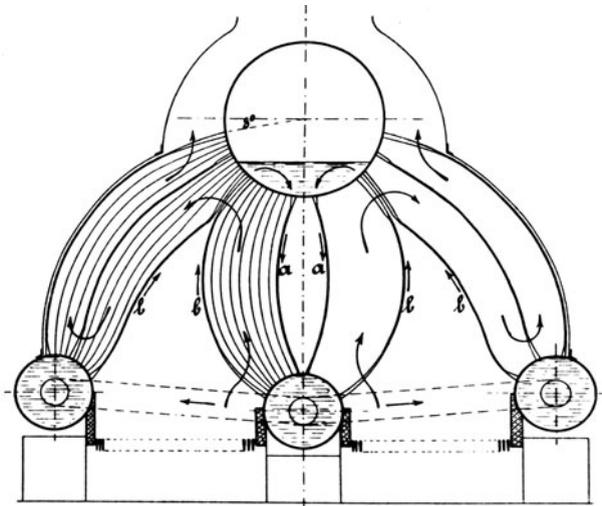


Fig. 73.

vielen Stehbolzen und Verschlüssen langwierig und teuer ist. Der Wassermulauf ist bei richtiger Konstruktion der Kessel ein sehr guter. Während bei den Schrägrohrkesseln der Querschnitt des Stutzens, der den Dampf mit Wasser zum Oberkessel führt, zum Teil sehr klein, im günstigsten Falle gleich  $\frac{1}{2}$  vom Querschnitt sämtlicher Rohre des Rohrbündels ist, münden hier sämtliche Rohre mit ihrem vollen Querschnitt im Ober- und im Unterkessel. Die Leistung und der Wirkungsgrad der Kessel sind meistens sehr groß. Die Kessel brauchen nur eine geringe Grundfläche, allerdings sind sie meistens sehr hoch. Die Reinigung der Rohre im Innern ist bei geraden wie gebogenen Rohren ziemlich leicht ausführbar, aber bei den gebogenen Rohren kann man das Innere der Rohre nicht ganz übersehen. Bei der steilen Lage der Rohre kann sich die Asche nicht auf ihnen ablagern.

<sup>1)</sup> Näheres: Tetzner, Steilrohrkessel, Feuerungstechnik II. Jahrg., Heft 3.

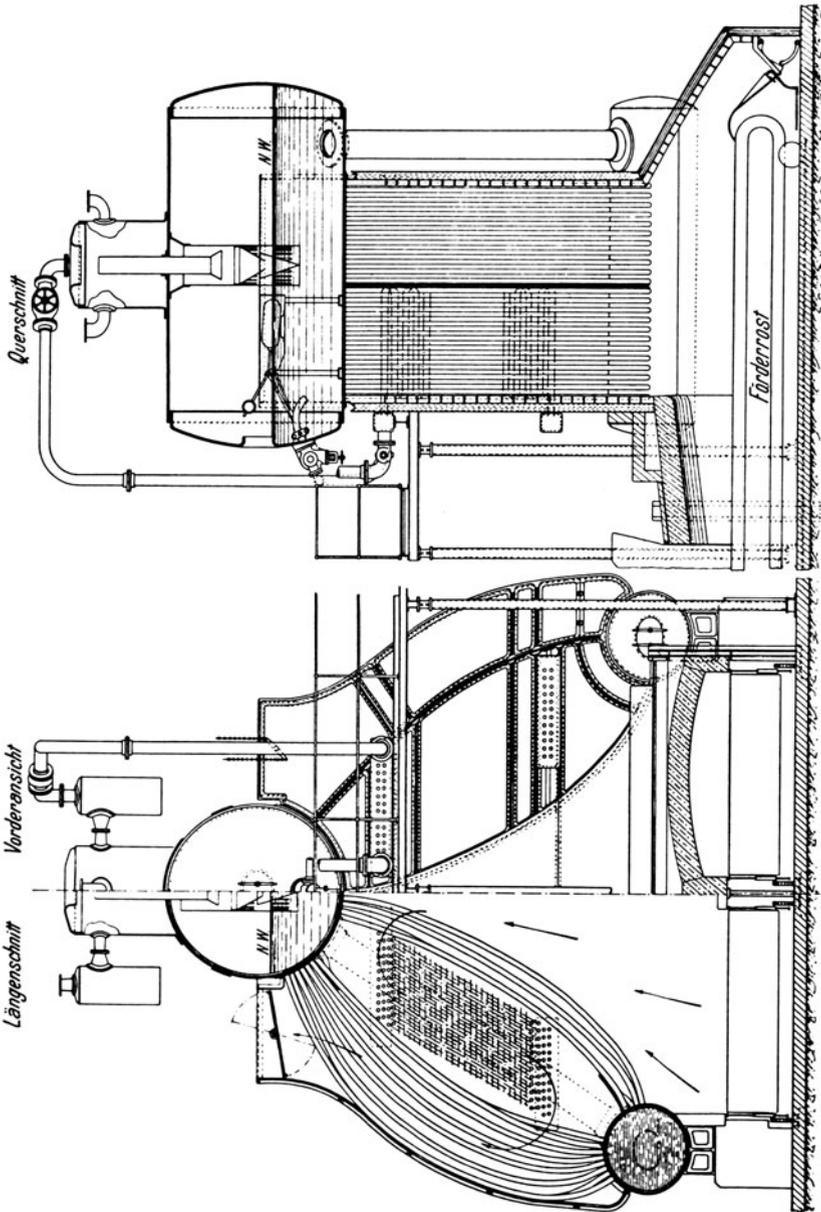


Fig. 75.

Fig. 74.

*Nachteile der Steilrohrkessel.*

Man hat vielfach behauptet, in den Steilrohrkesseln könnte sich wegen der hohen Umlaufgeschwindigkeit kein Kesselstein ansetzen, und

man brauchte daher das Wasser nicht sorgfältig zu reinigen. In der Praxis ist man jetzt aber vielfach dazu gekommen, in die Steilrohrkessel nur das reinste Wasser, womöglich nur das reine Kondensat, von den Dampfturbinen herrührend, zu speisen. Die feuerfesten Gewölbe über den Wanderrosten haben häufig zu vielen Reparaturen Veranlassung gegeben, weil man wegen der guten Heranführung der Gase zu den Rohren des ersten Bündels glaubte, diese Gewölbe ziemlich lang machen zu müssen. Die Gewölbe bekamen dann die strahlende Hitze von der Hauptverbrennungszone des Rostes und konnten bei starkem Betriebe nicht halten. Es haben deshalb einige Firmen, wie die Rheinische Fabrik feuerfester Produkte in Andernach a. Rh. und die Firma H. R. Heinicke in Chemnitz die zum Gewölbe bestimmten Steine mit Feder und Nut versehen. Jetzt macht man aber häufig die Gewölbe nicht so lang und erreicht dabei zugleich noch eine bessere Verbrennung der Gase, da die noch in Verbrennung begriffenen Gase dann nicht so in das Röhrenbündel gedrängt werden und die Flammen nicht so leicht verlöschen. Die Kessel bauen sehr hoch, was aber meistens nicht so ins Gewicht fällt wie die Grundflächenausdehnung. Das Kesselmauerwerk wird häufig ziemlich hoch und teuer. Zuweilen wird den Steilrohrkesseln auch der Vorwurf gemacht, daß zwar der Kessel selbst nicht viel Grundfläche brauche, aber der zugehörige Wanderrost weit herausgebaut werden müßte. Das ist zwar bei verschiedenen Kesseln so gewesen, ist aber bei manchen nicht der Fall, wie z. B. nicht beim Kessel von Piedboeuf, beim Universalkessel von Steinmüller und dem Hochleistungskessel von Krupp. Dadurch, daß das Wasser in den vorderen Rohren geiserartig emporschießt, wird der Dampf naß. Wenn man ihn so zum Überhitzer führen würde, müßte dieser sehr groß sein und die Überhitzung wäre doch häufig noch mangelhaft und unregelmäßig. Jedoch läßt sich das Wasser vom Dampf scheiden und die meisten modernen Steilrohrkessel haben jetzt einfache und wirksame Einrichtungen zum Abscheiden des Wassers. Der Überhitzer wird auch groß bei den meisten Steilrohrkesseln mit nur einem Rohrbündel, weil bei diesem mehr wie die Hälfte der Kesselheizfläche vor den Überhitzer zu liegen kommt. Ferner hat man den Kesseln vorgeworfen, das Wasser ströme nicht genügend schnell zu den Hauptverdampferrohren zurück, weil auch in den engen Fallrohren eine Verdampfung stattfinde. Dieses kann aber nicht gelten für alle die Steilrohrkessel, die völlig ungeheizte Abfallrohre besitzen. Es ist jedenfalls für diese Kessel wichtig, daß man unbedingt für eine gute Zurückführung des Wassers zu den Unterkesseln sorgt.

**Anwendung.** Die Steilrohrkessel sind bei großen Dampfzentralen am Platze, besonders wenn der Dampf in Dampfturbinen gebraucht wird. Es ist dann aber gut, wenn außerdem noch Schrägrohrkessel vorhanden sind, in die das bei den Kondensations- und Rückkühlanlagen erforder-

liche Zusatzwasser, nachdem es gereinigt ist, gespeist wird. Bezüglich der Größe der Kessel bestehen keine strengen Grenzen. Bisher sind solche Kessel bis 2700 qm Heizfläche gebaut, obgleich es im allgemeinen nicht zu empfehlen ist, gar so große Einheiten zu wählen. Meistens geht man auch nicht viel über 500 qm und nur vereinzelt auf 1000 qm Heizfläche.

### G. Verbindung von Wasserrohrkesseln mit Walzenkesseln.

Auf Tafel 35, Fig. 1 ist ein Kessel, System Mac Nicol, dargestellt, wie er von der Firma E. Willmann in Dortmund gebaut wird. Er stellt eine Vereinigung eines Wasserrohrkessels mit einem mehrfachen Walzenkessel dar und vereinigt die Vorteile beider Kesselsysteme miteinander. Durch die Rohre wird ein schneller Wasserumlauf erreicht, durch den Walzenkessel mit seiner großen Wassermenge wird verhindert, daß der Druck zu stark schwankt, und durch die größere verdampfende Oberfläche wird der Dampf trockener, als es bei einem reinen Wasserrohrkessel der Fall ist. Der hintere Unterkessel wird bei diesen Kesseln aus einer oder zwei Walzen gebildet.

Eine Abart dieses Kessels, bei der der untere Walzenkessel nicht mit dem Röhrenkessel direkt verbunden ist und bei der der Wasserumlauf durch Einlegen der bekannten Umlaufrinne wesentlich erhöht wird, wird von der Rheinischen Dampfkessel- und Maschinenfabrik Büttner in Uerdingen a. Rh. gebaut.

### H. Stehende Feuerbüchskessel.

#### 1. Stehender Feuerbüchskessel mit Quersiedern, Lachapelle-Kessel (Tafel 36, Fig. 1 und 2).

**Beschreibung:** In einem stehenden Zylinder ist zentrisch ein stehendes Flammrohr oder eine Feuerbüchse angebracht, deren unterer Rand mit dem Kesselmantel verbunden ist. Quer durch die Feuerbüchse sind Quersieder gezogen, die mit ihr verschweißt oder vernietet, bei kleineren Rohren auch eingewalzt und vernietet sind. Die Rohre der verschiedenen Etagen sind zueinander versetzt.

**Vorteile.** Der Kessel beansprucht sehr wenig Grundfläche.

**Nachteile.** Die verdampfende Oberfläche ist sehr klein, daher wird der Dampf sehr naß. Ein Wasserumlauf ist nicht vorhanden. Die Kessel lassen sich sehr schlecht reinigen. Die Feuerbüchse rostet unten leicht durch.

**Anwendung.** Die Kessel werden bis zu 20 qm Heizfläche gebaut. Sie finden ihrer geringen Platzinanspruchnahme und leichten Aufstellbar-

keit wegen in kleinen Betrieben Anwendung. Hauptsächlich werden sie aber auf Dampfkranen, Schiebebühnen, Gießpfannenwagen usw. angewandt.

## 2. Stehender Heizrohrkessel (Tafel 36, Fig. 3).

**Beschreibung.** Der Kessel besitzt eine nur kurze Feuerbüchse und in deren Verlängerung eine größere Anzahl Heizrohre.

**Vorteile, Nachteile und Anwendung** wie beim Kessel unter 1. Diese Kessel werden bis etwa 30 qm Heizfläche gebaut.

## 21. Das Material der Dampfkessel.<sup>1)</sup>

Zum Dampfkesselbau wird hauptsächlich Schweißeisen, Flußeisen und Flußstahl verwendet, seltener Kupfer, Messing und Gußeisen. Kupfer verwendet man nur zu den Feuerbüchsen und den Stehbolzen der Lokomotiven, Messing sehr selten zu Rohren, Gußeisen zu Armaturstutzen; vielfach werden aber auch die letzteren aus Schmiedeeisen oder Stahlguß hergestellt.

### Schweißeisen.

Bei Blechen wird unterschieden:

*Feuerblech:*



*Bördelblech:*



Jedes Blech ist seitens des Walzwerkes außer mit dem Stempel des Werkes, mit einem dem Vordruck in Form und Größe gleichen Qualitätsstempel zu bezeichnen.

Die Teile der Kesselwandungen, die im ersten Feuerzuge liegen, sind aus Feuerblech zu fertigen. Zu allen anderen Kesselteilen kann Bördelblech verwendet werden.

Feuerblech darf keine geringere Zugfestigkeit als 36 kg/qmm in der Längsfaser und 34 kg/qmm in der Quersfaser bei einer geringsten Dehnung von 20% in der Längsfaser und 15% in der Quersfaser haben.

<sup>1)</sup> Diese Angaben sind ein Auszug aus den Materialvorschriften für Landdampfkessel, die eine Anlage I bilden zu den Allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Landdampfkesseln. Erlaß des Reichskanzlers vom 17. Dezember 1908.

Vollständige Vorschriften betr. die Anlegung, Untersuchung und den Betrieb von Land- und Schiffsdampfkesseln mit Bau- und Materialvorschriften und Polizeiverordnung betr. bewegliche Kraftmaschinen sind zu beziehen von Otto Hammer-schmidt in Hagen i. W. Preis 2 M.

Bördelblech darf keine geringere Zugfestigkeit als 35 kg/qmm in der Längsfaser und 33 kg/qmm in der Quersfaser bei einer geringsten Dehnung von 15% in der Längsfaser und 12% in der Quersfaser haben.

Die Zugfestigkeit darf bei keinem Bleche 40 kg/qmm überschreiten.

Anmerkung. Bleche über 25 mm Dicke pflegen weniger Zugfestigkeit zu haben als aus demselben Material gefertigte Bleche unter 25 mm Dicke, und zwar rechnet man, daß auf je 2 mm Vergrößerung der Blechdicke die Festigkeit um 0,5 kg abnimmt. Demgemäß wird man bei Verwendung von Blechen über 25 mm Dicke zu erwägen haben, ob Feuerblech an Stelle von Bördelblech zu wählen ist.

Bei Nieteisen und Eisen für Anker und Stehbolzen soll die Zugfestigkeit 35 bis 40 kg/qmm betragen bei einer Dehnung von mindestens 20%.

Wasserrohre sollen einem Wasserdrucke von der dreifachen Höhe des Betriebsüberdrucks, mindestens aber von 30 Atmosphären Überdruck widerstehen, ohne eine Formänderung oder Undichtigkeit zu zeigen. Die Rohre sind, während sie unter dem Probedrucke stehen, abzuhämmern, namentlich an der Schweißnaht.

**Flußeisen.**

Bleche:

Bleche aus Flußeisen, welches im Flammofen erzeugt worden ist, haben folgende Bezeichnung zu tragen:

sofern ihre Festigkeit

41 kg/qmm nicht übersteigt: höher als 41 kg/qmm ist:



Bleche aus Thomaseisen haben folgende Bezeichnungen zu tragen:

sofern ihre Festigkeit

41 kg/qmm nicht übersteigt: höher als 41 kg/qmm ist:



Flußeisen darf keine geringere Zugfestigkeit als 34 kg/qmm und in der Regel keine höhere Zugfestigkeit als 51 kg/qmm haben. In bezug auf die Mindestdehnung aller Bleche ist folgende Zahlentafel maßgebend:

Festigkeit in kg/qmm . . . .	51—46	45	44	43	42	41—37	36	35	34
Geringste Dehnung in Prozenten	20	21	22	23	24	25	26	27	28

Bis auf weiteres kommen drei Blechsarten zur Anwendung, und zwar:

Blechsorte I mit 34 bis 41 kg/qmm (Berechnungsfestigkeit 36 kg/qmm)  
 „ II „ 40 „ 47 „ ( „ 40 „ )  
 „ III „ 44 „ 51 „ ( „ 44 „ )

Für diejenigen Teile des Kessels, welche gebördelt werden oder im ersten Feuerzuge liegen, dürfen nur Bleche der I. Sorte verwendet werden.

Für Teile, die nicht gebördelt werden oder nicht im ersten Feuerzuge liegen, können Bleche der II. oder III. Sorte verwendet werden.

Der Unterschied zwischen der Mindest- und Höchstfestigkeit darf bei einem einzelnen Bleche, sowie bei Blechen gleicher Qualität innerhalb einer Lieferung bei Blechlängen

bis 5 m höchstens . . . . . 6 kg/qmm  
 über 5 m „ . . . . . 7 „

betragen, jedoch nur innerhalb der festgesetzten Zugfestigkeitsgrenzen.

Nieteisen:

Zugfestigkeit 34 bis 41 kg/qmm bei einer Dehnung von mindestens 25% und einer Gütezahl (Festigkeit in kg/qmm + Dehnung in Prozenten) von mindestens 62.

Soweit Bleche von höherer Zugfestigkeit als 41 kg/qmm verwendet werden, darf das Nietmaterial entsprechend bis zu 47 kg/qmm Zugfestigkeit haben, wenn die Dehnung mindestens die gleiche wie in der Zahlentafel für Bleche ist. Für solches Nieteisen sind Prüfungsbescheinigungen beizubringen.

Anker und Stehbolzen:

Zugfestigkeit 34 bis 41 kg/qmm bei einer Dehnung von mindestens 25% und einer Gütezahl von mindestens 62.

Ausnahmsweise ist ein Material bis zu 47 kg/qmm Festigkeit zulässig, wenn die Dehnung mindestens die gleiche wie in der Zahlentafel für Bleche ist. Für solches Material sind Prüfungsbescheinigungen beizubringen.

Wasserrohre:

Die Rohre sollen einem Wasserdrucke von der dreifachen Höhe des Betriebsüberdrucks, mindestens aber von 30 Atmosphären Überdruck widerstehen, ohne eine Formänderung oder Undichtigkeit zu zeigen. Die Rohre sind, während sie unter dem Probedrucke stehen, abzuhämmern, namentlich auch an der Schweißnaht.

Die Bearbeitung der Flußeisenbleche muß mit besonderer Vorsicht geschehen. Die Bleche sind vor der Bearbeitung auszuglühen. Die Nietlöcher sollen, wenn irgend möglich, nur gebohrt werden. Die warm zu bearbeitenden Bleche müssen in Rotglühhitze und nicht im schwarz- oder blauwarmen Zustande bearbeitet werden. Die teilweise erwärmten Bleche

müssen, wenn möglich, nach vollendeter Formgebung ausgeglüht werden, mindestens müssen sie langsam abkühlen, und es muß der Übergang von den warmen zu den kalten Stellen des Bleches ein allmählicher sein.

### Kupfer.

Für Kupfer kann, wenn größere Festigkeit nicht nachgewiesen wird, eine Zugfestigkeit von 22 kg/qmm bei Temperaturen bis 120° C angenommen werden. Im Falle höherer Temperatur ist die Zugfestigkeit für je 20° C um 1 kg/qmm niedriger zu wählen.

Gegenüber überhitztem Wasserdampf von 250° C und mehr ist die Verwendung von Kupfer zu vermeiden.

Für kupferne Dampfrohrleitungen ist innerhalb der bezeichneten Grenze eine Materialbeanspruchung von höchstens  $\frac{1}{10}$  der Zugfestigkeit zulässig.

Die Scherfestigkeit des Schweißens, Flußeisens und des Kupfers kann zu 0,8 der Zugfestigkeit angenommen werden.

## 22. Festigkeit der Kessel.

### I. Wandstärken.

#### 1. Zylindrischer Kesselmantel.

Es bezeichne:

- $s$  die Blechstärke in cm;
- $d$  den inneren Durchmesser des Zylinders in cm;
- $p$  den größten Betriebsüberdruck in kg für 1 qcm;
- $K_z$  die Zugfestigkeit des Materials in kg für 1 qcm;
- $\mathcal{S}$  den Sicherheitsgrad gegen Zerreißen;
- $\varphi$  das Güteverhältnis der Nietnaht, d. i. das Verhältnis der Festigkeit der Nietnaht zur Festigkeit des vollen Bleches.

Beim Zerreißen des Mantels kann nun entweder ein Längsriß oder ein Querriß entstehen.

Erste Annahme: Es entstehe ein Längsriß.

Wir betrachten ein Zylinderstück von der Länge  $l$  (Fig. 76), das in Gefahr ist, in zwei Halbzylinder zerrissen zu werden, die im Innern mit dem Drucke  $p$  für ein Quadratcentimeter gedrückt werden. Die ganze gedrückte Fläche ist gleich der Projektion des Halbzylinders, gleich  $d \cdot l$ . Dann ist die auf Zerreißen wirkende Kraft:

$$P = dl p .$$

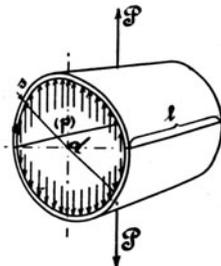


Fig. 76.

Dem Zerreißen widersetzen sich zwei Blechquerschnitte in der Gesamtgröße  $2sl$  mit einer Kraft:

$$2sl \frac{K_z}{\mathfrak{C}}.$$

Es muß also die Gleichung bestehen:

$$2sl \frac{K_z}{\mathfrak{C}} = dlp$$

oder

$$\text{Gl. I.} \quad s = \frac{d \cdot p \cdot \mathfrak{C}}{2 K_z}.$$

Zweite Annahme: Es entstehe ein Querriß (Fig. 77).

Die hier in Betracht kommende, vom Dampfdruck gedrückte Fläche

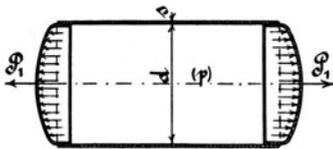


Fig. 77.

hat die Größe:  $\frac{d^2 \pi}{4}$ .

Daraus ergibt sich die axial im Zylinder wirkende Kraft:

$$P_1 = \frac{d^2 \pi}{4} p.$$

Dieser äußeren Kraft widersetzt sich eine Kreisringfläche, deren Größe genau genug gleich  $d\pi s$  ist, mit der Widerstandskraft:

$$d\pi s \frac{K_z}{\mathfrak{C}}.$$

Daraus ergibt sich die Gleichung:

$$d\pi s \frac{K_z}{\mathfrak{C}} = \frac{d^2 \pi}{4} p$$

oder

$$\text{Gl. II.} \quad s = \frac{d \cdot p \cdot \mathfrak{C}}{4 K_z}.$$

$s$  nach Gleichung II ist halb so groß als  $s$  nach Gleichung I, d. h.: Ein Querriß ist nur halb so wahrscheinlich als ein Längsriß. Deshalb macht man auch die Quernähte meist nur einreihig, zuweilen zwei-reihig, die Längsnähte aber zweireihig und dreireihig. Ferner legt man meistens die Walzrichtung der Bleche senkrecht zur Kesselachse und vorteilhaft die kleine Achse der elliptischen Mannlöcher parallel zur Kesselachse.

Die Blechwand berechnet man nach Gleichung I. Da das Blech aber durch die Nietnaht oder Schweißnaht<sup>1)</sup> geschwächt wird, so

<sup>1)</sup> Die Preß- und Walzwerk-Aktiengesellschaft Düsseldorf-Reisholz stellt jetzt nach dem patentierten Verfahren des Herrn Geheimen Baurat Ehrhardt

muß man  $s \frac{1}{\varphi}$  mal so groß machen, als in Gl. I angegeben. Man bekommt also:

$$s = \frac{d \cdot p \cdot \mathfrak{S}}{2 K_z \cdot \varphi}.$$

Hierzu addiert man noch eine Konstante  $c = 0,1$  cm, weil das Blech leicht etwas rostet oder von dem Wasser angegriffen wird. Die fertige Formel lautet demnach:

$$s = \frac{d \cdot p \cdot \mathfrak{S}}{2 K_z \cdot \varphi} + 0,1.$$

Bleche unter 7 mm sollen überhaupt nicht genommen werden.

Es ist zu wählen:

$K_z = 3300$	kg/qcm	bei Schweißseisen,
$K_z = 3600$	„	„ Flußeisen von 34 bis 41 kg/qmm Zugfestigkeit,
$K_z = 4000$	„	„ „ 40 „ 47 „ „
$K_z = 4400$	„	„ „ 44 „ 51 „ „

für Handnietung

$$\mathfrak{S} = 4,75$$

$$\mathfrak{S} = 4,25$$

$$\mathfrak{S} = 4,35$$

für Maschinennietung

$$\mathfrak{S} = 4,50$$

$$\mathfrak{S} = 4,00$$

$$\mathfrak{S} = 4,10$$

bei überlappten oder einseitig  
gelaschten Nähten,  
bei doppelt gelaschten Nähten,  
bei doppelt gelaschten zwei-  
reihigen Nähten, deren eine  
Lasche nur einreihig genietet  
ist.

Bleche, bei denen eine höhere Zugfestigkeit als 36 kg/qmm in Anspruch genommen werden soll, dürfen zu Mantelteilen nur verwendet werden, wenn die Verarbeitung kalt oder rotwarm stattfindet, wenn ihre Verbindung in den Längsnähten durch Doppellaschen Nietung erfolgt und die Nietung maschinell hergestellt wird.

Es empfiehlt sich, die Nietlöcher zu bohren. Die Nietlöcher in Blechen über 41 kg/qmm Zugfestigkeit und in solchen über 27 mm Dicke müssen gebohrt werden derart, daß das Bohren der Löcher an den zum Kessel zusammengesetzten Blechen vorgenommen wird. Werden die Nietlöcher

---

nahtlose Hohlzylinder für Kesselmäntel, glatte Flammrohre und Wellrohre her, die eine hohe Sicherheit gewähren. Bei Anwendung dieser Zylinder fällt das Güteverhältnis  $\varphi$  natürlich fort. Die Preise dieser nahtlosen Kesselmaterialien sollen sich, nach Angabe der Firma, unter Berücksichtigung der höheren Festigkeit, mit den genieteten Schüssen gleichstellen.

schwächerer Bleche gelocht, so ist zu den vorstehenden Werten von  $\mathcal{C}$  ein Zuschlag von 0,25 erforderlich. Bei gelochten und mindestens um  $\frac{1}{4}$  des Durchmessers der Nietlöcher aufgebohrten Löchern kann dieser Zuschlag auf 0,1 ermäßigt werden<sup>1)</sup>.

## 2. Flammrohre mit äußerem Überdruck.

Es bezeichne:

- $s_1$  die Blechstärke in cm,  
 $d_1$  den inneren Durchmesser zylindrischer Flammrohre, bei konischen Flammrohren den mittleren inneren Durchmesser in cm,  
 $p$  den größten Betriebsüberdruck in kg für 1 qcm,  
 $l$  die Länge des Flammrohres in cm, zutreffendenfalls die größte Entfernung der wirksamen Versteifungen voneinander<sup>2)</sup>,

$$\begin{array}{l} a = 100 \text{ für Rohre mit überlappter Längsnaht} \\ a = 80 \text{ für Rohre mit gelaschter oder geschweißter Längsnaht} \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{bei liegenden} \\ \text{Flammrohren;} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} a = 70 \text{ für Rohre mit überlappter Längsnaht} \\ a = 50 \text{ für Rohre mit gelaschter oder geschweißter Längsnaht} \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{bei stehenden} \\ \text{Flammrohren.} \end{array}$$

Es kann dann die Blechstärke nach folgender, von v. Bach aufgestellter Formel berechnet werden:

$$s_1 = \frac{p \cdot d_1}{2400} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{a}{p} \frac{l}{l + d_1}} \right) + 0,2 \text{ cm.}^3$$

<sup>1)</sup> Für Schiffskessel ist in den Bauvorschriften noch folgendes festgesetzt: Überschreitet die Plattendicke 12,5 mm, so sind die Rundnähte doppelt und bei 25,0 mm und darüber die mittleren Rundnähte dreifach zu nieten.

Sind in den Mantelblechen Stehbolzen angeordnet, so ist darauf zu achten, daß die Festigkeit des Bleches in den Stehbolzenreihen (auf die Länge eines Mantelschusses bezogen) nicht geringer wird als diejenige in der Längsnietung des Kesselmantels.

Die Dicke der Doppellasche muß mindestens  $\frac{3}{4}$  der Wanddicke des Kesselmantels betragen; einfache Laschen müssen mindestens 3 mm stärker als die Wanddicke des Kesselmantels gewählt werden.

Der Nietdurchmesser darf nicht größer als  $2s$  und nicht kleiner als  $s$  sein, wobei die erste Grenze für dünne, die zweite für dicke Bleche gilt.

<sup>2)</sup> Versteifungen s. S. 161.

<sup>3)</sup> Für Schiffsdampfkessel gilt die Formel:

$$s_1 = 0,00375 \sqrt{p \cdot d \cdot l}.$$

Wenn  $\frac{p \cdot d}{l}$  größer als 5 ist, so wird die Blechstärke des Flammrohres nach der folgenden Formel berechnet:

Quersiederohre versteifen das Flammrohr nicht wirksam, man wird daher, wenn nicht sonst noch Versteifungen vorhanden sind, die Länge  $l$  vom ersten bis dritten Querrohre rechnen.

Wellrohre und gerippte Rohre sind mit  $l = 0$  zu berechnen, also nach der Formel:

$$s_1 = \frac{p \cdot d_1}{1200} + 0,2 \text{ cm.}$$

Die Blechstärke darf auch hier nicht unter 7 mm genommen werden.

### 3. Ebene Wände.

#### a) Durch Rundanker versteifte ebene Wände.

Es sei:

$s_2$  die Blechstärke in cm,

$p$  der größte Betriebsüberdruck in kg für 1 qcm,

$a$  der Abstand der Stehbolzen oder Anker innerhalb einer Reihe voneinander in cm (Fig. 78),

$b$  der Abstand der Stehbolzen- oder Ankerreihen voneinander in cm,

$c$  ein Zahlenwert,

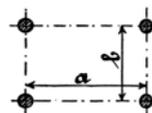


Fig. 78.

dann ist:

$$(1) \quad s_2 = c \sqrt{p(a^2 + b^2)} .$$

Hierin ist zu wählen:

$c = 0,017$  bei Platten, in welche die Stehbolzen oder Anker eingeschraubt und vernietet sind, und welche von den Heizgasen und vom Wasser berührt werden,

$c = 0,015$ , wenn solche Platten nicht von den Heizgasen berührt werden,

$c = 0,0155$  bei Platten, in welche die Stehbolzen oder Anker eingeschraubt und außen mit Muttern oder gedrehten Köpfen versehen sind, und welche von den Heizgasen und vom Wasser berührt werden,

$c = 0,0135$ , wenn solche Platten nicht von den Heizgasen berührt werden,

$c = 0,014$  bei Platten, welche durch Ankerröhren versteift sind.

$$s_1 = \frac{p \cdot d}{1000} + \frac{l}{300} .$$

Für Wellrohre gilt:

$$s_1 = \frac{p \cdot d}{1200} + 0,2 \text{ cm,}$$

für Flammrohre nach dem Patent von Holmes:

$$s_1 = \frac{p \cdot d}{1010} + 0,2 \text{ cm.}$$

Bei Platten, deren Anker mit Muttern und Verstärkungsscheiben versehen sind, ist:

- $c = 0,013$ , sofern der Durchmesser der äußeren Verstärkungsscheibe  $\frac{2}{3}$  der Ankerentfernung und die Scheibendicke  $\frac{2}{3}$  der Plattendicke,  
 $c = 0,012$ , sofern der Durchmesser der äußeren Verstärkungsscheibe  $\frac{3}{4}$  der Ankerentfernung und die Scheibendicke  $\frac{3}{4}$  der Plattendicke,  
 $c = 0,011$ , sofern der Durchmesser der äußeren Verstärkungsscheibe  $\frac{1}{2}$  der Ankerentfernung, auch diese mit der Platte vernietet und die Scheibendicke gleich der Plattendicke ist

und die Platten nicht vom Feuer berührt sind. Werden sie dagegen auf der einen Seite von den Heizgasen, auf der anderen Seite vom Dampf berührt, dann sind sie, falls sie nicht durch Flammenbleche geschützt werden, um  $\frac{1}{10}$  stärker zu nehmen, als die Rechnung ergibt.

Bei unregelmäßig verteilten Verankerungen wie in Fig. 79 ist:

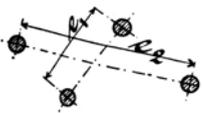


Fig. 79.

$$(2) \quad s_2 = c \cdot \frac{1}{2} (e_1 + e_2) \sqrt{p} .$$

Vorstehende Ausführungen gelten nur für flußeiserne Wandungen:

Durch Stehbolzen oder Anker unterstützte Kupferplatten erhalten die folgenden Wanddicken, und zwar bei regelmäßig verteilten Verankerungen (Fig. 78):

$$(3) \quad s_2 = 58,3 c \sqrt{\frac{p}{K_z} (a^2 + b^2)} ,$$

bei unregelmäßig verteilten Verankerungen (Fig. 79):

$$(4) \quad s_2 = 58,3 c \frac{1}{2} (e_1 + e_2) \sqrt{\frac{p}{K_z}} .$$

$K_z$  die Zugfestigkeit des Kupfers ist aus 21 zu entnehmen und auf qcm bezogen hier einzusetzen.

b) Rechteckige Platten, die am Umfange befestigt sind.

Ist:

- $s_2$  die Wandstärke in cm,  
 $a$  die größere Rechteckseite in cm,  
 $b$  die kleinere Rechteckseite in cm,  
 $p$  der größte Betriebsüberdruck in kg/qcm,  
 $k_z$  die zulässige Zugbeanspruchung des Materials in kg/qcm, wofür bis  $\frac{1}{4}$  der rechnermäßigen Zugfestigkeit eingeführt werden kann, dann wird:

$$(5) \quad s_2 = 0,53 b \sqrt{\frac{p}{k_z \left[ 1 + \left( \frac{b}{a} \right)^2 \right]}} .$$

## c) Durch Blechanker versteifte Böden.

Die Wandstärke wird berechnet nach der Formel:

$$(6) \quad s_2 = 0,017 e \sqrt{p}.$$

Hierin bedeutet:

- $s_2$  die Wandstärke in cm,
- $p$  den größten Betriebsüberdruck in kg/qcm,
- $e$  den Durchmesser eines Kreises, der den Rand der ebenen Fläche und die Mittellinien der Nietreifen der Versteifung berührt (Tafel 37, Fig. 17).

## d) Gekrempte flache Böden.

Die Wandstärke gekrempter flacher Böden (Fig. 80) kann man nach v. Bach berechnen nach der Formel:

$$(7) \quad s_2 = \sqrt{\frac{3}{8} \cdot \frac{p}{K_z} \left[ d_2' - r \left( 1 + \frac{2r}{d_2'} \right) \right]},$$

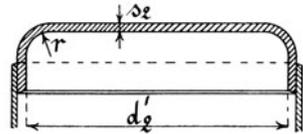


Fig. 80.

worin bedeutet:

- $s_2$  die Blechstärke in cm;
- $p$  den größten Betriebsüberdruck in kg für 1 qcm;
- $r$  den Wölbungshalbmesser der Krempe in cm;
- $d_2'$  den inneren Durchmesser des Bodens in cm;
- $K_z$  die Zugfestigkeit des Materials in kg für 1 qcm.

Bei Landdampfkesseln kann allgemein  $K_z = 3600$  kg/qcm gesetzt werden, dann wird die Formel:

$$(8) \quad s_2 = \frac{1}{98} \left[ d_2' - r \left( 1 + \frac{2r}{d_2'} \right) \right] \sqrt{p}.$$

## e) Rohrplatten von Heizrohrkesseln.

1. Die außerhalb des Rohrbündels liegenden Teile der Rohrplatte müssen nach den für ebene Wandungen geltenden Bestimmungen verankert werden, falls die Größe der dem Dampfdruck ausgesetzten Fläche die Verankerung fordert.

2. Die innerhalb des Rohrbündels liegenden Teile der Rohrplatte sind wie folgt zu bemessen:

- a) bei Verwendung besonderer Anker oder mit Gewinde eingesetzter Ankerrohre sind die Gleichungen (1), (2), (3) oder (4) anzuwenden. Die Rohre können in diesem Falle einfach aufgewalzt sein, jedoch darf die Wandstärke der sicheren Befestigung der Rohre halber

bei Flußeisenplatten:

nicht unter  $s = 5 + \frac{d}{8}$  für  $d = 38$  bis etwa rund 100 mm,

bei Kupferplatten:

nicht unter  $s = 10 + \frac{d}{5}$  für  $d = 38$  bis etwa rund 75 mm

gewählt werden, worin  $d$  den äußeren Rohrdurchmesser an der Befestigungsstelle in mm bedeutet; ferner muß der Mindestquerschnitt des Steges zwischen zwei Rohrlöchern betragen:

bei Flußeisen:

180 qmm für  $d = 38$  mm,

zunehmend auf etwa das 2,5fache für  $d =$  rund 100 mm,

bei Kupferplatten:

340 qmm für  $d = 38$  mm,

zunehmend auf etwa das 2,5fache für  $d =$  rund 75 mm.



Fig. 81.

b) Bei nicht besonders verankerten Rohrwänden, deren Rohre jedoch beiderseits umgebördelt oder in kegelförmig sich nach außen erweiternden Löchern eingewalzt sind, ist Sicherheit gegen Herausziehen der Rohrenden zu erwarten, wenn die auf ein Zentimeter Rohrumfang entfallende Belastung:

$$(9) \quad \sigma = \frac{p \cdot \text{Fläche } J}{\pi d} \quad (\text{Fig. 81})$$

den Betrag von 25 kg nicht überschreitet, sachgemäße Ausführung vorausgesetzt.

- c) Bei nicht besonders verankerten Rohrwänden, deren Rohre in zylindrischen Löchern glatt eingewalzt sind, ist bei einer Beanspruchung bis zu 7 Atm. Betriebsüberdruck gleichfalls der Betrag  $\sigma = 25$  als zulässig zu erachten. Bei höheren Dampfspannungen darf jedoch  $\sigma$  den Betrag von 15 kg nicht überschreiten.

Wenn  $\sigma$  diese Beträge überschreitet, bedarf es einer Berechnung des durch den Dampfdruck beanspruchten kleinen Feldes  $J$  nicht, sofern die in Ziffer a mit Rücksicht auf sichere Befestigung der Rohre geforderten Mindeststärken vorhanden sind.

In zweifelhaften Fällen kann dahingehende Prüfung durch die Gleichung

$$(10) \quad p = 360 \left( 1 - 0,7 \frac{d}{e} \right) \left( \frac{s}{e} \right)^2 \cdot k_b$$

stattfinden. Hierin bedeuten:

$s$  die Plattendicke in mm,  
 $p$  den größten Betriebsüberdruck in atm,  
 $d$  den äußeren Rohrdurchmesser an der Befestigungsstelle in mm,  
 $e$  die Seite des quadratischen Feldes in mm, welches durch die vier unterstützenden Rohre gebildet wird, oder das arithmetische Mittel aus den Seiten des Rechtecks, welches durch die vier Rohre bestimmt erscheint

$$\left( \text{in Fig. 81 ist } e = \frac{op + pq}{2} \right),$$

$k_b$  die eintretende Biegungsanstrengung des Plattenmaterials in kg/qmm, die bis zur Höhe =  $\frac{\text{Zugfestigkeit}}{4,5}$  zulässig erscheint.

Wird die Beanspruchung nach Gleichung (10) zu groß oder überschreitet  $\sigma$  die vorgeschriebenen Werte, so sind Anker oder Ankerrohre anzuordnen.

Insbesondere sind Randrohre darauf zu prüfen, ob ihre Belastung innerhalb der als zulässig bezeichneten Grenzen bleibt; im verneinenden Falle ist ein Teil von ihnen nach Gleichung (1) als Ankerrohre auszubilden oder sonstige Verankerung anzuordnen.

3. Ist bei Feuerbüchsen die Decke nicht durch Anker oder in anderer Weise mit dem Kesselmantel verbunden, sondern durch Bügel- oder Deckenträger, welche auf den Rändern der Rohrplatten stehen, unterstützt, dann darf die Dicke der Rohrwand nicht geringer sein als

$$(11) \quad s = \frac{p \cdot w \cdot b}{1900(b - d)},$$

worin

$w$  die äußere Weite der Feuerbüchse in mm,

$b$  die Entfernung der Rohre voneinander, von Mitte zu Mitte gemessen, in mm,

$d$  den inneren Durchmesser der Rohre in mm

bedeuten.

#### 4. Gewölbte Böden.

a) Gewölbte Böden mit innerem Überdruck.

Es bezeichne:

$s_3$  die Blechstärke in cm;

$p$  den größten Betriebsüberdruck in kg für 1 qcm;

$R$  den Radius des inneren Wölbungskreises in cm;

$k_2$  die zulässige Belastung des Materials in kg für 1 qcm, und zwar:

bis zu 500 kg für 1 qcm bei Schweißisen,

bis zu 650 kg für 1 qcm bei Flußeisen,

bis zu 400 kg für 1 qcm bei Kupfer, sofern die Temperatur desselben 200° C nicht überschreitet.

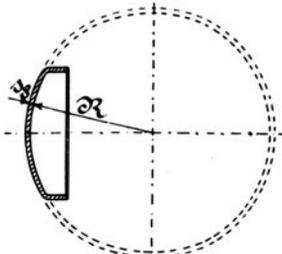


Fig. 82.

Bei gewölbten Böden mit Ein- oder Aus-  
halsungen zur Befestigung der Flammrohre  
kann man mit  $k_z$  bis 750 kg gehen, wenn das  
Flammrohr in der Achsenrichtung ausreichend  
elastisch, der Temperaturunterschied zwischen  
Flammrohr und Mantel mäßig und der kleinste  
Abstand des Flammrohres von dem Mantel  
nicht zu knapp gewählt ist.

Wir denken uns den Boden zur Hohlkugel  
ergänzt (Fig. 82). Dann sind die durch den  
inneren Dampfdruck erzeugten, an den gegenüberliegenden Halbkugeln  
wirkenden Kräfte:

$$P = R^2 \pi p .$$

Die dem Zerreißen widerstrebende Kreisringfläche hat genau genug  
die Größe:

$$2 R \pi s_3 ,$$

und die Widerstandskraft ist:

$$2 R \pi s_3 k_z .$$

Es ergibt sich also die Gleichung:

$$2 R \pi s_3 k_z = R^2 \pi p$$

oder

$$s_3 = \frac{R \cdot p}{2 k_z} .$$

#### b) Gewölbte Böden mit äußerem Überdruck.

Bezeichnet

$r$  den äußeren Halbmesser der mittleren Wölbung in mm,

$s$  die Stärke des Bodens in mm,

$p_0$  die Flüssigkeitspressung in atm, bei welcher die Einbeulung zu  
erwarten steht, so kann die durch

$$(1) \quad k_0 = \frac{1}{200} p_0 \frac{r}{s}$$

bestimmte Einbeulungsdruckspannung  $k_0$  in kg/qmm aus der Gleichung

$$(2) \quad k_0 = A - B \sqrt{\frac{r}{s}}$$

ermittelt werden, worin:

für kugelförmige, stark gehämmerte Kupferböden, welche aus dem  
Ganzen bestehen,

$$A = 25,5$$

$$B = 1,2$$

für geglühte Flußeisenböden, welche aus dem Ganzen bestehen,

$$A = 26$$

$$B = 1,15$$

für Flußeisenböden, welche aus einzelnen Segmenten mit Überlappungsnielung hergestellt sind,

$$A = 24,5$$

$$B = 1,15$$

zu setzen ist.

Als zulässige Materialanstrengungen können gemäß der Gleichung

$$k = \frac{1}{200} p \frac{r}{s},$$

worin  $p$  den größten Betriebsüberdruck in atm bezeichnet,  $r$  und  $s$  die oben bezeichnete Bedeutung haben, für  $k$  nachstehende Werte als zulässig erachtet werden:

gegenüber Druck:

für gehämmertes Kupfer bis 4 kg/qmm, sofern die Temperatur 200° C nicht überschreitet,

für geglühtes Flußeisen bis 6,5 kg/qmm;

gegenüber Einbeulung:

bis 0,4 kg für beide Materialien

unter Bestimmung von  $k_0$  aus Gleichung (2).

Wenn also der Boden gegen Einbeulung gesichert sein soll, so muß

$$k = \frac{1}{200} p \frac{r}{s} = 0,4 k_0 = 0,4 \left( A - B \sqrt{\frac{r}{s}} \right)$$

sein. Es ergibt sich dann

$$s = \frac{1}{2} r \frac{0,025 A p + B^2 + B \sqrt{0,05 A p + B^2}}{A^2}.$$

## II. Nietverbindungen.

**Allgemeines.** Alle Niete werden warm eingezogen. Da die warm eingezogenen Niete sich beim Erkalten zusammenziehen, können sie das Nietloch nicht ausfüllen, jedenfalls aber nicht mit Spannung an der Wand anliegen. Eine Inanspruchnahme solcher Niete auf Abscherung ist daher ausgeschlossen, und kann die Nietverbindung nur dadurch halten, daß durch das Zusammenziehen des Nietschaftes beim Erkalten die Bleche fest aufeinander gedrückt werden, wodurch ein bedeutender Reibungswiderstand entsteht, der noch dadurch unterstützt wird, daß die Unebenheiten der Bleche sich fest ineinander setzen.

Früher wurde stets nur mit der Abscherungsfestigkeit gerechnet. In den neuen Bauvorschriften für Dampfkessel vom 17. Dezember 1908<sup>1)</sup> wird aber auch auf den Gleitungswiderstand der Nietverbindungen Rücksicht genommen. Es heißt dort:

<sup>1)</sup> Vgl. Anmerkung auf S. 132.

„Die Nietnähte sollen stets so ausgeführt werden, daß der erforderliche Widerstand gegen Gleiten vorhanden ist und daß die Widerstandsfähigkeit der Niete gegen Abscheren sich nicht geringer ergibt als die in Rechnung zu ziehende Festigkeit des Bleches in der Nietnaht. Hierbei darf die Belastung eines Nietes durch die Scherkraft auf 1 qmm Nietquerschnitt höchstens 7 kg/qmm betragen, sofern keine höhere Zugfestigkeit des Nietmaterials als 38 kg/qmm nachgewiesen wird.

Trifft diese Voraussetzung zu, so kann der für eine Belastung mit 7 kg/qmm berechnete Nietdurchmesser mit der Wurzel aus dem Quotienten, der sich aus der Zahl 38 und der nachgewiesenen Festigkeit ergibt, multipliziert werden.“

Danach muß also noch mit dem Güteverhältnis  $\varphi$  der Nietnaht, d. i. das Verhältnis der Festigkeit des durch die Nietlöcher geschwächten Bleches zur Festigkeit des vollen Bleches, gerechnet werden. In Fig. 83 ist:

$$\varphi = \frac{t_1 - \delta}{t_1}.$$

Eigentlich brauchte man bei warm eingezogenen Nieten nicht mehr mit diesem Güteverhältnis zu rechnen, da die Schwächung des Bleches hier meist nicht in Betracht kommt. Bei einer einreihigen Überlappungsnietung wird bis Mitte der Nietreihe z. B. schon etwa die Hälfte der durch die Nietreihe zu übertragenden Kraft von einem Bleche zum anderen übertragen. Die übrigbleibende Hälfte der Kraft kann bei den üblichen Nietteilungen durch den Blechquerschnitt in der Nietreihe (zwischen den Nietlöchern) stets übertragen werden. Wenn man also, wie es üblich, rechnet, daß durch den Blechquerschnitt in der Nietreihe die ganze Kraft hindurchgehen muß, so hat man sehr sicher gerechnet. Wir wollen auch hier den Bauvorschriften vom 17. Dezember 1908 entsprechend rechnen. Dabei können wir uns die Sache aber wohl dadurch erleichtern, daß wir für die einzelnen Vernietungsarten vorher mittlere Güteverhältnisse im allgemeinen festsetzen. Weicht dann später in Wirklichkeit das Güteverhältnis einer festgelegten Naht von dem vorher im allgemeinen festgesetzten etwas ab, so ist eine nochmalige Rechnung nicht erforderlich.

Es bezeichne:

- $s$  die Blechstärke in cm;
- $s_0$  die Laschenstärke in cm;
- $\delta$  die Nietstärke in cm;
- $t$  die Teilung in cm, d. h. den Abstand der Mitten zweier Niete;
- $e$  die Entfernung der Nietreihe vom Blechrande;
- $e_1$  die Entfernung der Nietreihen voneinander bei mehrreihigen Nietungen;
- $\varphi$  das Güteverhältnis der Nietnaht, d. i. das Verhältnis der Festigkeit der Nietnaht zur Festigkeit des vollen Bleches;

$n$  die Anzahl der auf eine Teilung entfallenden Nietquerschnitte;  
 $Wg$  der Gleitwiderstand oder die Kraft in kg, mit der 1 qcm Nietquerschnitt belastet werden darf.

### 1. Überlappungsniertung.

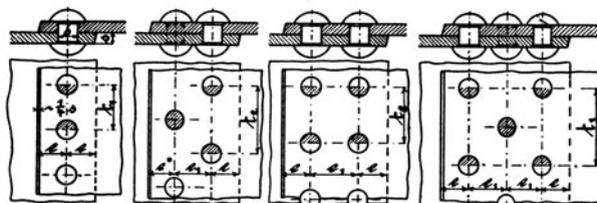


Fig. 83.

Fig. 84.

Fig. 85.

Fig. 86.

Passende Werte ergeben folgende Formeln<sup>1)</sup>:

oder genau genug

$$\delta = \sqrt{5s} - 0,4 \text{ cm,}$$

$$\delta = s + 0,8 \text{ cm}^2)$$

$$e = 1,5 \delta .$$

a) Einreihige Nietung (Fig. 83).

$$t_1 = 2 \delta + 0,8 \text{ cm}$$

$$\varphi = 0,56$$

$$n = 1$$

$$Wg = 600 \text{ bis } 700 \text{ kg.}$$

b) Zweireihige Nietung.

Zickzacknietung nach Fig. 84.

$$t_2 = 2,6 \delta + 1,5 \text{ cm}$$

$$e_1 = 0,6 t_2$$

$$\varphi = 0,70$$

Parallelnietung nach Fig. 85<sup>3)</sup>.

$$t_2 = 2,6 \delta + 1 \text{ cm}$$

$$e_1 = 0,8 t_2$$

$$\varphi = 0,67$$

$$n = 2$$

$$Wg = 550 \text{ bis } 650 \text{ kg.}$$

<sup>1)</sup> Nach C. v. Bach, Maschinenelemente.

<sup>2)</sup> Über die Wahl des Nietdurchmessers ist noch zu sagen, daß man sich natürlich nach dem in der Fabrik vorhandenen Lager der Niete richten muß. Kleine Kesselschmieden haben häufig nur wenige Nietenarten, wie z. B. 16, 20, 23, 26 mm usw., größere Fabriken haben alle Nieten von 2 zu 2 mm steigend und noch andere alle Nieten von 1 zu 1 mm steigend vorrätig. Mit der Hand können nur Niete bis 26, höchstens 27 mm Durchmesser gut genietet werden.

<sup>3)</sup> Wenig gebräuchlich.

c) Dreireihige Nietung (Fig. 86).

$$t_3 = 3 \delta + 2,2 \text{ cm}$$

$$e_1 = 0,5 t_3$$

$$\varphi = 0,75$$

$$n = 3$$

$$Wg = 500 \text{ bis } 600 \text{ kg.}$$

## 2. Doppellaschennietung.

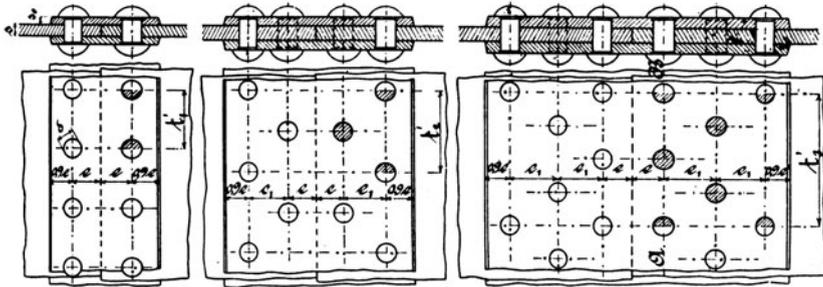


Fig. 87.

Fig. 88.

Fig. 89.

a) Einreihige Nietung (Fig. 87).

$$\delta = \sqrt{5s} - 0,5 \text{ cm,}$$

oder meistens genau genug:

$$\delta = s + 0,7 \text{ cm}$$

$$t_1 = 2,6 \delta + 1 \text{ cm.}$$

Für die Laschenstärke würde  $s_0 = \frac{\delta}{2}$  genügen, es soll jedoch wegen leichteren Verstemmens genommen werden:

$$s_0 = \frac{2}{3} s ;$$

ferner ist:

$$\varphi = 0,67$$

$$n = 2$$

$$Wg = 500 \text{ bis } 600 \text{ kg.}$$

b) Zweireihige Nietung (Fig. 88).

$$\delta = \sqrt{5s} - 0,6 \text{ cm,}$$

oder genau genug:

$$\delta = s + 0,6 \text{ cm}$$

$$t_2 = 3,5 \delta + 1,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 e_1 &= 0,5 t_2 \\
 s_0 &= \frac{2}{3} s \\
 n &= 4 \\
 \varphi &= 0,75 \\
 Wg &= 475 \text{ bis } 575 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

c) Dreireihige Nietung (Fig. 89).

$$\delta = \sqrt{5s} - 0,7 \text{ cm,}$$

oder meistens genau genug:

$$\begin{aligned}
 \delta &= s + 0,5 \text{ cm} \\
 t'_3 &= 6\delta + 2 \text{ cm} \\
 e_1 &= \frac{3}{8} t'_3.
 \end{aligned}$$

In bezug auf die Laschenstärke ist folgendes zu beachten: Wenn der Querschnitt der beiden Laschen in der inneren Nietreihe  $AB$   $\frac{5}{4}$  mal so groß sein soll, wie der Querschnitt des Bleches in der äußersten Nietreihe, so muß sein:

$$\begin{aligned}
 2(t'_3 - 2\delta)s_0 &= \frac{5}{4}(t'_3 - \delta)s \\
 2(6\delta + 2 - 2\delta)s_0 &= \frac{5}{4}(6\delta + 2 - \delta)s \\
 (8\delta + 4)s_0 &= (6,25\delta + 2,5)s \\
 s_0 &= \frac{6,25\delta + 2,5}{8\delta + 4} \cdot s.
 \end{aligned}$$

Für  $\delta = 2,2 \text{ cm}$  wird  $s_0 = 0,75 s$ ,

für  $\delta = 3,5 \text{ cm}$  wird  $s_0 = 0,78 s$ .

Es wird daher immer genügen, wenn man nimmt:

$$s_0 = 0,8 s.$$

Ferner ist:

$$\begin{aligned}
 n &= 10 \\
 \varphi &= 0,85 \\
 Wg &= 450 \text{ bis } 550 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

Damit die Laschen gut verstemmt werden können, darf jedoch die Teilung nicht größer als  $8s_0$  sein. Wird die Teilung größer, so muß man die Laschen entweder ausschweifen (Fig. 90, linke Seite), was aber teuer ist, oder man macht die äußere Lasche so schmal, daß sie nur die beiden inneren Nietreihen faßt (Fig. 90, rechte Seite), dann kann man diese schmalere Lasche immer ver-

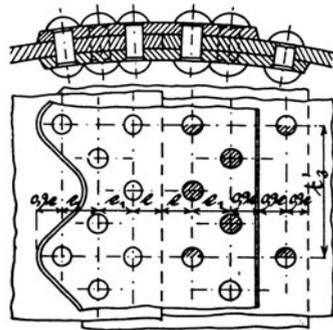


Fig. 90.

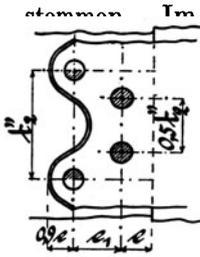


Fig. 91.

letzteren Falle wird  $n = 9$  gegen 10 im ersten Falle, was nicht viel ausmacht.

Zuweilen wird auch die zweireihige Doppellaschen-naht, wie in Fig. 91 angegeben, ausgeführt. Es ist dann:

$$\delta = s + 0,6 \text{ cm}$$

$$t'' = 5 \delta + 1,5 \text{ cm}$$

$$e_1 = 0,4 t''$$

$$s_0 = 0,8 s$$

$$n = 6$$

$$\varphi = 0,82$$

$$Wg = 475 \text{ bis } 575 \text{ kg.}$$

Der **Rechnungsgang** bei der Bestimmung der Nietnähte kann nun folgender sein:

Es wird nach der Formel

$$s = \frac{d \cdot p \cdot \mathcal{E}}{2 K_x \varphi} + 0,1$$

die Blechstärke bestimmt, dann unter Annahme einer bestimmten Längsnietung die Nietstärke  $\delta$ , der Nietquerschnitt  $\frac{\delta^2 \pi}{4}$ , die Teilung  $t$  für die Längsnäht berechnet und dann untersucht, ob die Belastung eines qcm des Nietquerschnittes nicht zu groß ausfällt. Darauf werden die übrigen Verhältnisse der Längsnäht und der Quernäht festgelegt, auch nachgesehen, ob die Quernäht in bezug auf Gleitwiderstand nicht zu stark belastet ist.

Die Belastung eines qcm des Nietquerschnittes bestimmt sich wie folgt:

a) Längsnäht. Mit Bezug auf Fig. 76 ist, wenn man  $t$  an Stelle von  $l$  setzt, die auf der Länge der Teilung  $t$  auf den Halbzylinder wirkende Kraft:

$$P = d \cdot t \cdot p.$$

Diese Kraft verteilt sich auf zwei Querschnitte  $s \cdot t$ , auf einen kommt also die Kraft:

$$\frac{P}{2} = \frac{d \cdot t \cdot p}{2}.$$

Auf einen Nietquerschnitt kommt die Kraft:

$$\frac{d \cdot t \cdot p}{2 \cdot n},$$

auf 1 qcm Nietquerschnitt aber die Kraft:

$$Q = \frac{d \cdot t \cdot p}{2 n \frac{\delta^2 \pi}{4}}.$$

Diese Kraft darf höchstens gleich dem Gleitwiderstande  $Wg$  sein.

b) Quernaht: Mit Bezug auf Fig. 77 ist die axial im Mantel wirkende Kraft:

$$P_1 = \frac{d^2 \pi}{4} p .$$

Auf 1 cm am Umfange kommt die Kraft  $\frac{P_1}{d\pi}$ , auf  $t$  cm des Umfanges aber:

$$\frac{P_1}{d\pi} t = \frac{d^2 \pi t p}{4 d \pi} = \frac{d \cdot t \cdot p}{4}$$

Die Kraft für einen Nietquerschnitt ist:

$$\frac{d \cdot t \cdot p}{4 n}$$

und die Kraft für 1 qcm Nietquerschnitt:

$$Q_1 = \frac{d \cdot t \cdot p}{4 n \frac{\delta^2 \pi}{4}} .$$

Ist bei einem Beispiel die Kraft zu groß, so kann man sich häufig dadurch helfen, daß man die Niete 1 oder 2 mm stärker nimmt. Ist die Belastung  $Q$  nur wenig größer als zulässig, so kann man bei Vergrößerung von  $\delta$  auch  $t$  größer machen.

Beispiel 1: Es sei der Durchmesser eines Kessels  $d = 160$  cm, der Überdruck  $p = 8$  Atm. Das zur Verfügung stehende Flußeisenblech habe eine absolute Festigkeit von  $K_z = 3600$  kg pro qcm. Es werde für die Längsnaht eine mit Hand genietete zweireihige Überlappungsnaht angenommen.

Dann ist:

$$s = \frac{160 \cdot 8 \cdot 4,75}{2 \cdot 3600 \cdot 0,7} + 0,1 = 1,307 \text{ cm,}$$

dafür

$$s = 1,3 \text{ cm.}$$

Dann wird:

$$\delta = 1,3 + 0,8 = 2,1 \text{ cm,} \quad \text{dafür} \quad \delta = 2,2 \text{ cm;} \quad \frac{\delta^2 \pi}{4} = 3,8 \text{ qcm;}$$

$$t_2 = 2,6 \cdot 2,2 + 1,5 = 7,2 \text{ cm;}$$

$$Q = \frac{d \cdot t_2 \cdot p}{2 n \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{160 \cdot 7,2 \cdot 8}{2 \cdot 2 \cdot 3,8} = 607 \text{ kg.}$$

Es genügt das, da die Verbindung gegen Gleiten genügend gesichert ist, wenn auf 1 qcm Nietquerschnitt nicht mehr als 650 kg Belastung kommt.

Beispiel 2: Es sei  $d = 210$  cm;  $p = 8$  Atm. Überdruck. Dann ist bei einer Festigkeit des Materials von 3600 kg pro qcm und bei Annahme einer mit der Nietmaschine ausgeführten zweireihigen Überlappungsnietung in der Längsnaht:

$$s = \frac{210 \cdot 8 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,7} + 0,1 = 1,6 \text{ cm,}$$

$$\delta = 1,6 + 0,8 = 2,4 \text{ cm; } \frac{\delta^2 \pi}{4} = 4,52 \text{ qcm;}$$

$$t_2 = 2,6 \cdot 2,4 + 1,5 = 7,74 = \sim 7,7 \text{ cm;}$$

$$Q = \frac{210 \cdot 7,7 \cdot 8}{2 \cdot 2 \cdot 4,52} = 715 \text{ kg,}$$

also zuviel, da höchstens  $Q = 650$  kg zulässig ist.

Wir könnten nun eine dreireihige Überlappungsnietung annehmen. Es wird dann:

$$s = \frac{210 \cdot 8 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,75} + 0,1 = 1,5 \text{ cm; } \delta = 1,5 + 0,8 = 2,3 \text{ cm.}$$

Angenommen, das in der Kesselschmiede vorhandene zunächstliegende Niet habe einen Durchmesser  $\delta = 2,4$  cm, so wird:

$$\frac{\delta^2 \pi}{4} = 4,52 \text{ qcm; } t_3 = 3 \cdot 2,4 + 2,2 = 9,4 \text{ cm;}$$

$$Q = \frac{210 \cdot 8 \cdot 9,4}{2 \cdot 3 \cdot 4,52} = 583 \text{ kg.}$$

Das ist zulässig. Nach der älteren Theorie müßte man nun noch das Güteverhältnis der Nietnaht

$$\varphi = \frac{t_3 - \delta}{t_3}$$

nachrechnen. Tun wir dieses, so bekommen wir:

$$\varphi = \frac{9,4 - 2,4}{9,4} = 0,745,$$

das ist angenähert der angenommene Wert.

Man könnte nun auch eine zweireihige Doppellaschennietung anwenden.

Es ist dann:

$$s = \frac{210 \cdot 8 \cdot 4}{2 \cdot 3600 \cdot 0,75} + 0,1 = 1,345 = \sim 1,4 \text{ cm;}$$

$$\delta = 1,4 + 0,6 = 2,0 \text{ cm; } \frac{\delta^2 \pi}{4} = 3,14 \text{ qcm;}$$

$$t'_2 = 3,5 \cdot 2 + 1,5 = 8,5 \text{ cm};$$

$$Q = \frac{210 \cdot 8,5 \cdot 8}{2 \cdot 4 \cdot 3,14} = 568 \text{ kg.}$$

Das ist zulässig.

Die Laschenstärke wird:

$$s_0 = \frac{2}{3} 1,4 = 0,934 = \approx 1 \text{ cm.}$$

Wegen des Verstemmens darf  $t'_2$  höchstens gleich  $8s_0$  sein. Es ist aber  $t'_2 = 8,5 \text{ cm}$  und  $8s_0 = 8 \text{ cm}$ . Hier kann man sich helfen, indem man  $s_0 = 1,1 \text{ cm}$  macht, also  $8s_0 = 8,8 \text{ cm}$  bekommt.

Nehmen wir bei Anwendung einer zweireihigen Laschennietung als Längsnaht eine einreihige Überlappungsnaht als Quernaht, so wird:

$$t_1 = 2 \cdot 2 + 0,8 = 4,8 \text{ cm};$$

$$Q_1 = \frac{d \cdot t_1 \cdot p}{4 n \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{210 \cdot 4,8 \cdot 8}{4 \cdot 1 \cdot 3,14} = 642 \text{ kg.}$$

Das ist reichlich wenig.

Beispiel 3: Es sei  $d = 220 \text{ cm}$ ;  $p = 13 \text{ Atm}$ .

Dann ist bei einer Festigkeit des Materials von  $K_z = 3600 \text{ kg}$  für  $1 \text{ qcm}$  und bei Annahme einer dreireihigen mit Nietmaschine genieteten Laschennietung

$$s = \frac{220 \cdot 13 \cdot 4}{2 \cdot 3600 \cdot 0,85} + 0,1 = 1,97 \text{ cm} = \approx 2 \text{ cm};$$

$$\delta = \sqrt{5s} - 0,7 = 3,16 - 0,7 = 2,46 = \approx 2,5 \text{ cm.}$$

Dasselbe erhält man aus  $\delta = s + 0,5 = 2 + 0,5 = 2,5 \text{ cm}$ . Nehmen wir an, das nächstliegende auf Lager vorhandene Niet habe den Durchmesser  $2,6 \text{ cm}$ , so nehmen wir  $\delta = 2,6 \text{ cm}$ . Dann ist:

$$\frac{\delta^2 \pi}{4} = 5,31 \text{ qcm}; \quad t'_3 = 6 \cdot 2,6 + 2 = 17,6 \text{ cm};$$

$$Q = \frac{220 \cdot 17,6 \cdot 13}{2 \cdot 10 \cdot 5,31} = 473 \text{ kg,}$$

während bis  $550 \text{ kg}$  gestattet ist.

Die Laschenstärke wird:  $s_0 = 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ cm}$ .  $t'_3$  dürfte aber höchstens gleich  $8s_0 = 12,8 \text{ cm}$  sein, während es  $17,6 \text{ cm}$  beträgt. Es müssen

daher die Laschen ausgeschnitten werden, wie in Fig. 90 links angegeben ist, oder die äußere Lasche muß, wie in Fig. 90 rechts angegeben, so schmal gemacht werden, daß sie nur zwei Nietreihen faßt. In letzterem Falle ist:

$$n = 9$$

und

$$Q = \frac{220 \cdot 17,6 \cdot 13}{2 \cdot 9 \cdot 5,31} = 526 \text{ kg,}$$

also nicht zuviel.

Hier wird:

$$\varphi = \frac{17,6 - 2,6}{17,6} = 0,853 ,$$

was mit der Annahme 0,85 sehr gut übereinstimmt.

Als Quernaht genügt eine einreihige Naht nicht. Es muß eine zweireihige Überlappungnaht gewählt werden. Hierfür ist:

$$t_2 = 2,6 \cdot 2,6 + 1,5 \text{ cm} = 8,25 \text{ cm,}$$

$$Q_1 = \frac{220 \cdot 8,25 \cdot 13}{4 \cdot 2 \cdot 5,31} = 555 \text{ kg,}$$

was nicht zuviel ist.

### III. Schweißungen.

Zuweilen werden Schweißnähte statt Nietnähte angewandt. Jedoch ist die Beurteilung ihrer richtigen und guten Ausführung eine schwierige, daher sind die Nähte im allgemeinen nicht absolut zuverlässig. Als Güteverhältnis guter Schweißnähte rechnet man  $\varphi = 0,70$ . Bei Zylindern, die von außen gedrückt werden, kommt die Unzuverlässigkeit der Schweißnähte weniger in Betracht, deshalb kann man sie bei Flammrohren sehr gut anwenden. Hier nimmt man mit Vorliebe Längsschweißnähte, weil man bei ihrer Anwendung das Rohr leicht rund bekommen kann. Bei innerem Drucke schweißt man hauptsächlich nur dann, wenn die Naht schwer zu nieten oder zu verstemmen ist. So werden häufig Vorköpfe, Dome, Verbindungsstutzen und Wasserkammern der Röhrenkessel geschweißt. Jedes geschweißte Stück ist, wenn irgend möglich, gut auszulühen.

### IV. Verschraubungen.

Schrauben werden im Kesselbau nur angewandt, wo Teile zeitweise gelöst werden müssen, wie zur Bodenbefestigung beim Lokomobilkessel mit herausziehbarem Röhrenbündel, oder bei Ankern, oder wenn ein Nieten vollständig unmöglich ist.

Als Dichtungsmaterial benutzt man bei Teilen, die von den Feuer- gasen bestrichen werden, Asbest oder Kupfer, sonst vorteilhaft Gummi mit einer Einlage von Messingdrahtgewebe.

**Berechnung der Schrauben:** Es bezeichne:

$P$  den Gesamtdruck auf die gedrückte Fläche in kg;

$p$  den auf einen Schraubenkern entfallenden Teil des Gesamt- druckes  $P$  in kg;

$k_z$  die Beanspruchung des Schraubenkernes in kg für das qcm;

$d_1$  den Durchmesser des Schraubenkernes in cm. Dann muß sein:

$$p = \frac{d_1^2 \pi}{4} k_z$$

oder

$$k_z = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{p}{d_1^2} = 1,27 \frac{p}{d_1^2};$$

daraus wird:

$$d_1 = 1,13 \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{k_z}}.$$

Nun nehme man, gleichviel, ob die Schrauben aus Schweißisen oder aus Flußisen hergestellt sind:

1. bei guten Schrauben, guter Bearbeitung der Flächen und bei weichem Dichtungsmaterial  $k_z = \sim 628$  kg also:

$$d_1 = \frac{1,13}{\sqrt{628}} \cdot \sqrt{p} = 0,045 \sqrt{p}$$

und füge noch die Konstante 0,5 cm hinzu, so daß

$$d_1 = 0,045 \sqrt{p} + 0,5 \text{ cm} \quad . . . . . (1)$$

wird;

2. wenn den unter 1. genannten Anforderungen weniger vollkommen entsprochen ist,  $k_z = \sim 380$  kg, also:

$$d_1 = \frac{1,13}{\sqrt{380}} \cdot \sqrt{p} + 0,5 \text{ cm},$$

also:

$$d_1 = 0,055 \sqrt{p} + 0,5 \text{ cm} \quad . . . . . (2)$$

Wird der Nachweis geliefert, daß das Schraubenmaterial den in den Materialvorschriften für Landdampfkessel für das Nieteisen aufgestellten Anforderungen genügt, so kann der Koeffizient in Gleichung (1) bis auf 0,4 vermindert werden.

Die Gleichungen (1) und (2) liefern bei ihrer Anwendung auf das Whitworthsche System:

Äußerer Durchmesser der Schraube engl. "	Kern- Durchmesser der Schraube mm	Kern- mm	Zulässige Belastung der Schraube		
			Koeffizient 0,4	Koeffizient 0,45	Koeffizient 0,55
1/8	12,70	9,98	155 kg	122,5 kg	82 kg
5/16	15,88	12,93	393 "	310 "	208 "
3/8	19,05	15,80	729 "	576 "	386 "
7/16	21,23	18,62	1 159 "	916 "	613 "
1	25,40	21,34	1 669 "	1 318 "	883 "
1 1/8	28,57	23,93	2 440 "	1 770 "	1 185 "
1 1/4	31,75	27,10	3 053 "	2 412 "	1 614 "
1 3/8	34,92	29,51	3 755 "	2 967 "	1 986 "
1 1/2	38,10	32,69	4 792 "	3 786 "	2 535 "
1 5/8	41,27	34,77	5 539 "	4 377 "	2 930 "
1 3/4	44,45	37,95	6 785 "	5 361 "	3 589 "
1 7/8	47,62	40,41	7 837 "	6 192 "	4 145 "
2	50,80	43,59	9 308 "	7 355 "	4 922 "
2 1/4	57,15	49,02	12 111 "	9 569 "	6 406 "
2 1/2	63,50	55,37	15 857 "	12 528 "	8 387 "
2 3/4	69,85	60,55	19 286 "	15 237 "	10 201 "
3	76,20	66,90	23 947 "	18 923 "	12 667 "

Schrauben aus Flußeisen sollen kein scharfes, sondern möglichst abgerundetes Gewinde erhalten.

Bei Berechnung der Flanschenschrauben, sofern deren mehrere in unter sich gleichen Abständen zur Befestigung rechteckiger oder elliptischer Flächen verwendet werden, kann man annehmen, daß, wenn  $r$  den geringsten Abstand der Schrauben vom Schwerpunkte der gedrückten Fläche in cm,

$t$  die Schraubenteilung in cm bezeichnet,

die am stärksten belastete Schraube den Druck

$$p = \frac{P \cdot t}{2 \pi r}$$

erhält.

Wenn Biegungsspannungen zu befürchten sind, wie namentlich bei unbearbeiteten Flächen, Durchbiegen der Flanschen, einseitig liegenden Dichtungen usw., so ist diesen bei der Bemessung der Schrauben besonders Rechnung zu tragen.

Die Flanschen sind so stark zu machen, daß sie der Biegungsbeanspruchung, sowie auch dem Durchbiegen sicher widerstehen können.

Schwächere Schrauben als solche von 16 mm äußerem Durchmesser sind tunlichst zu vermeiden; Schrauben von unter 13 mm äußerem Durchmesser sind nicht zulässig.

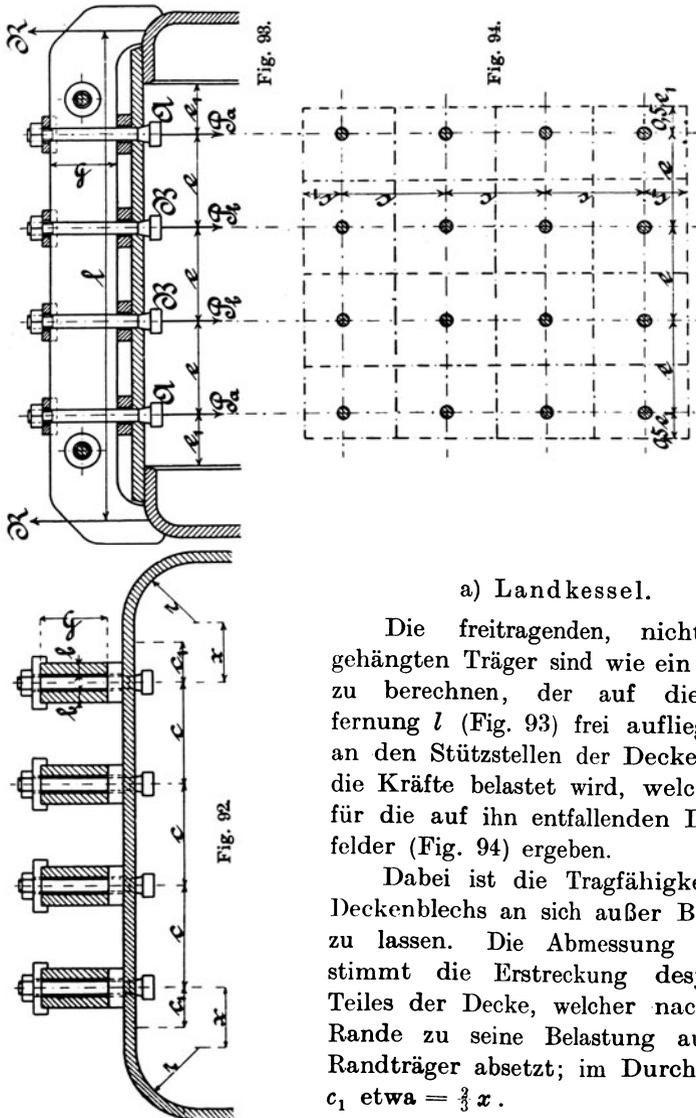
Bei Ankern und Stehbolzen nehme man höchstens folgende Beanspruchungen:

350 kg/qcm	bei geschweißten	Ankern und Stehbolzen	aus Schweißeisen,
500 "	"	ungeschweißten	" " " " " "
600 "	"	"	" " " " " Flußeisen,
300 "	"	Ankern u. Stehbolzen	aus Kupfer für Dampftemperaturen bis 200° C.

Es empfiehlt sich, die mit Muttern versehenen Längsanker mit Gewinde in die Stirnplatten oder Rohrplatten einzuschrauben, außerdem nicht nur außen, sondern auch innen mit Unterlegscheiben und mit Muttern zu versehen. Die Ankerröhren sind mit Gewinde einzuziehen und aufzuwalzen.

Bei der Versteifung feuerberührter ebener Flächen durch Stehbolzen sollte der Stehbolzenabstand im allgemeinen nicht größer als 200 mm sein.

**V. Bügel- oder Deckenträger für Feuerbüchdecken.** Textfig. 92 bis 94.



a) Landkessel.

Die freitragenden, nicht aufgehängten Träger sind wie ein Balken zu berechnen, der auf die Entfernung  $l$  (Fig. 93) frei aufliegt und an den Stützstellen der Decke durch die Kräfte belastet wird, welche sich für die auf ihn entfallenden Deckenfelder (Fig. 94) ergeben.

Dabei ist die Tragfähigkeit des Deckenblechs an sich außer Betracht zu lassen. Die Abmessung  $c_1$  bestimmt die Erstreckung desjenigen Teiles der Decke, welcher nach dem Rande zu seine Belastung auf den Randträger absetzt; im Durchschnitt  $c_1$  etwa  $= \frac{2}{3} x$ .

Unter den in Fig. 92 bis 94 angenommenen Verhältnissen ergibt sich mit  $p$  als größten Betriebsdruck bei den beiden Randträgern (Fig. 93): für die die Stellen  $A$  belastende Kraft

$$P_a = \left(c_1 + \frac{c}{2}\right) \left(\frac{e_1}{2} + \frac{e}{2}\right) p,$$

für die die Stellen  $B$  belastende Kraft

$$P_b = \left(c_1 + \frac{c}{2}\right) e p,$$

bei den beiden Mittelträgern:

für die die Stellen  $A$  belastende Kraft

$$P_a = c \left(\frac{e_1}{2} + \frac{e}{2}\right) p,$$

für die die Stellen  $B$  belastende Kraft

$$P_b = c \cdot e p,$$

die Auflagerkraft an den Trägerenden:

$$R = P_a + P_b,$$

das größte biegende Moment im Querschnitt bei  $B$  und in den Querschnitten zwischen  $BB$

$$M_b = R \left(\frac{l}{2} - \frac{e}{2}\right) - P_a \cdot e,$$

und somit in

$$M_b \leq \frac{J}{e'} k_b$$

die Gleichung zur Berechnung des Trägerquerschnittes, worin bedeutet:

$J$  dessen Trägheitsmoment,

$e'$  den Abstand der am stärksten beanspruchten Faser von der Nullachse,

für rechteckigen Querschnitt, wie in Fig. 92 angenommen, ist

$$\frac{J}{e'} = \frac{1}{6} 2b \cdot h^3 = \frac{1}{3} b h^3,$$

$k_b$  die zulässige Biegeanstrengung des Trägermaterials, welche für zähes Material (Schweißeisen, Flußeisen, Flußstahl, Stahlguß) zu einem Viertel der Zugfestigkeit in Rechnung gestellt werden darf.

Im Falle ein Nachweis der Zugfestigkeit nicht vorliegt, kann für die genannten Materialien  $k_b = 900 \text{ kg/qcm}$  eingeführt werden.

Werden die Deckträger aufgehängt, so sind dieselben den veränderten Belastungsverhältnissen entsprechend zu berechnen.

## b) Schiffskessel.

Die Träger für die flachen Feuerkammerdecken werden, wenn sie aus Flußeisen bestehen, nach der folgenden Formel bestimmt:

$$b = \frac{p \cdot c \cdot e \cdot l}{k \cdot h^2},$$

worin

- $b$  die Gesamtdicke des Trägers in mm,  
 $p$  den größten Betriebsüberdruck in Atm.,  
 $c$  die Entfernung der Träger voneinander in mm,  
 $e$  die Entfernung der Stehbolzen voneinander im Träger in mm,  
 $l$  die innere Weite der Feuerkammer, in der Längsrichtung der Träger gemessen, in mm,  
 $h$  die Höhe des Trägers in mm,  
 $k = 480$  bei einem Stehbolzen in jedem Träger,  
 $= 360$  „ zwei „ „ „ „ „  
 $= 240$  „ drei „ „ „ „ „  
 $= 200$  „ vier „ „ „ „ „  
 $= 160$  „ fünf „ „ „ „ „  
 $= 140$  „ sechs „ „ „ „ „

bedeuten.

Die Stehbolzen werden hierbei als über die ganze Länge  $l$  gleichmäßig verteilt angenommen.

Die Randträger sind möglichst nahe dem Krümmungsmittelpunkt des Randes anzuordnen.

Werden die Deckenträger aus Schweißeisen hergestellt, so sind die nach obiger Formel berechneten Blechdicken  $b$  um 10% zu vergrößern.

Die Träger sind mit ihren Enden auf die vertikalen Wandungen der Feuerkammer aufzupassen und müssen etwa 40 mm über der Decke frei liegen.

Werden die Deckenträger aufgehängt, so sind sie den veränderten Belastungsverhältnissen entsprechend zu berechnen.

### VI. Schlußbemerkung.

Ist es gegebenenfalls nicht möglich, auf dem Wege der Rechnung die Widerstandsfähigkeit eines Kessels oder einzelner Teile desselben festzustellen, so ist der Weg des Versuchs zu beschreiten.

Die Druckprobe wird in solchen Fällen zur Festigkeitsprobe und ist dann mit dem zweifachen Betrage des beabsichtigten Betriebsüberdrucks auszuführen.

## 23. Verbindung einzelner Kesselteile.

### 1. Verbindung der Böden mit dem Mantel.

In Fig. 1, 2 und 3, Tafel 37 sind nur die gebräuchlichsten Verbindungen dargestellt. Verbindungen nach Fig. 1 und 3 können nur angewandt werden, wenn die Heizgase nicht um die vorstehenden Kanten streichen müssen, dürfen also nicht angewandt werden an den hinteren Böden der Flammrohrkessel. Die Verbindung nach Fig. 2 ist am gebräuchlichsten und kann bei ebenen und gewölbten Böden gebraucht werden.

Bei Fig. 1 kann man nehmen:

$$s' = 1,2s; \quad \delta = s + 0,8 \text{ cm}; \quad e = 1,5\delta; \quad a = e + s'; \quad l = a + e.$$

Es müssen sowohl die Blechkante des Mantels, als auch die Kanten der Winkeleisenschenkel verstemmt und deshalb abgeschrägt werden. Die Länge des unbearbeiteten Winkeleisenschenkels ist um 5 bis 10 oder mehr Millimeter größer als  $l$  zu nehmen.

### 2. Verbindung der Böden mit dem Flammrohr.

(Tafel 37, Fig. 4 bis 7.)

Fig. 4. Das Flammrohr ist in die Aushalsung des ebenen oder gewölbten Bodens gesteckt und vernietet:

$$\delta_1 = s_1 + 0,8 \text{ cm}; \quad e = 1,5\delta_1; \quad r \geq 1,5s_2.$$

Die Verbindung kann nur vorn am Kessel angewandt werden.

Fig. 5. Das Flammrohr ist in die Einhalsung des ebenen oder gewölbten Bodens gesteckt und vernietet.  $\delta_1, e, r$  wie oben.

Die Verbindung kann vorn und hinten angewandt werden und ist hauptsächlich bei Wellrohr üblich, weil dann das verhältnismäßig schwache Wellrohrblech gegen das steife Bodenblech gut verstemmt werden kann.

Fig. 6. Ein Winkeleisenflansch dient zur Verbindung:

$$s' = 1,2s_1; \quad \delta_1 = s_1 + 0,8 \text{ cm}; \quad e = 1,5\delta_1.$$

Die Verbindung wird meistens hinten angewandt, kann aber auch vorn verwandt werden.

Fig. 7. Ein an das Flammrohr angebördelter Flansch dient zur Verbindung:

$$\delta_1 = s_1 + 0,8 \text{ cm}; \quad e = 1,5\delta_1; \quad r \geq 1,5s_1.$$

Die Verbindung wird meist hinten angewandt.

### 3. Verbindung der Feuerbüchse mit dem Mantel.

(Tafel 21 und Tafel 37, Fig. 8 und 9.)

Hierher gehört zunächst die Verbindung der inneren, kupfernen Feuerbüchse einer Lokomotive mit dem äußeren Mantel mittels eines starken schmiedeeisernen Ringes und doppelreihiger Vernietung.

Der Ring und seine Verbindung mit der Feuerbüchse und dem Mantel ist auf Tafel 21 zur Darstellung gebracht.

Fig. 8. auf Tafel 37 zeigt die Verbindung der Feuerbüchse eines stehenden Kessels mit dem Mantel mittels doppelter Kröpfung des Feuerbüchsenbleches. Häufig wird zwischen Feuerbüchse und Mantel noch ein Flacheisenring mit eingemietet.

Fig. 9 zeigt die Verbindung mittels eines U-förmigen Ringes, der durch zweifaches Umbördeln aus einer Scheibe hergestellt ist.

### 4. Verbindung neben- oder übereinanderliegender Zylinder durch Stützen.

Da die Stützen außer durch den inneren Dampfdruck durch allerhand Nebenkräfte, wie z. B. Gewichte der Kesselteile, ungleiche Ausdehnung der Zylinder, Stöße beim Transport, beansprucht werden, nehme man die Wandstärke nicht unter 10 bis 12 mm. Damit die Stützen befahren werden können, gibt man ihnen Durchmesser von 400 bis 500 mm.

## 24. Verstärkungen.

### 1. Flammrohrversteifungen. (Tafel 37, Fig. 10 bis 16.)

Um mit einer verhältnismäßig dünnen Wand beim Flammrohre auszukommen, versieht man es stets mit Versteifungen, die in der verschiedensten Art und Weise ausgeführt werden. Einige der hauptsächlichsten Versteifungen sollen hier angeführt werden.

Fig. 10, Tafel 37. Versteifung durch einen aufgenieteten T Eisenring, der zugleich Verbindungsflasche für zwei Schüsse bildet. Diese Versteifung ist zu verwerfen, da hier an vielen Stellen das Blech in doppelter Stärke, sowie die Nietköpfe dem Feuer ausgesetzt sind, und da außerdem das Rohr in der Längsrichtung sehr steif wird.

Fig. 11. Versteifung durch eine ringförmige Wulst, die hergestellt werden kann durch Einwalzen oder dadurch, daß man die Enden zweier Schüsse entsprechend aufweitet und dann zusammenschweißt.

Fig. 12. Eine ähnliche Versteifung wie in Fig. 11, nur sind hier die Enden zweier Schüsse nach dem Aufweiten zusammengenietet.



Fig. 16. Gerippte Rohre, Patent Purves, werden von Brown & Co. in Sheffield hergestellt. Sie werden zuweilen bei Schiffskesseln angewandt, dürften aber den Wellrohren nachstehen.

Schließlich werden die Flammrohre auch durch Gallowayrohre (s. S. 74) etwas versteift.

## 2. Verankerung ebener Platten.

(Tafel 37, Fig. 17 bis 22 und Tafel 21.)

Fig. 17, Tafel 37. Verankerung ebener Kesselböden durch Eckbleche. Bei Flammrohrkesseln müssen die nächsten Niete mindestens 200 mm vom Flammrohr entfernt bleiben, damit der Boden genügend Elastizität behält. Diese ist notwendig, da das Flammrohr sich stärker ausdehnt als der Kesselmantel. Nur bei den Blechankern rechts und links von einem Mannloche im vorderen Boden eines Zweiflammrohrkessels (Tafel 37, Fig. 17) muß man zuweilen etwas weniger Abstand vom Flammrohr, vielleicht 150 mm, nehmen. Die Anwendung der Anker kann verschieden sein. (Tafel 37, Fig. 18.) Bei zu steifem Boden wird die Verbindungsstelle zwischen Flammrohr und Boden undicht. Die allzu große Steifigkeit ist auch ein Fehler der gewölbten Böden, die sonst keine Verankerung nötig haben.

Fig. 19, Tafel 37. Rundanker. Damit eine größere Fläche der ebenen Wand gehalten wird, ist die äußere, geschlossene Mutter mit einem großen Flansch versehen, der aufgenietet wird. Die Figur zeigt eine Ausführung von Ewald Berninghaus in Duisburg. Auf der einen Seite wird die geflanschte Mutter erst aufgenietet, wenn der Anker festgezogen ist. Solche Anker müssen mit Spannung eingezogen werden.

Fig. 20, Tafel 37. Rundanker, auf einer Seite mit Kopf, auf der anderen Seite mit einer Mutter mit Stemmansatz versehen. Nach dem Festziehen der Mutter wird der Stemmansatz verstemmt, so daß eine Dichtungsscheibe überflüssig wird.

Fig. 2 und 3, Tafel 21. Stehbolzen der Lokomotiven zur Verbindung der ebenen Wände der Feuerbüchse mit dem äußeren Mantel und zu deren Versteifung gegeneinander. Die Stehbolzen werden aus Kupfer hergestellt, mit Gewinde in die Wände eingeschraubt und an den Enden gestaucht. Das in die Feuerbüchse ragende Ende wird dabei zu einem vollkommenen Nietkopfe ausgebildet, der auch sorgfältig verstemmt wird. Das äußere Ende wird dagegen neuerdings meistens nur etwas gestaucht, aber nicht vernietet und verstemmt. Außerdem werden die Stehbolzen, ehe sie eingeschraubt werden, entweder nur mit einer 3 bis 5 mm starken

Anbohrung von außen oder mit je einer von außen und innen versehen, oder ganz durchbohrt. Die Anbohrung geschieht, damit man einen Bruch des Bolzens erkennen kann. Ein solcher Bruch erfolgt immer dicht an der Wand, und zwar meistens an der äußeren Wand. Auch die Decke der Lokomotivfeuerbüchse wird gegen den äußeren Mantel durch eine Art Stehbolzen oder Deckenanker verankert. Die Anker sind aus Schmiedeeisen, sie werden mit Gewinde in die zu verbindenden Wände eingeschraubt und im Innern der Feuerbüchse mit Gegenmuttern versehen. Die oberen Enden sind bisher meistens vernietet, werden jetzt jedoch vielfach nur mit etwas konischem Gewinde eingeschraubt und nicht vernietet.

Fig. 21, Tafel 37 stellt einen Anker dar, wie er zu etwa 8 bis 10 Stück zur Verankerung der Rohrwand der Feuerbüchse einer Lokomotive mit dem Langkessel verwandt wird, und zwar da, wo die Versteifung der Rohrwand weder durch die Rohre noch durch die Stehbolzen möglich ist, also zwischen der untersten Rohrreihe und der obersten Stehbolzenreihe.

Fig. 22, Tafel 37. Deckbarren. Die Decken der Feuersammelkammern der zylindrischen Schiffskessel werden durch Deckbarren versteift. Diese bestehen meistens aus zwei Flacheisen, deren Enden umgebogen sind und sich auf die senkrechten Wände der Feuersammelkammer stützen. An diesen Eisen ist die Decke mit einigen Bolzen aufgehängt.

### 3. Verstärkung der Kesselausschnitte.

Bei den Kesselausschnitten handelt es sich hauptsächlich um die Mannlöcher, die zum Einsteigen eines Mannes in den Kessel dienen sollen. Sie bekommen etwa elliptische Form, wobei die große Achse normal 400 mm, die kleine 300 mm beträgt, doch gibt es Abweichungen davon. Wenn der Platz sehr beschränkt ist, darf man auf 380 · 280 mm heruntergehen.

Damit der Mantel des Kessels durch den Ausschnitt möglichst wenig geschwächt wird, ist es gut, die große Achse senkrecht zur Kesselachse zu legen. In der Ausführung findet man allerdings fast immer die große Achse parallel der Kesselachse liegend. Das dürfte zum Teil eine alte Gewohnheit sein, die wahrscheinlich von dem früher häufigen Baue dünnwandiger, enger, aber langer Kessel herrührt. Bei diesen Kesseln war diese Lage des Mannloches sehr berechtigt, da bei der großen Länge und verhältnismäßig geringen Biegefestigkeit solcher Röhren einem Einknicken in diesem Falle mehr vorgebeugt wurde. Zudem kam die größere Schwächung des Kesselmantels bei dem damals üblichen geringen inneren Drucke weniger in Betracht. Zum Teil legt man jetzt aber die große Achse des Mannloches wohl deshalb häufig parallel der Kesselachse, weil dann die Dichtung des Verschlusses leichter zu bewirken ist.

Dieser letzte Gesichtspunkt fällt bei den Mantelausschnitten im Dome fort, es steht also hier nichts im Wege, die große Achse senkrecht zur Kesselachse zu legen. Zuweilen macht man den Mantelausschnitt im Dome kreisrund vom Durchmesser 400 mm, mit Rücksichtnahme darauf, daß der Flansch des Domes als eine gewisse Verstärkung des Mantels anzusehen ist, zu empfehlen ist das jedoch nicht.

Durch den Mantelausschnitt (Fig. 95) wird der Kesselmantel geschwächt. Will man diese Schwächung vermeiden, so muß man den herausfallenden Querschnitt  $a \cdot s$  durch den Querschnitt eines aufgenieteten, schmiedeeisernen Ringes ersetzen, dessen Größe  $b \cdot c$  sich aus der Gleichung ergibt:

$$2b \cdot c = a \cdot s;$$

$c$  wählt man dabei nicht zu groß, meistens zwischen 15 und 25 mm.

Da die Blechstärke  $s$  mit Berücksichtigung des Güteverhältnisses  $\varphi$  der Längsnaht berechnet war, so kann man auch den Ring entsprechend schwächer nehmen und rechnen:

$$2b \cdot c = a \cdot \varphi \cdot s;$$

allerdings muß man dann nachher den Ring um die Nietstärke breiter machen.

Der Ring muß nun mit so vielen Nieten versehen werden, daß der erforderliche Gleitwiderstand vorhanden ist. Bei den Nietnähten betrachteten wir ein Zylinderstück von der Länge  $t$  und bekamen die Kraft, die auf 1 qcm Nietquerschnitt entfiel, zu:

$$\frac{d \cdot t \cdot p}{2n \frac{\delta^2 \pi}{4}}.$$

Hier tritt  $a$  an die Stelle von  $t$ , und es kommt demnach auf 1 qcm Nietquerschnitt die Kraft:

$$\frac{d \cdot a \cdot p}{2n \frac{\delta^2 \pi}{4}},$$

wenn  $n$  die Anzahl der Niete im halben Ringe bedeutet.

Da hier eine gleichmäßige Verteilung der Kraft auf die einzelnen Niete nicht zu erwarten ist, soll der Gleitwiderstand für 1 qcm Nietquerschnitt nur zu 500 kg gerechnet werden, also entsteht die Gleichung:

$$\frac{d \cdot a \cdot p}{2n \frac{\delta^2 \pi}{4}} = 500 \text{ kg,}$$

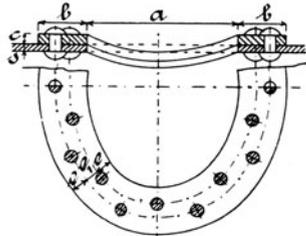


Fig. 95.

und es ist die Anzahl der Nieten in der einen Hälfte des Ringes:

$$n = \frac{d \cdot a \cdot p}{2 \cdot 500 \frac{\delta^2 \pi}{4}}$$

Bei einem Mannloch im gewölbten Boden (z. B. Domboden) würde man die Gleichung bekommen:

$$2 \cdot b \cdot c = a \cdot s'_3,$$

worin bedeutet:

$b$  und  $c$  die Querschnittsabmessungen des Versteifungsringes,  
 $a$  die große Achse des elliptischen Mannloches (wegen der Kugel-  
 form des Bodens),

$s'_3$  die berechnete Blechstärke des Bodens, ohne weitere Zugabe.

Man kann hier nicht die schließlich gewählte Blechstärke  $s_3$  nehmen, da dieselbe bei Domböden von der berechneten häufig sehr stark abweicht.

Die Anzahl der erforderlichen Nieten im halben Ringe ergibt sich wie folgt:

Man denke sich den gewölbten Boden zur ganzen Hohlkugel ergänzt (Fig. 96), dann wird die Kraft  $P$ , die die Kugel in 2 Halbkugeln zu zerlegen strebt:

$$P = R^2 \pi \cdot p.$$

Von dieser Kraft kommt auf 1 cm Umfang:

$$\frac{P}{2 R \cdot \pi} = \frac{R^2 \pi \cdot p}{2 R \cdot \pi} = \frac{R \cdot p}{2},$$

also auf  $a$  cm Umfang:

$$\frac{R \cdot p \cdot a}{2},$$

auf 1 qcm Nietquerschnitt bei  $n$  Nieten:

$$\frac{R \cdot p \cdot a}{2 n \frac{\delta^2 \pi}{4}}$$

Dies kann gleich 500 gesetzt werden, so daß durch einfache Umstellung die Gleichung entsteht:

$$n = \frac{R \cdot p \cdot a}{2 \cdot 500 \frac{\delta^2 \pi}{4}}$$

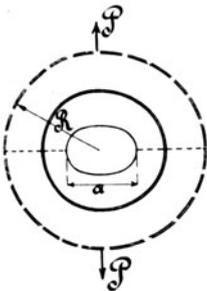


Fig. 96.

Beispiel 1: Mannloch im Mantel.  $d = 160$  cm;  $p = 8$  Atmosphären Überdruck;  $s = 1,3$  cm, berechnet mit  $\varphi = 0,7$ ;  $\delta = 2,2$  cm;  $\frac{\delta^2 \pi}{4} = 3,8$  qcm. Dann ist:

$$2b \cdot c = a \cdot \varphi \cdot s = 30 \cdot 0,7 \cdot 1,3$$

$$bc = \frac{30 \cdot 0,7 \cdot 1,3}{2} = 13,7 \text{ qcm.}$$

Mit  $c = \underline{1,8}$  cm wird:

$$b = \frac{13,7}{1,8} = 7,6 \text{ cm}$$

dafür:  $b = 7,6 + 2,2 = 9,8 \text{ cm} = \sim \underline{10 \text{ cm.}}$

Die Anzahl der Niete in der einen Hälfte des Ringes wird:

$$n = \frac{d \cdot a \cdot p}{2 \cdot 500 \cdot \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{160 \cdot 30 \cdot 8}{1000 \cdot 3,8} = 10,1 = \sim \underline{10 \text{ Stück.}}$$

Beispiel 2: Mannloch im Mantel.  $d = 220$  cm;  $p = 13$  Atmosphären Überdruck;  $\varphi = 0,85$ ;  $s = 2$  cm;  $\delta = 2,6$  cm;  $\frac{\delta^2 \pi}{4} = 5,31$  qcm.

$$2b \cdot c = a \cdot \varphi \cdot s = 30 \cdot 0,85 \cdot 2$$

$$bc = \frac{30 \cdot 0,85 \cdot 2}{2} = 25,5 \text{ qcm.}$$

Mit  $c = \underline{2,5}$  cm wird:

$$b = \frac{25,5}{2,5} = 10,2 \text{ cm.}$$

Bei einer Anordnung der Niete in 3 Reihen müssen zwei Nietstärken dazu gerechnet werden, also wird:

$$b = 10,2 + 2 \cdot 2,6 = 15,4 = \sim \underline{15,5 \text{ cm,}}$$

$$n = \frac{220 \cdot 30 \cdot 13}{1000 \cdot 5,31} = 16,15.$$

Nimmt man statt dessen  $n = 15$ , so wird damit die Beanspruchung für 1 qcm Nietquerschnitt  $\frac{220 \cdot 30 \cdot 13}{2 \cdot 15 \cdot 5,31} = 538$ , was auch jedenfalls noch zulässig ist.

Die Verschlussdeckel der Mannlöcher legt man in das Innere der Kessel, damit sie vom Dampfdrucke fest an die Dichtungsflächen ange-drückt werden. In die Deckel werden je zwei 1½'' Schrauben eingienietet, die außen an zwei starken Bügeln befestigt werden. Es empfiehlt sich, die Schraubenbolzen bei hoher Dampfspannung mit Gewinde in die Deckel einzusetzen und zu vernieten. Die Bügel stützen sich auf den Rand des Mannloches. Die Dichtung zwischen Deckel und Kesselblech wird meistens durch runde oder durch flache, mit Gewebe umgebene Gummischnüre bewirkt, deren rechteckiger Querschnitt etwa die Größe 6 · 23 mm hat.

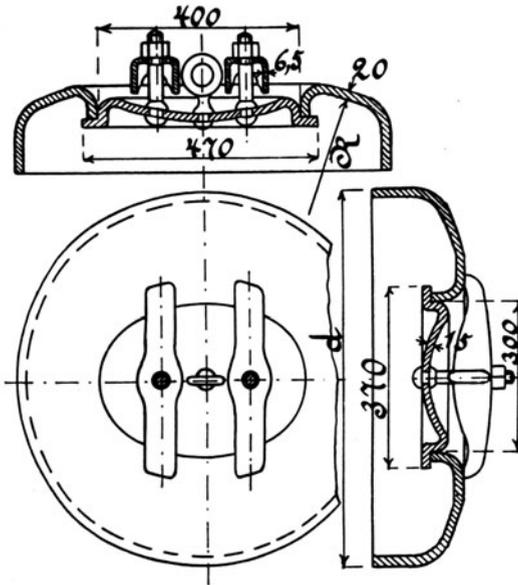


Fig. 97.

von Thyssen & Co. in Mülheim a. d. Ruhr; diese haben den Vorteil, daß die Dichtungsfläche in einer Ebene liegt.

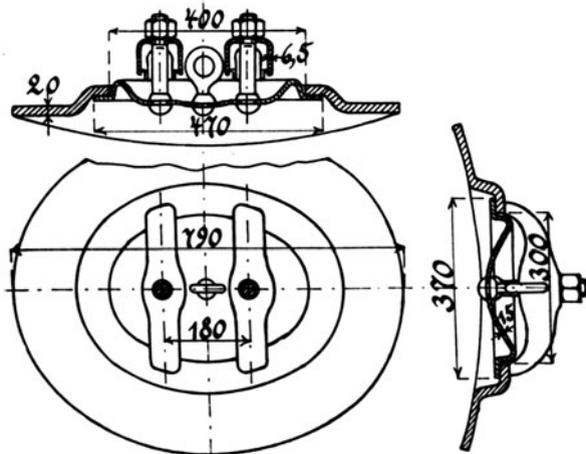


Fig. 98.

Der Verschluss Fig. 98 kostet (Aufsatz, Deckel und zwei Bügel ohne Schrauben), passend für Kesseldurchmesser von 1300 bis 2200 mm, bei einem Gewichte von ca. 80 kg 48 Mk.

In Tafel 38, Fig. 1, 2, 3 und 4 und Textfigur 97, 98, 99 und 100 sind verschiedene Mannlochverschlüsse dargestellt. Die Verschlüsse nach Fig. 1—3, Tafel 38 und Textfiguren 97 und 100 sind solche für Kessel- und Domböden, diejenigen nach Fig. 4, Tafel 38 und Textfiguren 98 und 99 solche für den Kesselmantel.

Fig. 97, 98 und 99 zeigen gepreßte Verschlüsse von Schulz Knaut & Co. in Huckingen (Kreis Düsseldorf), Fig. 100 einen solchen

Aufsätze für Durchmesser von unter 1300 mm sind 10 Mk. teu:

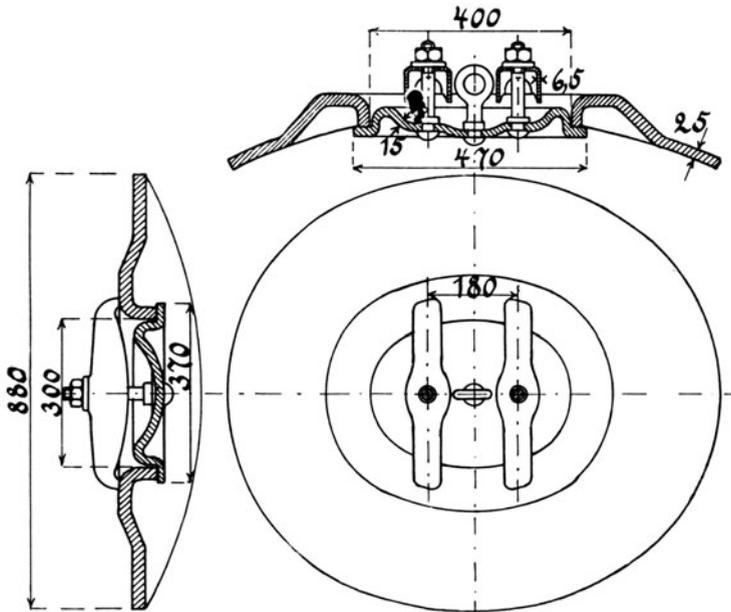


Fig. 99.

Der Verschuß Fig. 99 kostet bei einem Gewichte von ca. 105 kg 48 Mk., er paßt für Kesselmänt Dieser Verschuß gewährt größere Sicherheit wegen der Einhalsung und weil die kleine Achse der Ellipse parallel zur Kesselachse liegt und läßt sich leichter dichten. Aufsatz und Deckel werden mit abgedrehter Dichtungsfläche geliefert.

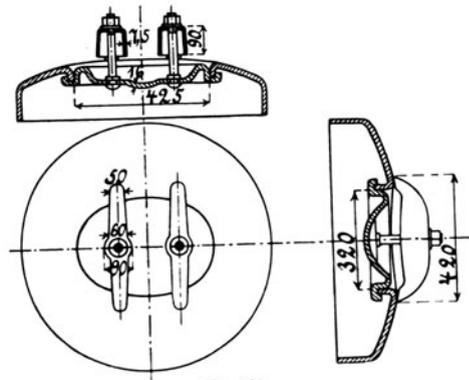


Fig. 100.

Außer Mannlöchern verwendet man, wenn der Platz sehr beschränkt ist, auch noch kleinere Löcher, sogenannte Handlöcher, die ebenso behandelt werden können wie die Mannlöcher, jedoch begnügt man sich hierbei gewöhnlich mit einer Schraube und einem Bügel.

## 25. Blechabwicklungen.

Die Blechabwicklungen sind nötig, damit die zum Baue der Kessel erforderlichen Bleche ihrer Größe nach bestimmt und danach im Hüttenwerke bestellt werden können. Zur Abwicklung kommen hauptsächlich Zylinder und Kreiskegel. Es muß natürlich die neutrale Faserschicht abgewickelt werden. Hat man also einen Blechzylinder abzuwickeln, dessen innerer Durchmesser  $d$  und dessen Wandstärke  $s$  ist, so bekommt das Blech in der Abwicklung die Länge:  $(d + s) \pi$ .

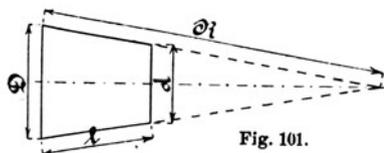


Fig. 101.

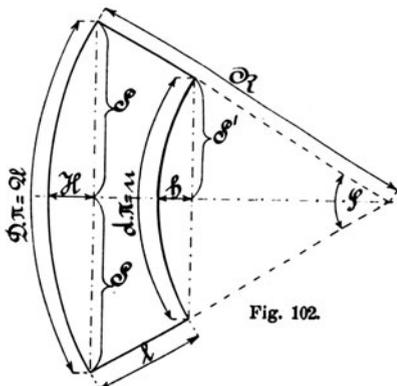


Fig. 102.

Nicht so einfach ist die Abwicklung eines Kegelschusses. Fig. 101 stellt die Ansicht, Fig. 102 die Abwicklung eines Kegelschusses dar.

Es bezeichne:

- $D$  den größeren mittleren Durchmesser des Kegelschusses;
- $d$  den kleineren mittleren Durchmesser des Kegelschusses;
- $l$  die Länge des Schusses;
- $R$  die Erzeugende des ganzen Kegels.

Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke in Fig. 101 ergibt sich:

$$\frac{R}{D} = \frac{l}{D - d}$$

also

$$(1) \quad R = \frac{l \cdot D}{D - d}.$$

Ist:  $H$  die Pfeilhöhe des größeren Bogens des abgewickelten Schusses;  
 $S$  die halbe Sehne, so ist nach Fig. 102:

$$(2) \quad H = R - \sqrt{R^2 - S^2}$$

und

$$(3) \quad S^2 = (2R - H)H.$$

Ist der Bogen flach, so kann man angenähert die Sehne  $S$  durch den Bogen  $\frac{D\pi}{2}$  ersetzen, dann wird aus Gleichung (3) mit Berücksichtigung von Gleichung (1):

$$(4) \quad \left(\frac{D\pi}{2}\right)^2 = \left(\frac{2lD}{D-d} - H\right)H.$$

In der Regel ist  $H$  gegen  $\frac{2lD}{D-d}$  so klein, daß man  $-H$  in Gl. (4) vernachlässigen kann, und man erhält:

$$(4a) \quad \frac{D^2 \pi^2}{4} = \frac{2lD}{D-d} H \quad \text{oder} \quad \frac{D \pi^2}{4} = \frac{2l}{D-d} H;$$

daraus:

$$(5) \quad H = \frac{D \pi^2 (D-d)}{4 \cdot 2 \cdot l};$$

$$(6) \quad H = 1,235 \frac{D(D-d)}{l}.$$

Oder setzt man in Gl. (5)

$$D = \frac{U}{\pi} \quad \text{und} \quad d = \frac{u}{\pi},$$

so wird:

$$(7) \quad H = \frac{U \pi^2 (U-u)}{\pi \cdot 8 \cdot l \cdot \pi} = \frac{U(U-u)}{8l}.$$

Diese letzte Formel ist in den Werkstätten sehr gebräuchlich. Die damit erzielten Resultate sind vollkommen genau genug, wenn sich  $H$  nicht größer als  $0,2 D$  ergibt. Darüber hinaus ist es meistens möglich, die Pfeilhöhe zeichnerisch zu finden. Eventuell läßt sie sich stets durch genaue Rechnung ermitteln, indem man  $R = \frac{lD}{D-d}$  ausrechnet, dann  $\sphericalangle \varphi$  (Fig. 102) ermittelt aus  $\frac{\varphi}{360} = \frac{D \pi}{2 R \pi} = \frac{D}{2R}$ , damit  $S = R \cdot \sin \frac{\varphi}{2}$  und dann  $H = R - \sqrt{R^2 - S^2}$  bestimmt.

Ein weit größerer Fehler liegt darin, daß man die Bogenlänge als Sehnenlänge gebraucht und abträgt. Die Sehne wird dadurch zu lang. Schon bei einer Pfeilhöhe von  $H = 0,1 D$  ist der gemachte Fehler unzulässig groß. Man wird also etwa von  $H = 0,08 D$  bis  $H = 0,2 D$  wenigstens  $S$  genau ausrechnen, oder was auch vollkommen genügen wird, die zunächst unrichtig aufgetragene Sehnenlänge  $2S = U$  um ebensoviel verkürzen als  $2S$  kürzer als der gezeichnete Bogen wird. Die Länge  $2S$  kann man durch Abtragen mit kleiner Zirkelspannung genau genug auf den Bogen legen und den Unterschied zwischen dieser Länge und dem Bogen feststellen.

Die Pfeilhöhe des kleineren Bogens ergibt sich aus:

$$\frac{h}{H} = \frac{S'}{S} = \frac{u}{U} = \frac{d \pi}{D \pi} = \frac{d}{D}$$

zu

$$(8) \quad h = \frac{d}{D} H \quad \text{oder} \quad h = \frac{u}{U} \cdot H.$$

Handelt es sich um die Abwicklung solcher Schüsse, die ineinander gesteckt sind und bei denen der mittlere Durchmesser derselbe bleibt, so sei der größte innere Durchmesser  $d$  (Fig. 103). Es tritt also  $d + s$  an Stelle von  $D$  und  $d - s$  an Stelle von  $d$ . Dann wird aus Gleichung (6):

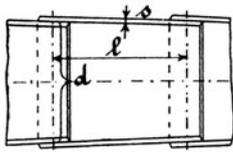


Fig. 103.

$$H = 1,235 \frac{(d + s)[d + s - (d - s)]}{l}$$

$$= 1,235 \frac{2s(d + s)}{l}.$$

$$H = 2,47 \frac{s(d + s)}{l}.$$

Soll der Mantel  $x$  mal abgewickelt werden, wobei  $x$  praktisch immer nur ein echter Bruch, z. B.  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$  usw., sein kann, so muß die Pfeilhöhe mit  $x^2$  (angenähert) multipliziert werden, es wird also in diesem Falle:

$$(6a) \quad H = 1,235 \frac{D(D - d)}{l} \cdot x^2$$

$$(7a) \quad H = \frac{U(U - u)}{8l} \cdot x^2$$

$$(9a) \quad H = 2,47 \frac{s(d + s)}{l} \cdot x^2.$$

Was nun die Verzeichnung des Bogens selbst anbetrifft, so kann man diesen auf dem Bleche meistens leicht mit Hilfe einer gebogenen Latte verzeichnen. Bei der Verzeichnung auf dem Papiere, eventuell auch auf dem Bleche, kann man den Bogen bei kleinen Pfeilhöhen durch zwei gerade Linien ersetzen, wie das in Fig. 4 auf Tafel 39 geschehen ist. Bei etwas größerer Pfeilhöhe kann man sich außer dem mittleren Bogenpunkte noch zwei Punkte bestimmen und den Bogen durch vier gerade Linien ersetzen. So ist es geschehen in Fig. 5 auf Tafel 39. Eventuell müssen noch mehr Punkte des Bogens bestimmt werden, die leicht gefunden werden, indem man berücksichtigt, daß die Pfeilhöhe  $H_1$  der Hälfte des Bogens angenähert gleich  $\frac{1}{2^2} = \frac{1}{4}$  der Pfeilhöhe des ganzen Bogens ist; in Fig. 14

auf Tafel 39 ist also  $H_1 = \frac{1}{4} H$ . Genauer findet man Punkte des Kreises, wenn man von den Endpunkten  $A$  und  $B$  der Sehne nach dem Endpunkte  $C$  der Pfeilhöhe (Tafel 39, Fig. 14) Strahlen  $AC$  und  $BC$  zieht, die mit der Sehne die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  einschließen. Man schlägt von  $A$  und  $B$  aus zwei beliebige aber gleiche Kreisbögen, teilt sie zwischen  $AB$  und  $AC$  bzw. zwischen  $BA$  und  $BC$  in gleiche Teile und trägt dieselben gleichen Teile auf die Verlängerungen der Bogen. Es entstehen dann die Punkte 1, 2, 3 bzw. 1', 2', 3' usw. Die Strahlen von  $A$  durch 1, 2, 3 usw. treffen

die Strahlen von  $B$  durch  $1', 2', 3'$  usw. in Punkten I, II, III usw. des gesuchten Kreises.

Beweis: Der Winkel  $\alpha$  wird um ebensoviel verkleinert, wie  $\beta$  vergrößert wird, also ist der Winkel zwischen den Strahlen bei I gleich dem bei II und III und gleich dem bei  $C$ . Das ist nur möglich, wenn diese Winkel Peripheriewinkel eines Kreises über demselben Boden  $AB$  sind. Die Kurve  $C, I, II, III, B$  ist also ein Kreis.

In den meisten Fällen dürfte es übrigens genügen, die Einteilung in gleiche Teile statt auf dem Kreisbogen auf der Mittellinie  $cC$  vorzunehmen, Auf diese Weise ist der Bogen  $ac b$  bestimmt.

Eine weitere einfache Methode, die genügend genaue Resultate gibt, ist die folgende:

Es wird mit der Pfeilhöhe  $EC$  als Radius ein Viertelkreis  $CD$  geschlagen (Fig. 104), der in einige gleiche Teile, hier 3, geteilt wird. In ebenso viele Teile wird  $ED$  und die halbe Sehne  $EB$  geteilt. Die entsprechenden Teilpunkte sind in Fig. 104 mit 1, 2, 1', 2' bzw. 1'', 2'' bezeichnet. Mit den Verbindungslinien  $a$  und  $b$  der Punkte 1' 1 und 2' 2 werden von 1'' und 2'' aus Kreise geschlagen, die den gesuchten Kreis berühren.

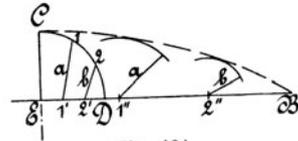


Fig. 104.

Beispiele: Auf Tafel 39 sind mehrere Kesselschüsse und ein Verbindungsstutzen des in Fig. 1 auf Tafel 10 dargestellten mehrfachen Walzenkessels abgewickelt. Fig. 1 stellt den vorderen Teil des Oberkessels dar, der unten ein mit der Walzrichtung lang gelegtes Blech hat, und dessen obere Hälfte aus zwei Schüssen besteht. Der vordere halbe Schuß ist zylindrisch, die Abwicklung zeigt Fig. 3, eine besondere Erklärung erscheint überflüssig. In Fig. 4 ist der darauf folgende obere halbe Schuß abgewickelt, der konisch ist.

Hier ist:

$$U = 1011 \cdot \pi = 3175 \text{ mm}$$

$$u = 989 \pi = 3106 \text{ mm}; \quad U - u = 69 \text{ mm}$$

$$l = 1390 \text{ mm}; \quad x = \frac{1}{2};$$

$$H = \frac{U(U - u)}{8l} x^2 = \frac{3175 \cdot 69}{8 \cdot 1390 \cdot 2^2} = \sim 5 \text{ mm};$$

$$h = \frac{u}{U} H = \frac{3106}{3175} \cdot 5 = 4,9 \text{ dafür auch } 5 \text{ mm.}$$

In Fig. 2 ist der hintere Verbindungsstutzen mit den zugehörigen Kesselschüssen dargestellt. Fig. 5 zeigt die Abwicklung des oberen Schusses.

Hier ist:

$$\begin{aligned}
 U &= 1011 \pi = 3175 \text{ mm} \\
 u &= 989 \pi = 3106 \text{ mm}; \quad U - u = 69 \text{ mm} \\
 l &= 1740 \text{ mm}; \quad x = 1; \\
 H &= \frac{3175 \cdot 69}{8 \cdot 1740} = 15,7 = \sim 16 \text{ mm}; \\
 h &= \frac{u}{U} H = \frac{3106}{3175} 15,7 = 15,35 = \sim 15 \text{ mm}.
 \end{aligned}$$

In Fig. 6 ist der Verbindungsstutzen abgewickelt. Zur größeren Deutlichkeit ist derselbe hier doppelt so groß als in Fig. 2 gezeichnet. Zunächst sind die Durchdringungskurven des mittleren Zylinders des Stutzens mit den Kegelschüssen konstruiert. Punkte dieser Kurven erhält man dadurch, daß man in den Schnittpunkten  $M_1$  und  $M_2$  der Mittellinien der Schüsse und des Stutzens Mittelpunkte von Kugeln annimmt, die sich in den Figuren als Kreise projizieren. Ein solcher größter Kugelkreis ist in Fig. 6 z. B.  $vx_1w$ . Die hierzu gehörige Kugel schneidet den unteren Kegelschuß in zwei Kreisen, die hier als die geraden, zur Achse des Kegelschusses senkrechten Linien  $xy$  und  $x_1y_1$  erscheinen. Die Schnittlinie derselben Kugel mit dem senkrechten Zylinder ist ein Kreis, der durch die gerade Linie  $vw$  dargestellt wird. Die Schnittpunkte  $y$  und  $y_1$  der Linien  $xy$ ,  $x_1y_1$  und  $vw$  sind Punkte der gesuchten Durchdringungskurve des Stutzens mit dem Kegelschusse.

Man zeichnet nun den Kreis, der den Grundriß der Mittelschicht des Stutzens darstellt, wie Fig. 6 zeigt, und teilt diesen Kreis in eine Anzahl (hier 12) gleicher Teile. Durch die entstehenden Punkte 1, 2, 3, 4 usw. werden die Erzeugenden 1 1', 2 2', 3 3' des Zylinders gezeichnet, welche die eben gezeichneten Durchdringungskurven in den Punkten 1', 2', 3' usw. treffen und hier ihre Begrenzung finden. Wird der Zylinder jetzt aufgerollt, so kommen diese Punkte in die Lagen 1'', 2'', 3'' usw. Die durch diese Punkte gelegte Kurve ist die abgewickelte Durchdringungskurve. Von letzterer aus muß noch ein gewisses Stück wegen der Umbördelung des Stutzenrandes angetragen werden. Nimmt man für dieses Stück die Entfernung vom Blechrande bis zum mittleren Zylinder, hier 84 mm, so hat man gegen das theoretisch erforderliche Maß etwas (hier etwa 12 mm) zugegeben, was sehr angemessen erscheint, da etwas durch das Umbördeln am Umfange verloren geht und außerdem später noch eine Stemmkannte angearbeitet werden muß.

In Fig. 10 und 11 ist die Abwicklung eines Domes dargestellt. Wir haben es hier mit der Durchdringung zweier senkrecht zueinander stehenden Zylinder zu tun. Die Konstruktion kann sehr gut gleich auf dem für den Dom erforderlichen Bleche vorgenommen werden (Fig. 11).

Zeichnet man den Querschnitt des Kessels, so ist der Kreisbogen  $p q$  (Fig. 11) ohne weiteres die Durchdringungslinie des Kesselmantels mit dem Dommantel, die Erzeugenden des den letzteren darstellenden Zylinders finden also im Kreise  $p q$  ihre Begrenzung in den Punkten  $0', 1', 2', 3'$  usw. Bei der Aufrollung des Zylinders sind diese Punkte leicht auf die Erzeugenden  $0, 1, 2, 3$  usw. zu projizieren, so daß die abgewickelte Durchdringungskurve  $0'', 1'', 2''$  usw. entsteht. Von letzterer aus wird für die Umbördelung wieder etwas (hier 65 mm) angetragen. Der Dom soll mit einer einreihigen Längsnietnaht versehen werden. Da die Armaturstützen gewöhnlich in senkrechte Ebenen gelegt werden, die lang und quer durch den Kessel gehen, so ist die Teilung des Dommantels mitten zwischen diese Ebenen gelegt.

Nach rechts und links muß nun noch die Überlappung für die Nietnaht angetragen werden, so daß die ganze Länge des Bleches  $610 \cdot \pi + 2 \cdot 27 = 1970$  mm wird.

Um die Länge der senkrechten Nietnaht zu bestimmen, muß man die Lage  $n''$  des untersten Nietes festlegen, und zwar derart, daß der Kopf dieses Nietes etwa da aufhört, wo die Umbördelung beginnt.

Vom Mittelpunkte  $m$  für den Abrundungskreis (Fig. 10) lotet man hinüber nach dem mittleren Dommantel in Fig. 11 und bekommt Punkt  $m'$ . Von hier aus trägt man  $m' n$  (= Radius des Nietkopfes) nach oben und überträgt Punkt  $n$  mit Hilfe des Kreises  $n n'$  auf die 0-Linie nach  $n'$ . Bei der Abwicklung kommt dann  $n'$  nach  $n''$ , dem Mittelpunkte des unteren Nietes. Natürlich kann man diesen Punkt 2 bis 3 mm nach oben oder unten verlegen.

In Fig. 12, 13 und 14, Tafel 39 ist ein konischer Vorkopf abgewickelt, wie er z. B. beim kombinierten Flammrohr- und Heizrohrkessel am vorderen Boden des Oberkessels angebracht wird, um die Wasserstandsgläser und eventuell das Manometer aufzunehmen. Der Boden des Vorkopfes soll in diesem Falle aufgeschweißt sein. Bei der Abwicklung des Mantels handelt es sich zunächst um die Durchdringung eines Kegels mit einer Kugel. Der Deutlichkeit wegen ist der mittlere Kegelmantel und der äußere Kugelmantel in Fig. 13 noch einmal herausgezeichnet.

Es muß zunächst wieder die Durchdringungskurve gezeichnet werden, was hier wieder ähnlich wie bei dem Stutzen (Fig. 6) mit Hilfe von Kugeln geschehen kann. Der Mittelpunkt  $M$  der Hilfskugeln kann hier aber wechseln, er muß nur auf der Mittellinie des Kegels liegen. Eine solche Kugel habe den größten Kugelkreis  $x y z$  (Fig. 13), der den größten Kreis des kugeligen Kesselbodens in den Punkten  $y$  und  $z$  und die Kegeltrennlinie im Punkte  $x$  schneidet. Schnittlinien zwischen Hilfskugeln und Boden, bzw. Hilfskugel und Kegel sind die sich hier als gerade Linien darstellenden Kreise  $y z$  bzw.  $x x'$ . Beide Linien schneiden sich im Punkte  $x'$  der gesuchten Durchdringungskurve. Die letztere ist aber in den meisten

Fällen der Praxis, so auch hier, so wenig gekrümmt, daß man dafür meistens die gerade Verbindungslinie zwischen  $6''$  und  $0''$  nehmen kann.

Man wickelt nun zunächst den geraden Kegel  $ABba$  ab, der bis dahin reicht, wo die Umbördelung beginnt. Hier bekommt man:

$$U = (520 + 12) \pi = 1671 \text{ mm}$$

$$u = (420 + 12) \pi = 1357 \text{ mm}$$

$$U - u = 314 \text{ mm}; \quad l = 590 \text{ mm}$$

$$H = \frac{U(U - u)}{8l} = \frac{1671 \cdot 314}{8 \cdot 590} = 111 \text{ mm}$$

$$h = \frac{d}{D} \cdot H = \frac{432}{532} \cdot 111 = \sim 90 \text{ mm.}$$

$H$  ist schon etwas groß. Diese Berechnung sollte nur gelten bis  $H = 0,2D = 0,2 \cdot 532 = 106,4$  mm in diesem Falle. Wir wollen deshalb  $H$  hier einmal genau ausrechnen.

Es wird nach S. 170 und 171:

$$R = \frac{lD}{D - d} = \frac{590 \cdot 532}{100} = 3138,8 \text{ mm}$$

$$\frac{\varphi}{360} = \frac{D}{2R}; \quad \varphi = \frac{360 \cdot D}{2R} = \frac{360 \cdot 532}{6277,6} = \sim 30,5^\circ$$

$$S = R \sin \frac{\varphi}{2} = 3138,8 \cdot \sin 15,25^\circ = 3138,8 \cdot 0,263 = 825,50 \text{ mm}$$

$$2S = 1651 \text{ mm gegen } 1671 \text{ mm Umfang.}$$

$$H = R - \sqrt{R^2 - S^2} = 3138,8 - \sqrt{3138,8^2 - 825,5^2} = 110,5 \text{ mm,}$$

also praktisch noch dasselbe wie oben. Wir können deshalb auch für  $h = \sim 90$  wie oben nehmen. Es wird dagegen die Sehne  $ab$ :

$$2S' = 1651 \frac{432}{532} = 1340,6 = \sim 1341 \text{ mm,}$$

während der Umfang  $u = 1357$  mm betrug.

Man kann also wohl die Pfeilhöhen hier noch nach der einfachen Formel berechnen, die Sehnen müssen aber genauer bestimmt werden (siehe Ausführung auf S. 171). Nachdem der gerade Kegel in Fig. 14 abgewickelt ist, werden in Fig. 13 die Kegelerzeugenden  $1'1'$ ,  $2'2'$  usw. bis zum Schnitt mit der Durchdringungskurve  $6''0''$  gezogen, die erforderlichen Verlängerungen  $1'1''$ ,  $2'2''$  usw. der Erzeugenden 1, 2, 3 usw. gewonnen und in Fig. 14 abgetragen<sup>1)</sup>. Hierdurch bekommt man die abgewinkelte Durchdringungskurve. Es bleibt nun nur noch übrig, für die Umbördelung entsprechende Stücke in Fig. 14 hinzuzutragen.

<sup>1)</sup> Streng genommen müßte man erst die wirklichen Längen der Stücke  $1'1''$ ,  $2'2''$  usw. durch Herumdrehen dieser Stücke auf die Linie  $bB$  suchen, jedoch gibt das in diesem Falle keinen irgendwie meßbaren Unterschied.

Es dürfte sich empfehlen, die Abwicklung solcher Stützen nicht direkt auf dem Bleche in der Werkstatt, sondern auf Papier im Bureau auszuführen und durch Zeichnung die Maße zu bestimmen, die für das Aufzeichnen auf das Blech erforderlich sind. Dabei ist zu beachten, daß außer den Begrenzungslinien auch die abgewinkelte Durchdringungskurve zwischen Kegel und Kugel durch Maße bestimmt werden muß.

Schon bei sorgfältiger Zeichnung im Maßstab 1 : 5 lassen sich die Maße nach Zeichnung genau genug bestimmen. Es steht aber nichts im Wege, auch einen größeren Maßstab, vielleicht 1 : 3, zu verwenden. Weitere Abwicklungen hier auszuführen, verbietet der Umfang dieses Buches. Eine größere Anzahl interessanter Beispiele findet sich in der „Vorschule für das Maschinenzeichnen von Brahtz, Kirsch und Kracht“. Verlag der Ruhfusschen Buchhandlung, Dortmund.

## 26. Lagerung der Kessel.

Die Lagerung der Kessel kann durch Unterstützung oder durch Aufhängung erfolgen. Die Unterstützung geschieht durch Kesselstühle, die bei zylindrischen Schüssen immer unter die äußeren Schüsse, bei konischen Schüssen nach der Seite des größeren Durchmessers hin gesetzt werden müssen, damit die Nähte nicht undicht werden. Die Figuren 5 bis 8, Tafel 38 zeigen übliche Ausführungsformen solcher Kesselstühle.

Der Kesselstuhl nach Fig. 7 wird bei Flammrohrkesseln vorn dort angebracht, wo der Ablassstutzen sitzt. Fig. 8 zeigt einen auf Rollen gesetzten Kesselstuhl, wie er von der Vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G. ausgeführt wird. Bei langen Kesseln setzt man vorteilhaft die Stühle auf 3 bis 4 Rollen mit Ausnahme von einem bis zwei Stühlen, die feststehen müssen. Die Rollen werden aus 60 mm Rundeisen gebildet und auf einer schmiedeeisernen, oder einer mit Rippen versehenen gußeisernen Platte gelagert.

Die Aufhängung kommt hauptsächlich bei einfachen und bei mehrfachen Walzenkesseln vor und kann durch aufgenietete gußeiserne (Tafel 38, Fig. 9) oder schmiedeeiserne Tragpratzen, oder durch Hängebolzen (Tafel 10, Fig. 2) erfolgen. Die letzteren werden am Kessel mit Hilfe von Winkeleisen befestigt und hängen oben an zwei über den Kessel gelegten  $\square$ -Eisen. Die  $\square$ -Eisen lagert man am besten auf Säulen, die bis zum Fundamente des Kesselmauerwerkes gehen. Die Hängeeisen, die zum Tragen der vorspringenden Enden der Oberkessel der mehrfachen Walzenkessel dienen, lagert man am besten auf Federn, da sich diese Kesselteile durch die ungleiche Erwärmung krumm ziehen und vorn heben. Die Oberkessel der Wasserrohrkessel werden häufig durch ein umgeschlungenes Band aus Rund-Quadrat- oder Flacheisen an über den Kessel gelegte  $\square$ - oder  $\Gamma$ -Eisen aufgehängt (siehe Tafel 29 bis 32).

## 27. Die Einmauerung.

Das Außenmauerwerk bekommt meistens eine Stärke von  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Steinen. Das Mauerwerk zwischen den Zügen zweier benachbarter Kessel muß mindestens 340 mm stark sein. Das Kesselmauerwerk ist sorgfältig und mit dünnen Fugen herzustellen. Damit die Wärme weniger leicht ausströmen kann, versieht man die Außenwände zuweilen mit einer ruhenden Luftschicht von 50 bis 100 mm Stärke (Tafel 10, Fig. 1 und Tafel 23). Die Stellen, die von den sehr heißen Gasen berührt werden, wie bei Vor- und Unterfeuerungen im Feuerherde, bei Flammrohrkesseln die hintere Stirnwand und ein Stück der Wand des darauffolgenden Zuges, werden mit einer Schamottsicht von  $\frac{1}{2}$  Stein Stärke verblendet. Jede dritte Lage erhält beim Verblenden Binder.

Der Anschluß des Mauerwerkes an den Kessel wird am besten dadurch hergestellt, daß man die Ziegelschichten durch Überkragung an den Kessel heranrücken läßt. Nirgends darf der Kessel selbst mit Kalkmörtel in Berührung kommen, da er sonst stark rostet. Hier darf nur Lehm, Schamott oder Portlandzement verwandt werden. Bei Kesseln, die nach dem Kammersystem eingemauert werden, sind in den oberen Scheidewänden ganz oben Öffnungen von etwa  $15 \cdot 7$  cm zum Abzuge explosibler Gase herzustellen.

Ist Eindringen von Grundwasser zu erwarten, so empfiehlt sich die Ausmauerung tief gelegener Züge, besonders des Fuchses, mit Zement.

Die Abdeckung des Kessels erfolgt zuweilen mit Asche, die jedoch in Verbindung mit Tropfwasser Veranlassung zu Verrostungen geben kann. Besser ist die Abdeckung mit Kies oder mit Kieselgur. Bei Anwendung von Asche oder Kies empfiehlt es sich, über die Anschlußfugen des Seitenmauerwerks an den Kessel oder über den ganzen Kessel eine Lehmschicht zu legen, um das Herabrieseln der Deckmaterialien in die Züge zu vermeiden. Über das Abdeckungsmaterial legt man noch eine Rollschicht aus Ziegelsteinen.

Das Mauerwerk muß gegen Auseinanderfallen, besonders an den sehr heißen Stellen, durch Rundanker mit  $\frac{3}{4}$ " bis 1" engl. Gew. geschützt werden. Mit den Ankeren werden außen gußeiserne Rosetten von etwa 300 bis 400 mm Durchmesser, oder meistens aufrechtstehende  $\square$ -Eisen, Belageisen oder gebrauchte Eisenbahnschienen verbunden. An den vier Ecken des Mauerwerkes läßt man häufig Winkel aus Schmiedeeisen oder Gußeisen (Tafel 38, Fig. 10) emporgehen und befestigt sie durch Anker, die etwa 3 m tief in das Mauerwerk gehen, oder durch Anker, die außen am ganzen Mauerwerke entlang gehen. Statt die Queranker über oder unter dem Kessel durchzulegen, kann man sie auch in die Tragpratzen oder in kurze an den Kessel genietet Winkelisen einhaken. Die Anker

dürfen nicht in den sehr heißen Zügen liegen, da sie sich sonst ausdehnen und nicht richtig wirken würden.

Sehr zu empfehlen ist, das Kesselmauerwerk rings um den Kessel mit stehenden Gewölben, deren konvexe Seiten dem Kessel zugekehrt sind, zu versehen, wie auf Tafel 19, 24 u. 25, sowie in Fig. 170 zu sehen ist. Solche Einmauerungen werden von der Firma J. A. Topf & Söhne in Erfurt ausgeführt, sie verhindern dauernd ein Rissigwerden des Mauerwerkes.

## 28. Die Armatur der Kessel.

a) **Grobe Armatur.** Dazu gehören: Rost, Feuergeschränk, Heiztür, Rauchschieber, Putztüren, Kesselstühle, Mauerverankerungen usw. (Beschreibung bereits an anderer Stelle.)

b) **Feine Armatur.** Hierher gehören: Sicherheitsventil, Dampfabsperrentile, Speiseventil, Ablaufvorrichtung, Apparate zur Erkennung des Wasserstandes und solche zur Erkennung des Druckes im Kessel, sowie eventuell Warnungssignalapparate.

### Sicherheitsventil.

Die Sicherheitsventile können offene sein (Fig. 105)<sup>1)</sup>, die sehr leicht zugänglich sind, oder geschlossene (Fig. 106)<sup>1)</sup>, die den ausströmenden

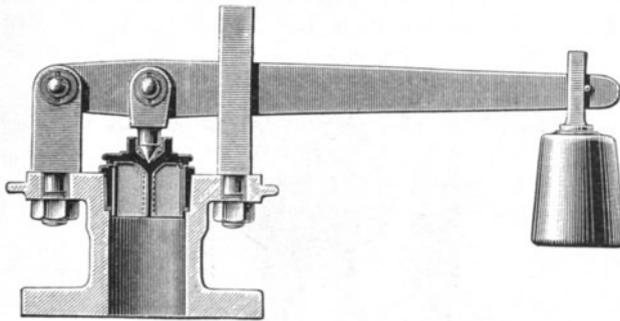


Fig. 105.

Dampf nicht in das Kesselhaus strömen lassen. Am besten werden die Ventile so eingerichtet, daß man sie unter Druck drehen kann.

Die Belastung der Sicherheitsventile geschieht am besten indirekt mit Hebel und Gewicht (Fig. 105 und 106), bei beweglichen Kesseln jedoch mit Hebel und Feder (Fig. 107)<sup>1)</sup>. Die Ventile werden als Tellerventile mit 1,5 bis 2 mm breiter Sitzfläche ausgeführt. Der Druckpunkt des Ventiles

<sup>1)</sup> Die Fig. 105, 106 und 107 zeigen Ausführungsformen der Armaturenfabrik Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover.

soll in der Ebene der Sitzfläche liegen, weil das Ventil sonst bei einer Schrägstellung des Belastungshebels Neigung zum Ecken bekommt.

Zur Bestimmung des Querschnittes des Ventiles dient gewöhnlich folgendes:

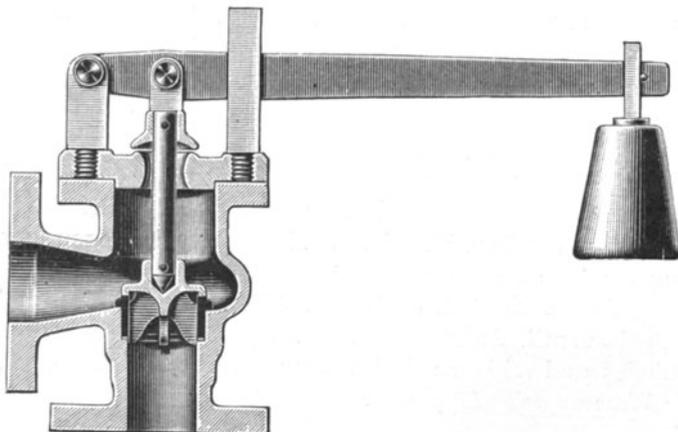


Fig. 106.

Ist  $f$  in qmm der erforderliche Querschnitt des Sicherheitsventiles für  
 1 qm Heizfläche,  
 $p$  der höchste zulässige Dampfüberdruck in *Atm.*,  
 $v$  das spezifische Volumen des Wasserdampfes in *l* für das kg,

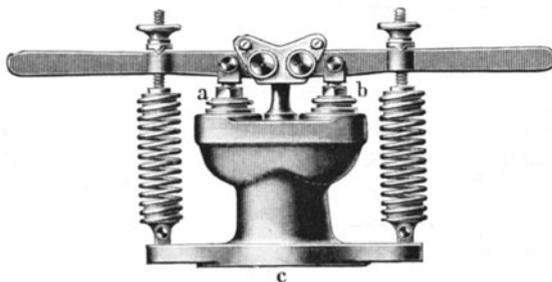


Fig. 107.

so ist:

$$f = 15 \sqrt{\frac{v}{p}} \text{ 1)}$$

und damit:

für $p =$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$f =$	450	263	187	147	120	102	89	79	71	64	59	54	50	47	44

1) Alte preußische Formel, die gute Verhältnisse ergibt.

Die Belastung eines Sicherheitsventils soll nicht größer als 600 kg betragen, bei größerer Belastung muß die erforderliche Fläche auf zwei Ventile verteilt werden.

Wird der Durchmesser des Ventiles größer als 100 mm, so empfiehlt es sich ebenfalls, den erhaltenen Querschnitt auf zwei Ventile zu verteilen. Zwei solcher Ventile werden dann häufig in einem Gehäuse untergebracht.

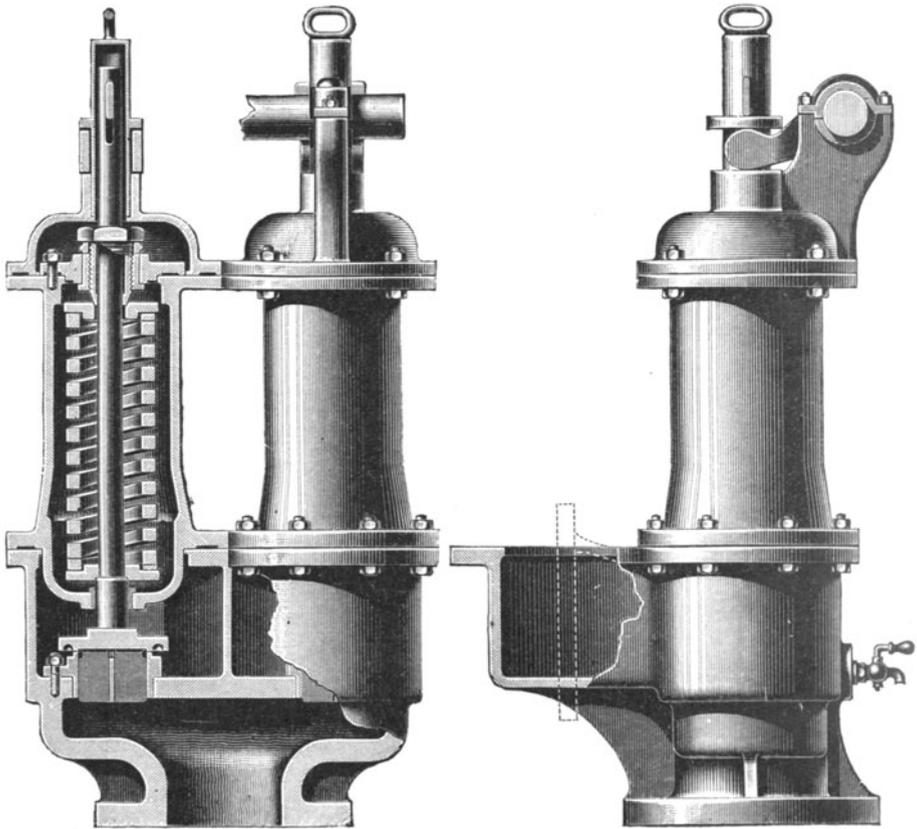


Fig. 108.

Ein für Schiffskessel besonders geeignetes Doppelsicherheitsventil mit Federbelastung von Schäffer & Budenberg in Buckau-Magdeburg ist in Fig. 108 dargestellt.

In neuerer Zeit werden vielfach sogenannte Hochhub-Sicherheitsventile angewandt. Ein solches Ventil, „Absolut“ genannt, von der Armaturenfabrik Schäffer & Budenberg in Buckau-Magdeburg, ist in Fig. 109 dargestellt. Oberhalb des eigentlichen Ventiltellers ist noch ein

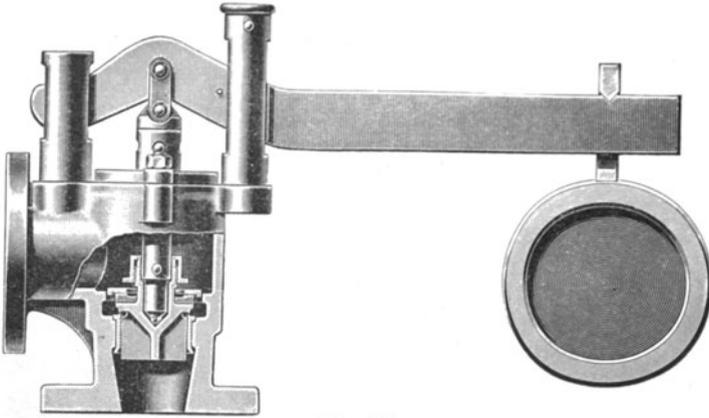


Fig. 109.

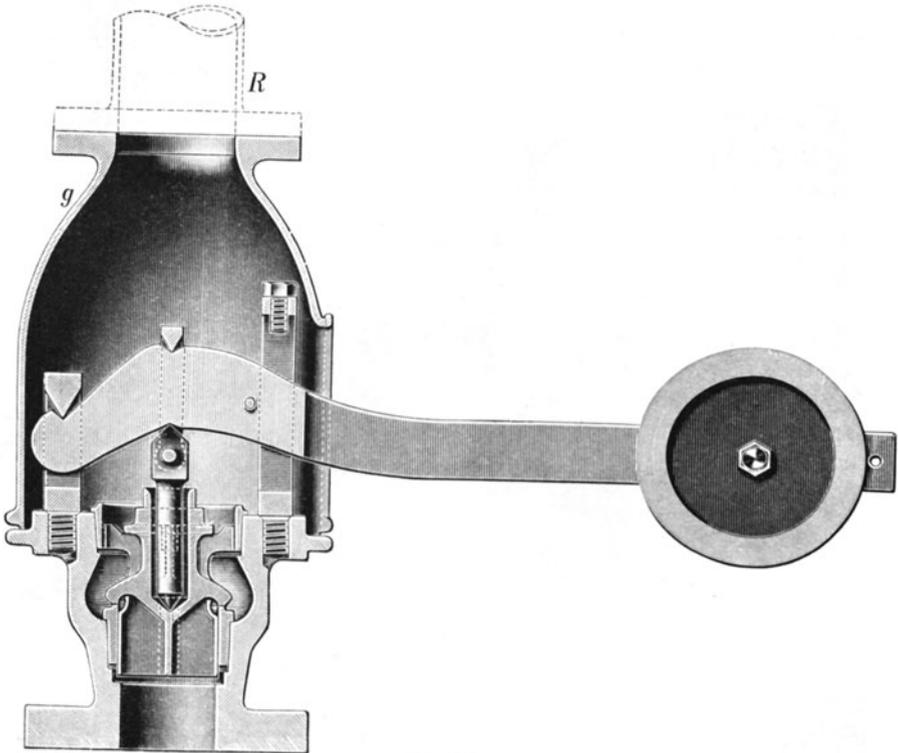


Fig. 110.

damit verbundener ringförmiger Teller angebracht, der mit dem Gehäuse eine Ringkammer bildet. Bei geringer Drucküberschreitung hebt sich das Ventil nur wenig und warnt durch das Geräusch des ausströmenden

Dampfes den Heizer. Wird der Überdruck aber größer, so steigt der Druck in der Ringkammer und das Ventil hebt sich sehr stark. Bei einer Drucküberschreitung von  $\frac{1}{2}$  oder  $\frac{3}{4}$  Atm. ist das Ventil annähernd ganz offen. Dieser Fall tritt aber nicht ein, wenn die Ventilgröße nach der von der Firma herausgegebenen Tabelle gewählt wird. Durch eine Ringverschraubung, die über der Hubvergrößerungsplatte, und zwar über einer ringförmigen Durchbrechung in der letzteren angebracht ist, läßt sich das Maß der Undichtigkeit zwischen dem obenerwähnten Ringraume und der Atmosphäre einstellen.

Ein auf etwas anderen Prinzipien beruhendes Hochhub-Sicherheitsventil wird von der Armaturenfabrik Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover gebaut und ist in Fig. 110 und 111 dargestellt.

Während das oben beschriebene Hochhubventil sich mehr durch den unter der Hubplatte auftretenden Druck hebt, beruht bei diesem Ventil das Heben desselben mehr auf der Strahlwirkung des Dampfes. Fig. 111 zeigt deutlich, wie die Strahlwirkung zustande kommt. Die konkave Form des Ventiltellers selbst begünstigt die Strahlwirkung. Schon bei sehr geringem Überdruck hebt sich das Ventil langsam und bei etwa 0,2 bis 0,25 Atm. Überschreitung des zulässigen Druckes hat das Ventil seinen Vollhub =  $\frac{1}{4}$  des Ventildurchmessers erreicht. Das Ventil ist sowohl bei I als auch bei II gut geführt, was bei Hochhubventilen besonders notwendig ist.

Bei solchen Ventilen kann man den Durchmesser wesentlich kleiner nehmen, als bei einfachen Sicherheitsventilen.

Dreyer, Rosenkranz & Droop geben die Fläche für ein qm Heizfläche an wie folgt:

Für Kessel mit stündlicher Verdampfung (flotter Betrieb) von 16 kg:

$$f = 5 \left| \frac{v}{p} \right.$$

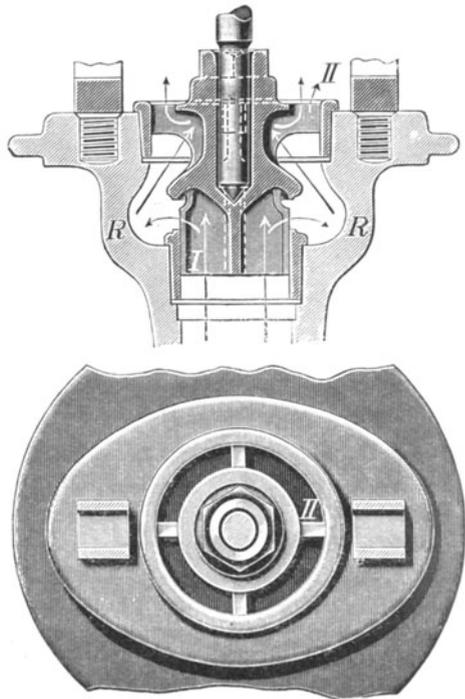


Fig. 111.

für Kessel mit stündlicher Verdampfung von 18 ÷ 20 kg:

$$f = 6 \sqrt{\frac{v}{p}}$$

für Kessel mit stündlicher Verdampfung von 25 ÷ 30 kg:

$$f = 6,67 \sqrt{\frac{v}{p}}$$



Fig. 112.

Auch die Dampfüberhitzer müssen innerhalb der Absperrventile mit einem Sicherheitsventil versehen sein. Ein solches Ventil der Armaturenfabrik Schäffer & Budenberg in Magdeburg-Buckau ist in Fig. 112 angegeben und wird in den in beistehender Tabelle angegebenen Abmessungen geliefert:

Lichter Durchgang . . . . .	25	30	40	50	60	mm
Flanshdurchmesser . . . . .	110	120	140	160	175	„
Zapfendurchmesser (falls dieser statt des Flansches gewünscht) . . . . .	1½	1½	2	2½	—	„ engl.
Zapfenlänge . . . . .	20	22	25	25	—	mm

### Dampfabsperryentil.

Unmittelbar am Kessel muß zur Absperrung des Dampfes von der Dampfleitung ein Absperrventil angebracht werden, das je nach Bedarf ein Bauchventil (Fig. 113)<sup>1)</sup> oder ein Eckventil (Fig. 116) sein kann. Der Dampfdruck soll unter den Ventilteller treten, damit man das Ventil unter Druck neu verpacken kann. Den Durchmesser des Ventiles kann man etwa gleich dem 1,1 bis 1,25-fachen des Sicherheitsventiles nehmen oder wie folgt berechnen:

Es bezeichne:

- D* die Dampfmenge in kg, die durch das Ventil bei flottem Betriebe in der Stunde hindurchgehen soll,
- c* die Dampfgeschwindigkeit in m für die Sekunde,
- γ* das Gewicht eines cbm des Dampfes,
- d* den Durchmesser des Ventiles in mm.

<sup>1)</sup> Schäffer & Budenberg, Buckau-Magdeburg.

Rechnet man nun der ungleichmäßigen Dampfentnahme wegen die 2fache Dampfmenge, oder der bequemeren Zahlen wegen die 2,16fache Dampfmenge, so bekommt man die Gleichung:

$$\frac{d^2 \frac{\pi}{4} \cdot c}{1000000} = \frac{2,16 \cdot D}{3600 \cdot \gamma},$$

oder:

$$d^2 \frac{\pi}{4} = \frac{2,16 \cdot D}{0,0036 \cdot \gamma \cdot c} = \frac{600 \cdot D}{\gamma \cdot c}.$$

Für  $c$  kann man gewöhnlich 20 bis 30 m nehmen, bei sehr langen Leitungen  $c = 10$  bis 15 m.

Bei  $c = 20$  m wird:

$$d^2 \frac{\pi}{4} = \frac{30 \cdot D}{\gamma},$$

$d$  wird dann am besten einer Tabelle entnommen.

Für überhitzten Dampf fertigt die Firma Schäffer & Budenberg neuerdings besondere Ventile nach Fig. 114 an. Die in den Kegel und das Gehäuse aus Stahlguß eingesetzten Dichtungsringe bestehen aus Reinnickel, welches dieselbe Ausdehnung wie Stahlguß hat und fast gar keine Abnutzung zeigt. Rotguß dehnt sich dagegen anders aus als Stahl und verliert außerdem bei hohen Temperaturen wesentlich an Festigkeit. Da bei hoher Temperatur Verzerrungen des Gehäuses vorkommen, so ist hier die gewöhnliche Flügelführung ungeeignet. Die Firma führt deshalb den Ventilkegel nur durch die Stange, die tief in denselben eingreift und an der der Kegel genau zentrisch befestigt ist. Nur in der Schlußstellung wird der Kegel durch sehr kurze schräge Flügel in den Sitz geführt, damit man bei herausgenommener Spindel das Ventil in der üblichen Weise nachschleifen kann.

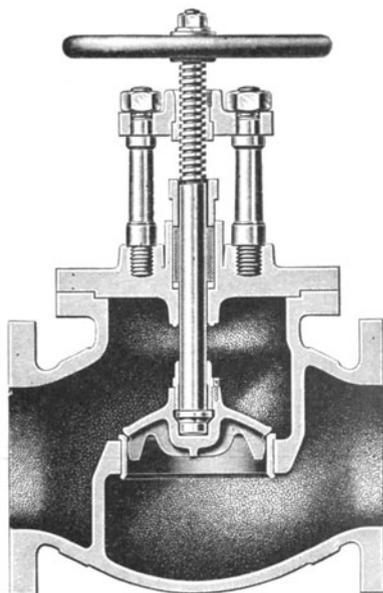


Fig. 113.

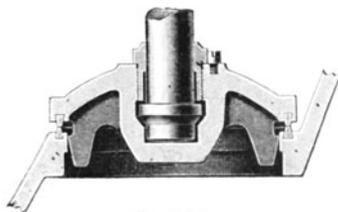


Fig. 114.

### Speiseventil.

Das Speisen des Kessels geschieht durch ein selbsttätiges Ventil, das Speiseventil, hindurch, das sich unter dem Drucke der Pumpe öffnet und unter dem Drucke im Kessel schließt. Das Ventil soll möglichst nahe am Kessel angebracht werden. Zwischen Speiseventil und Kessel muß noch eine Absperrvorrichtung (Ventil, Hahn oder Schieber) gelegt werden, damit man während des Betriebes das Speiseventil vom Kesseldruck entlasten und wieder in Ordnung bringen kann, wenn es nicht mehr richtig arbeitet, und damit bei nicht ganz dichtem Speiseventil der Kessel sich über Nacht nicht teilweise oder ganz entleeren

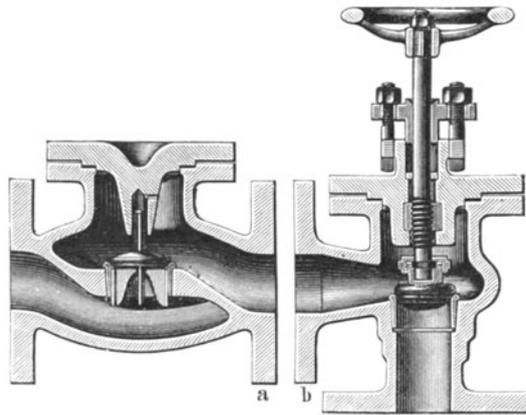


Fig. 115.

Fig. 116.

kann. Fig. 115 und 116<sup>1)</sup> zeigen die gebräuchlichste Ausführung eines Speiseventiles, verbunden mit einem Absperrventil. Die Bestimmung des Durchmessers des Ventiles kann wie folgt geschehen:

Es bezeichne:

$D$  die Dampfmenge in kg, die der Kessel bei flottem Betriebe in der Stunde liefert,

$c$  die Geschwindigkeit des Wassers im Ventile in m in der Sekunde,

$d$  den Durchmesser des Ventiles in mm.

Der Hub des Ventiles soll gering sein, damit die Abnutzung klein ausfällt. Vorteilhaft ist es, den Hub eines mit unteren Führungsrippen versehenen Speiseventiles nicht größer als  $0,15 d$  zu machen.

<sup>1)</sup> Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover.

Nehmen wir an, daß die doppelte wirklich zu speisende Wassermenge durch das Ventil geht, so entsteht die Gleichung:

$$\frac{d \cdot \pi \cdot 0,15 d c}{1000000} = \frac{2 \cdot D}{3600 \cdot 1000},$$

oder:

$$\frac{d^2 \pi}{4} \cdot \frac{4 \cdot 0,15 c}{1000000} = \frac{2 D}{3600 \cdot 1000};$$

daraus folgt:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{D}{1,08 c} = \approx \frac{D}{c}.$$

Praktische Werte für  $c$  sind:  $c = 0,5$  m bis  $c = 0,8$  m bei ganz großen Kesseln. Bei Flammrohrkesseln bekommt man dieselben Werte, wenn man nimmt:

$$d = \frac{H}{2} + 20 \text{ mm},$$

wobei  $H$  die Heizfläche des Kessels in qm bedeutet.

### Ablaßvorrichtung.

Die Ablaßvorrichtung kann ein Hahn oder ein Ventil sein; gewöhnlich findet man einen Hahn angewandt. Der Hahn ist am besten ein Stopfbüchsenhahn mit unten angebrachter Druckschraube zum Lüften des Kükens, wenn es sich festgesetzt haben sollte (Tafel 41, Fig. 10). Vorteilhaft macht man den ganzen Hahn oder doch wenigstens das Kükens aus Rotguß.

Setzt das Wasser im Kessel Schlamm ab, so ist es vorteilhaft, den Kessel zuweilen nach Stillstandspausen bis zum Niedrigwasserspiegel abzublasen. Dabei erwärmt sich aber das Hahnkükens stärker als das Gehäuse und der Hahn ist sehr schwer, häufig unter Gefahr eines Bruches des Gehäuses zu schließen. Aus diesem Grunde hat man doppelwandige Hahngehäuse angeordnet, die durch heißes Wasser oder Dampf angewärmt werden können.

Ein in jedem Falle sicher wirkendes und leicht zu handhabendes Abschlämm- oder Ablaßventil wird von der Firma Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover gebaut. Es ist in Fig. 117 dargestellt. Das Ventilgehäuse, das mit dem Flansch  $E$  an den Ablaßstutzen eines Dampfkessels angeschlossen wird, ist durch eine Trennungswand in zwei Hälften geteilt, die wieder durch den über ihnen liegenden Kanal und durch die Ventile I und II miteinander in Verbindung gebracht werden

können. Der Ventilkegel des Ventils I ist nach unten parabolisch zugespitzt. Der Ventilkegel des Ventils II ist in herkömmlicher Weise ausgeführt.

Das von *E* hereintretende Kesselwasser nimmt seinen Lauf durch die Ventilanordnung in Richtung der Pfeile; es trifft also den Ventil-

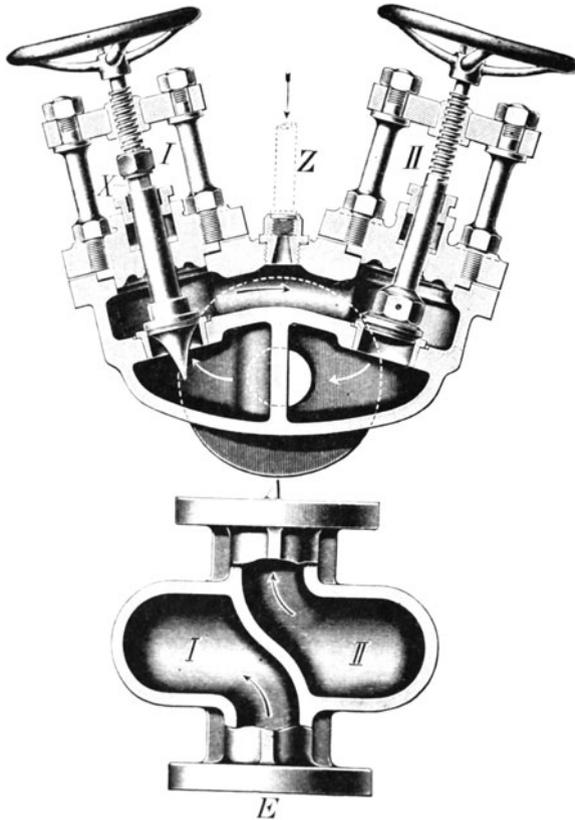


Fig. 117.

kegel des Ventils I von unten, der durch seine parabolische Gestaltung die Strömungsrichtung günstig beeinflusst, durchfließt dann den Kanal und strömt dem Ausgang *A* von oben nach unten durch Ventil II zu.

Wenn beide Ventile I und II geschlossen sind, ist ein doppelter Abschluß nach dem Kessel erreicht und ein Ventil sichert so das andere. Während des Betriebes kann bei geschlossenem Ventil I das Ventil II

herausgenommen, untersucht werden, und wenn nötig, kann der Ventilegel in dessen Sitz nachgeschliffen werden, so daß stets ein zuverlässig dichter Abschluß möglich ist.

Bei Z wird ein Dampfzuführungsrohr von 13—20 mm Durchmesser, je nach Größe des Ventiles, angeschlossen, um die Ventilordnung II mit Dampf auszublase und von dem etwa anhängenden Schlamm zu reinigen. Die Ventile werden in folgenden Abmessungen hergestellt:

Durchgang	Baulänge	Flanschdurchmesser
40 mm	210 mm	140 mm
50 „	230 „	160 „
60 „	250 „	175 „
70 „	270 „	185 „
80 „	290 „	200 „

Auf Taf. 42, Fig. 8 und 9, ist noch ein Abschlämmventil System Baltes dargestellt, wie es unter anderem von der Dingerschen Maschinenfabrik in Zweibrücken geliefert wird. Das Ventil wird durch einen Druck auf einen abnehmbaren Hebel geöffnet und unter der Wirkung einer Feder und des Druckes im Kessel geschlossen. Damit man das Ventil sicher dicht bekommt, sitzt auf der Ventilschindel ein Handrad, durch dessen Drehung man das Ventil leicht dicht schleifen kann. Das Ventil wird auch als Durchgangsventil ausgebildet und kann auch so eingerichtet werden, daß es durch Fußtritt betätigt werden kann.

Die Ablaufvorrichtung soll an der tiefsten Stelle des Kessels angebracht werden, damit alles Wasser aus dem Kessel ablaufen kann. Sie darf jedoch nicht in den Kesselzügen oder in dem heißen Mauerwerk liegen, da sonst der darin sich ansammelnde Schlamm festbrennen würde.

Die Größe des Ablaufrohrdurchmessers soll nicht zu groß gewählt werden. Man kann den Durchmesser ungefähr gleich dem Durchmesser des Speiseventiles machen.

## Wasserstandsapparate.

### 1. Wasserstandsglasapparate.

a) Zylindrische Gläser. Die Glasrohre werden in den verschiedenen Durchmessern angewandt, am gebräuchlichsten sind jedoch Gläser mit 20 mm äußerem Durchmesser. Das Wasserstandsglas sitzt oben und unten in einem Wasserstands-Hahnkopfe oder -Ventilkopfe, es muß in eine auf seinen äußeren Durchmesser ausgedrehte Brust von etwa 8 mm

Höhe fassen, damit das Dichtungsmaterial nicht in das Rohr quellen kann. Vom Kessel muß das Glas oben und unten durch leicht gangbare Hähne oder Ventile abgesperrt werden können.

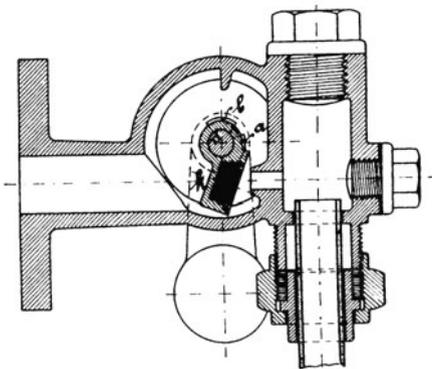


Fig. 118.

Am unteren Ende des Rohres bringt man noch einen Ablasshahn oder ein Ablassventil an. Tafel 40, Fig. 1<sup>1)</sup> zeigt einen einfachen Wasserstandsglasapparat, Fig. 118 bis 120 einen solchen mit Selbstverschluß, wie er von der Maschinenfabrik Schumann & Co., Leipzig-Plagwitz geliefert wird. In den Wasserstandskopf ragt eine Spindel *s* hinein, an der eine mit einem Dichtungspfropfen versehene Metallklappe *k*

aufgehängt ist. Im Betriebe steht die Klappe, wie Fig. 118 zeigt. Dampf bzw. Wasser kann ungehindert zum Glase treten. Zerbricht ein Glas, so schleudert der innere Überdruck die Klappe auf die Austrittsöffnung.

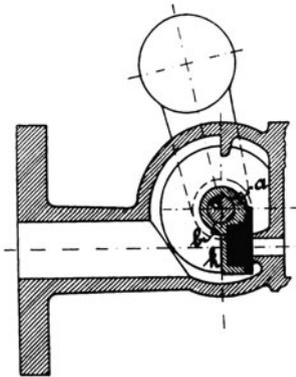


Fig. 119.

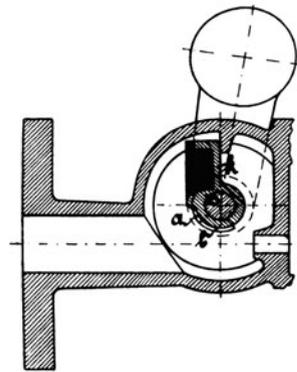


Fig. 120.

Fig. 119 zeigt die Klappe zwangsweise geschlossen, Fig. 120 geöffnet, damit die Austrittsöffnung von Schlamm oder Kesselstein gereinigt werden kann.

Der Apparat hat sich vorzüglich bewährt und eignet sich besonders auch für hohen Druck. Die Dichtungspfropfen halten sehr lange dicht, können aber auch leicht erneuert werden. Der Klappenapparat bleibt dauernd leicht beweglich.

1) Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover.

Ein sehr praktischer Wasserstandsapparat (Fig. 121), der übrigens sowohl mit Hahnköpfen als auch mit Ventilköpfen geliefert wird, wird von Theodor Maas in Mannheim hergestellt. Das Wasserstandsglas sitzt in einem besonderen Glashalter, der nach den Köpfen hin durch daran angebrachte kugelförmige Dichtungsflächen abgedichtet wird. Man hat nun einen Reserveglashalter mit Glas vorrätig und kann denselben im Falle eines Bruches des Glases in etwa  $\frac{1}{2}$  Minute einwechseln, da die obere kugelförmige Dichtungsfläche an einer leicht verstellbaren Schraube sitzt.

In Deutschland sind bei Landkesseln zwei Wasserstandsapparate gesetzlich vorgeschrieben, von denen eines ein Glas sein muß. Beide dürfen nur dann eine gemeinsame Verbindung mit dem Kessel haben, wenn diese einen Querschnitt von mindestens 60 qcm hat. Häufig wendet man zwei Wasserstandsgläser an, die an einem besonderen Eisenkörper sitzen. Dieser Eisenkörper hat zwei Verbindungsrohre von je 90 mm Durchmesser, also von etwas über 60 qcm Querschnitt nach dem Kessel zu. Ein solcher Apparat von Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover ist in Fig. 122 dargestellt. An diesem Apparate bringt man auch gleich das Manometer an.

Ein Wasserstandsglas ist natürlich wie jedes stark erhitzte Glasrohr empfindlich gegen Luftzug, es ist daher gut, dasselbe dagegen zu schützen, da es sonst leicht zerspringt.

Häufig befinden sich auch Spannungen im Glase, die bei der Fabrikation hineingekommen sind. Mit der Zeit werden die Gläser auch durch das Wasser mehr oder weniger angegriffen und allmählich abgenutzt und gehen dann schließlich zu Bruche. Dabei ist die Abnutzung an den vom Dampfe berührten Stellen größer, als an den vom Wasser berührten. Es kommt das daher, weil stets Dampf an dem oberen Hahnkopfe kondensiert und das Kondenswasser unaufhörlich an dem Glase hernieder rieselt. Um nun das Zerspringen der Gläser, verursacht durch einseitige Abkühlung<sup>1)</sup>, möglichst zu beschränken, dann aber auch, um den Heizer vor den herumfliegenden Glassplittern zu schützen, falls doch einmal ein Glas zerspringt,

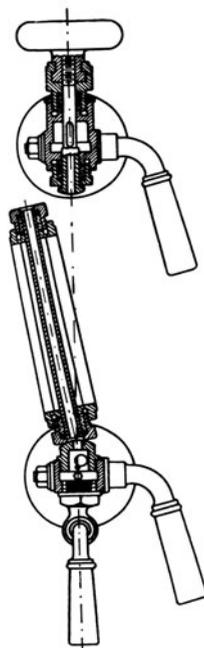


Fig. 121.

1) Das Glaswerk Schott & Genossen in Jena stellt Wasserstandsgläser aus sogenanntem Durax-Glase her, die nach angestellten Versuchen beim plötzlichen Bespritzen mit ziemlich kaltem Wasser erst zerspringen, wenn der Dampfdruck im Innern des Glases bis auf etwa 25 bis 27 Atm. gestiegen ist. Bei den gebräuchlichen Dampfpressungen bis etwa 12 Atm. ist ein Zerspringen dieser Gläser beim Bespritzen mit kaltem Wasser also nicht zu erwarten.

ist es vorteilhaft, das Glas mit einem Schutzmantel zu umgeben. Es gibt deren viele Arten. Zu verwerfen sind die vorn und hinten mit einem Schlitz

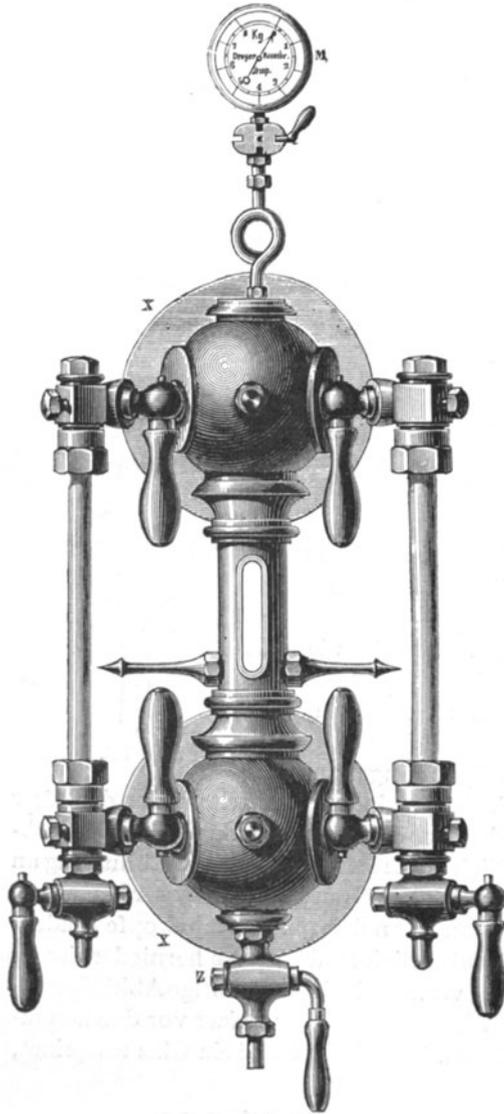


Fig. 122.

versehenen Messingrohre, ebenso die parallel mit dem Glase laufenden Eisenstäbe, oder auch die das Rohr umgebenden Drahtgitter, da diese alle ihren Zweck nur sehr unvollkommen erfüllen können. Gut sind die Apparate mit einer halbzyllindrischen Glashülse oder mit einer, zwei oder drei ebenen Glasplatten. In das Schutzglas ist dabei zuweilen ein weitmaschiges Drahtgeflecht eingeschmolzen. Fig. 123 zeigt eine solche Schutzvorrichtung von Hans Reisert in Köln-Braunsfeld. Drei ebene in einem Rahmen gehaltene Glasplatten sind an der oberen Stopfbüchsenmutter des Wasserstandsapparates aufgehängt und können bei einem Zerspringen des Wasserstandsglases zurückpendeln, so daß der Stoß gegen die Glasplatten vermindert wird. Beim Zurückpendeln legt sich der Apparat mit einer Feder gegen die untere Stopfbüchsenmutter, so daß auch dann der Stoß gemildert wird.

Fig. 124 und 125 zeigen eine Drahtglas-Schutzhülse wie sie von der Aktien-

Gesellschaft für Glasindustrie vorm. Friedr. Siemens in Dresden hergestellt und von der Firma Schäffer & Budenberg, Buckau-Magdeburg geliefert wird. Das mit eingeschmolzenem Drahtgeflecht versehene, halb-

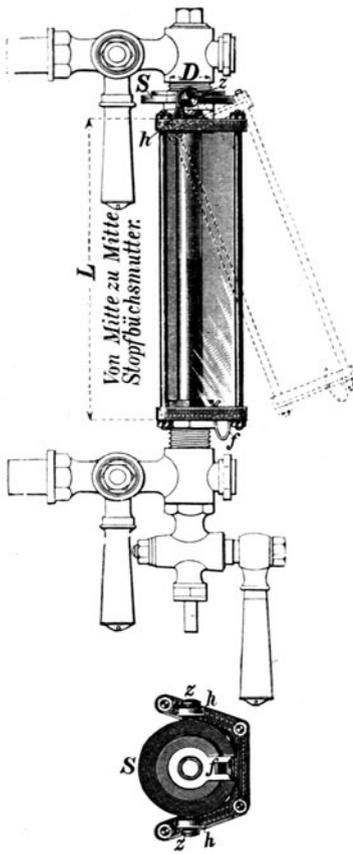


Fig. 123.



Fig. 124.

zylindrisch gebogene Glas stützt sich auf die Reinigungsschraube des unteren Hahnkopfes und wird an den Stoffbüchsenmuttern mittels zwei elastischer Metallschnüre und hinter die Muttern gelegter Querstücke befestigt.

Die Fabrik technischer Glasartikel von F. Rockstroh in Görlitz liefert Schutzapparate, die die Sichtbarkeit des Wasserstandes erhöhen. Hinter das Wasserstandsglas wird ein nach vorn halbzyklindrisch gebogenes, weiß emailliertes Blech gelegt, das nach vorn mit einer starken Glastafel abgeschlossen wird. Auf dem Bleche sind unmittelbar hinter dem Wasserstandsglase schräge, schwarze Striche angebracht. An den Stellen, an denen das Wasserstandsglas mit Wasser gefüllt ist, erscheinen die Striche ver-

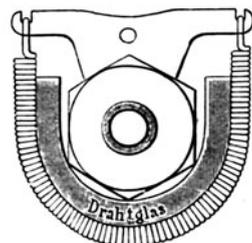


Fig. 125.

größert und mehr gerade gestellt, während sie an den anderen Stellen verkleinert erscheinen. Sehr günstig wirken auch die neuen Duraxgläser der Firma Schott & Genossen in Jena, in die nach hinten sechs blaue, zur Achse des Glases parallele Linien eingeschmolzen sind, die auch durch das Wasser stark vergrößert erscheinen.

Um bei hochliegendem Wasserstand, wie z. B. bei vielen Steilrohrkesseln, den Stand des Wassers weithin sichtbar zu machen, empfiehlt die Firma Hans Reisert, G. m. b. H. in Köln - Braunsfeld die Anwendung ihres Wasserstands-Färbeapparats „Colorator“. Der in Fig. 126 dargestellte Apparat wird mittels des Gewindepapfens *a* auf dem oberen Wasserstandshahnkopf aufgeschraubt.

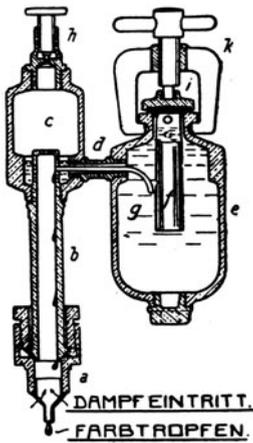


Fig. 126.

Das Wasserstandsglas gelangt und dort das in demselben befindliche Kesselwasser rot färbt.

Eine Neufüllung mit Farbe braucht nur alle 8 bis 14 Tage zu geschehen.

Der Apparat kostet einschl. Verpackung und ca. 20 Farbstiften 40 M. ab Werk Köln-Braunsfeld.

Die Hannoversche Maschinenbau - Aktien - Gesellschaft vorm. Georg Egestorff in Hannover-Linden verwendet bei hochliegendem Wasserstand einen gesetzlich geschützten, heruntergezogenen Wasserstandsanzeiger nach Fig. 127. Derselbe besteht im wesentlichen aus einem Schwimmergehäuse *a* mit Schwimmer *b* und Schwimmerstange *c*. Die aus einem dünnen Kupferrohr hergestellte Verlängerung *d* der Schwimmerstange überträgt durch ihre untere Abschlußkante den hochliegenden Wasserstand scharf und abgegrenzt in das durch die Glühlampe *e* durch-

leuchtete Gehäuse *f* und macht denselben auf weite Entfernung deutlich sichtbar. Der niedrigste Wasserstand ist wie bei einer normalen Wasserstandsarmatur durch eine deutliche Wasserstandsmarke *g* gekennzeichnet. Der Schwimmer folgt den kleinsten Schwankungen des Wasserstandes ohne weiteres.

Für eine Entschlammungsmöglichkeit ist durch das Ablassventil *h* gesorgt. Die beiden Absperrventile *i* am Dampfraum und *k* am Wasserraum gestatten ohne weiteres, den Wasserstandsanzeiger während des Betriebes aufzunehmen und zu untersuchen.

b) Flache Gläser. Hierher gehört der Reflexions-Wasserstandsanzeiger von Rich. Klinger in Gumpoldskirchen bei Wien (Tafel 40, Fig. 2), dessen starkes Metallgehäuse nach vorn durch ein flaches, mit Rillen versehenes Glas abgeschlossen ist. Wo Dampf mit dem Glase in Verbindung steht, werden die hineinfallenden Lichtstrahlen vollständig reflektiert, so daß das Glas an diesen Stellen silberglänzend erscheint. Wo aber die Rillen des Glases mit Wasser ausgefüllt werden, gelangen die Lichtstrahlen nur schwach abgelenkt an die hintere Gehäusewand, so daß die schwarze Färbung dieser Wand sichtbar wird. Der Wasserraum erscheint daher tiefschwarz. In diesem Apparate kann man den Wasserstand selbst bei schwacher Beleuchtung noch aus großer Entfernung erkennen. Ein Bruch des Glases kommt wegen seiner bedeutenden Stärke kaum vor.

Der Apparat wird als komplette Wasserstandsarmatur oder mit Rohransätzen zum Einsetzen in beliebige Wasserstandshähneköpfe geliefert. Die erstere Art ist vorteilhafter, weil im ganzen billiger und weil die Schaulänge wegen Fortfalles der Stopfbüchsen vergrößert wird.

## 2. Probierröhre und Probierventile [Fig. 128; 129<sup>1)</sup>].

Sie werden, zwei bis vier an der Zahl, in verschiedenen Höhen, der unterste Hahn oder das unterste Ventil genau auf dem Niedrigwasser-

<sup>1)</sup> Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover.

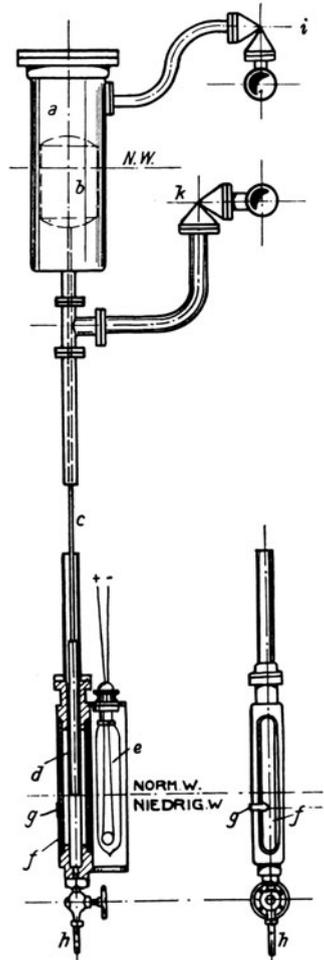


Fig. 127.

spiegel angebracht. Besonders bei schwankendem Wasserspiegel wird hierdurch der Wasserstand nur sehr ungenau angezeigt. Besser ist es, ein zweites Wasserstandsglas anzubringen.

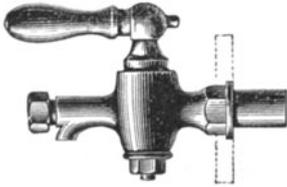


Fig. 128.

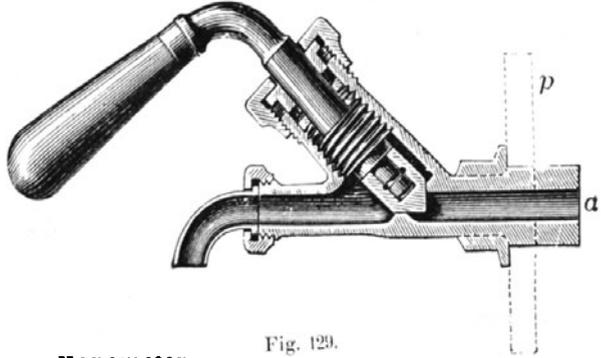


Fig. 129.

### Manometer

Die Manometer dienen zur Messung des Dampfdruckes; man unterscheidet:

#### 1. Quecksilbermanometer.

Diese sind am zuverlässigsten, jedoch auch am unbequemsten, weil sie bei den heute üblichen hohen Dampfspannungen eine bedeutende Länge bekommen. Sie werden fast nur gebraucht, um andere Manometer damit zu prüfen.



Fig. 130.

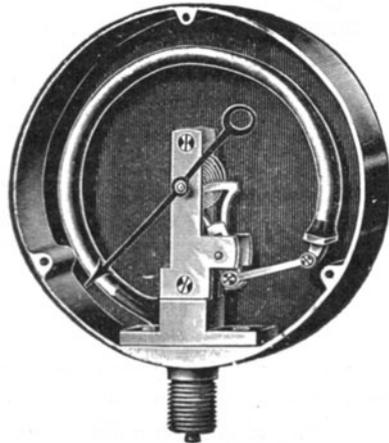


Fig. 131.

#### 2. Federmanometer.

Diese werden ausgeführt als Plattenfedermanometer und als Röhrenfedermanometer. Bei den ersteren (Fig. 130)<sup>1)</sup> wirkt der Dampfdruck auf

<sup>1)</sup> Schäffer & Budenberg in Buckau-Magdeburg.

eine mit kreisförmigen Wellen versehene stählerne Plattenfeder, die gegen Rosten zuweilen durch ein dünnes versilbertes Kupferblech geschützt ist. In der Mitte der Feder ist eine kleine Schubstange befestigt, die die Durchbiegung der Feder mittels Winkelhebels und Zahnbogens auf die Zeigerachse überträgt. Am gebräuchlichsten sind jetzt die Manometer mit Bourdonscher Röhre (Fig. 131). Der Dampfdruck tritt in eine gebogene Röhre mit ovalem Querschnitt (Fig. 132), dessen kleine Achse in der Richtung des Krümmungshalbmessers liegt. Tritt Druck in die Röhre, so will sich der Querschnitt mehr dem kreisrunden Querschnitte nähern, wobei sich die Röhre gerade zu richten sucht. Die Bewegung des freien Endes der Röhre wird durch eine Lenkstange auf einen zweiarmigen Hebel, von diesem mittels Zahnbogens und Zahnrades auf die Zeigerachse übertragen. Die Röhren werden aus einer hartgezogenen Metallkomposition oder aus Stahl gefertigt.

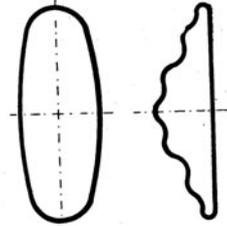


Fig. 132.

Fig. 133.

Um jeden toten Gang unschädlich zu machen, wird auf der Zeigerachse aller Federmanometer eine kleine Spiralfeder angebracht.

Die Firma Richard Gradenwitz in Berlin, Dresdenerstraße, versieht die Röhren ihrer Manometer an der nach innen gerichteten Seite mit Längsrillen, so daß ein Querschnitt nach Fig. 133 entsteht. Die Röhren sollen dadurch neben großer Elastizität eine größere Dauer erhalten und haben sich gut bewährt.

Die Anbringung der Manometer muß so erfolgen, daß die Platten oder die Röhrenfedern nicht mit dem heißen Dampfe in Berührung kommen.

Zu diesem Zwecke wird das Verbindungsrohr (aus Schmiedeeisen oder Kupfer) des Manometers mit dem Kessel derart U-förmig oder trompetenförmig gebogen, daß ein Wassersack entsteht, in dem das aus dem Dampfe kondensierte Wasser stehen bleibt und aus dem es nicht nach dem Kessel abfließen kann.

Von der Firma Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover werden auch Manometer nach Fig. 134 mit hängender Rohrfeder *R* geliefert, die mit Glyzerin gefüllt ist und bleibt und daher nicht heiß werden kann, wenn der Wassersack einmal geleert wird. Zur Unterstützung

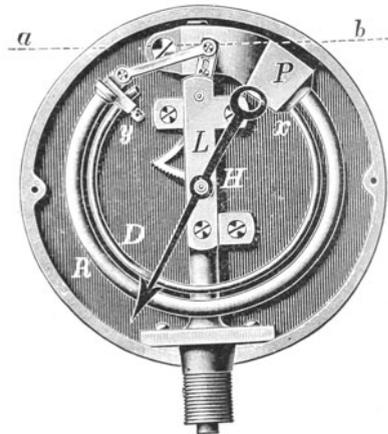


Fig. 134.

der Federkraft versieht die Firma ihre Manometer häufig noch mit einer gehärteten Stahldrahtfeder *D*.

Vorteilhaft bringt man vor dem Manometer einen Dreiweghahn an, um den Druck gelegentlich vom Manometer nehmen zu können. Mit diesem Hahne wird am besten gleich der gesetzlich vorgeschriebene Kontrollflansch zur Anbringung des amtlichen Kontrollmanometers verbunden. Der in Fig. 135 dargestellte Kontrollflansch ist der in Preußen und in den meisten anderen deutschen Staaten vorgeschriebene. Runde Flanschen sind vorgeschrieben in: Belgien (30 mm Dm), Bayern und Rußland (37 mm Dm), Frankreich, Italien, Schweiz, Holland, Dänemark, Schweden und Norwegen, Spanien und Portugal (40 mm Dm), Braunschweig (45 mm Dm).

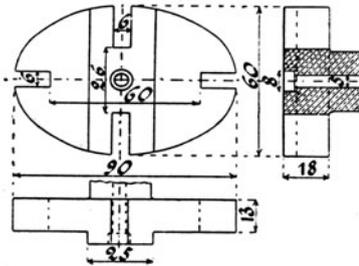


Fig. 135.

Innengewinde ist vorgeschrieben in: Königreich Sachsen ( $\frac{1}{2}$ " engl.), Österreich-Ungarn ( $\frac{3}{4}$ " engl.).

Die amtlichen Kontrollmanometer haben meistens zwei Röhrenfedern und zwei Zeiger, ihre Röhrenfedern sind mit Glycerin gefüllt, um sie vor hoher Erwärmung und vor dem Erfrieren zu schützen.

## Apparate zur Sicherung des Betriebes.

### I. Warnsignalapparate.

Tafel 40, Fig. 3 zeigt einen Blackschen Speiserufer, wie er von der Firma Schäffer & Budenberg in Buckau-Magdeburg geliefert wird. Der Apparat trägt unmittelbar unter der oben befindlichen Alarmpfeife einen Pfropfen aus leicht schmelzbarem Metall, dessen Legierung so gewählt ist, daß es bei einer Temperatur von  $101^{\circ}\text{C}$  schmilzt.

Das schmiedeeiserne Rohr des Apparates, dessen unteres Ende bis zum Niedrigwasserspiegel reicht, ist bei normalem Wasserstande ganz mit Wasser gefüllt; es entleert sich, sobald der Wasserstand bis unter das zulässige Maß sinkt. Dabei schmilzt der eintretende Dampf den Pfropfen und die Pfeife ertönt. Damit das Wasser unter dem Pfropfen nicht zu warm wird, ist der Apparat mit einem Kühlrohr versehen.

In Fig. 136 ist ein elektrischer Signalapparat (System Wolff) derselben Firma dargestellt. Der Apparat wird in derselben Weise am Kessel angebracht wie der Blacksche Speiserufer. Im oberen Teile des Apparates befindet sich ein Gefäß mit Quecksilber und über dem Quecksilber ein Platindraht angebracht. Fällt das Wasser im Kessel unter den Niedrigwasserspiegel, so fließt aus dem Standrohr und dem Kopf des Apparates das Wasser aus und Dampf tritt ein. Dieser erwärmt das Quecksilber

und läßt es sich so weit ausdehnen, daß es den Platinstift berührt, wodurch ein Stromkreis geschlossen wird, der an beliebiger Stelle Klingeln in Bewegung setzen kann. Wird wieder gespeist und tritt das Wasser in das Rohr, so zieht sich das Quecksilber wieder zusammen und das Klingeln hört auf.

Seitlich am Apparat befindet sich ein Hahn, durch welchen man das Rohr ausblasen und das Arbeiten des Apparates probieren kann.

## 2. Wasserstandsregler.

In neuerer Zeit hat man vielfach selbsttätig wirkende Wasserstandsregler eingeführt, die den Heizer entlasten sollen und zugleich den Kessel schonen und den Wirkungsgrad desselben heben. Von besonderer Wichtigkeit sind diese Apparate bei stark belasteten Wasserrohrkesseln.

Ein solcher elektrisch betriebener Wasserstandsregler, Bauart Reubold, der von der Hannoverschen Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft vormals Georg Egestorff in Hannover-Linden geliefert wird, ist in Fig. 137 dargestellt.

Der Apparat wird durch einen Schwimmer betätigt, dessen Stange oben einen weichen Eisenkern trägt, der sich in einem Rotgußrohr reibungsfrei bewegt. Bei normalem Wasserstande im Kessel steht der Eisenkern etwas oberhalb der Wicklung eines Elektromagneten, der durch einen konstanten Strom von ca. 20 - 25 Watt magnetisiert wird, und dessen Erregungsverhältnisse so bemessen sind, daß die Anziehungskraft der

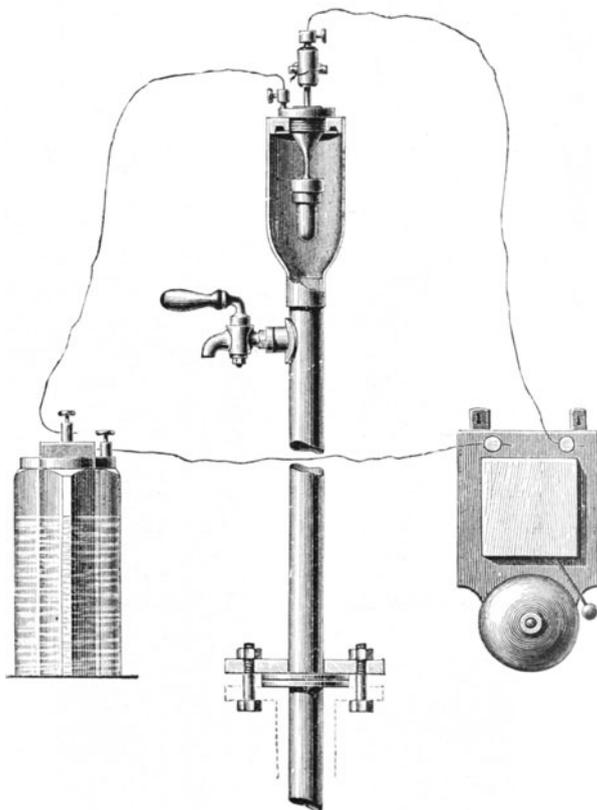


Fig. 136.

Elektromagnetschenkel nicht ausreicht, einen durch eine Spiralfeder abgezogenen Anker anzuziehen. Sinkt aber das Wasser im Kessel und

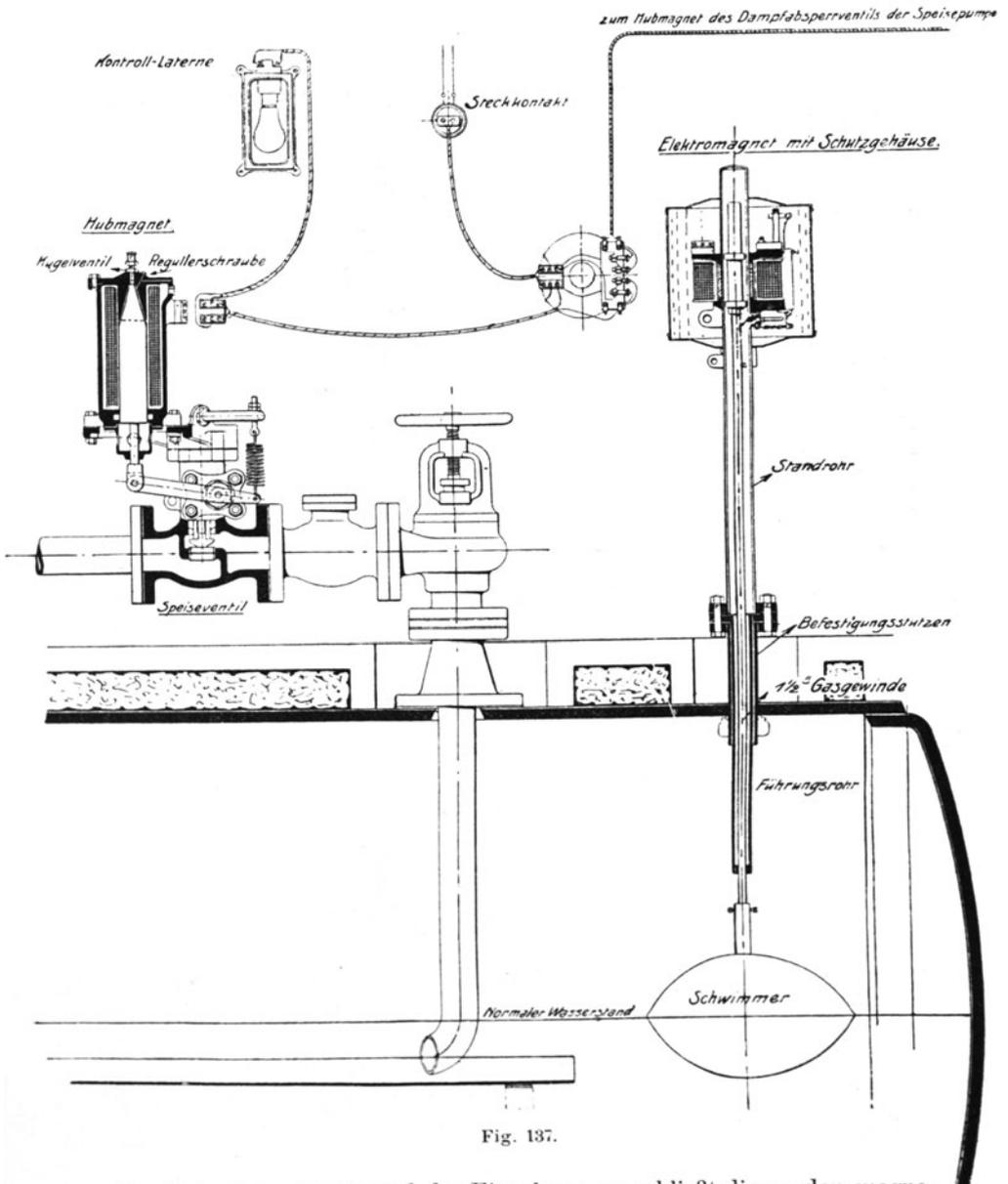


Fig. 137.

damit der Schwimmer und der Eisenkern, so schließt dieser den magnetischen Kreis des Elektromagneten, und durch die Verstärkung des

Feldes wird der Anker kräftig von den Schenkeln angezogen und dadurch ein Kontakt geschlossen und dadurch ein elektrischer Strom zu dem das Speiseventil des Kessels öffnenden Hubmagneten geleitet. Gleichzeitig leuchtet eine am Heizerstande angebrachte Signallaterne auf. In der Regel wird auch der elektrische Strom zu einem zweiten Hubmagneten geführt, der ein an der Speisepumpe sitzendes Dampfabsperrentil öffnet, so daß die Pumpe dann nur läuft, wenn gespeist werden muß. Sobald nun der Wasserstand steigt, wird durch Heben des Eisenkerns der Strom der Hubmagnete wieder ausgeschaltet, die Ventile schließen, und die Signallampe erlischt wieder.

Auf Wunsch wird der Regler mit einer Alarmglocke ausgestattet, welche in Tätigkeit tritt:

1. wenn der Wasserstand trotz eingeschalteter Speisung weiter sinkt,
2. falls eine Überspeisung erfolgt,
3. wenn durch einen Fehler in der Lichtleitung die Stromzuführung nach dem Regler unterbrochen wird.

Die Firma Emil Hannemann, G. m. b. H. in Frohnau bei

Berlin hat mit großem Erfolg verschiedene Konstruktionen von Wasserstandsreglern ausgeführt und vertrieben, von denen hier nur zwei neuere Ausführungen beschrieben werden sollen.

Bei dem in Fig. 138 dargestellten Apparat wird bei normalem Wasserstand ein in der Speiseleitung sitzendes Ventil *V* durch das Gewicht einer mit Wasser gefüllten Hohlkugel aus Schmiedeeisen geschlossen gehalten. Sinkt der Wasserspiegel aber im Kessel unter den normalen

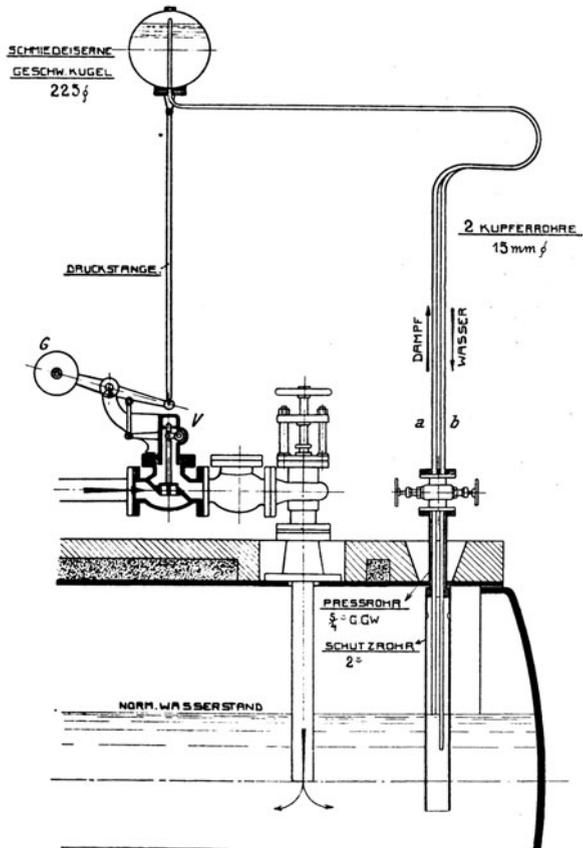


Fig. 138.

Stand, so tritt durch das kleine Kupferrohr *a* Dampf in den oberen Teil der Hohlkugel, während zugleich das Wasser aus der Kugel durch das Kupferrohr *b* abfließt. Dadurch kann dann das Gegengewicht *G* das Ventil *V* öffnen, und die Speisung des Kessels beginnt. Beim Steigen des Wassers schließt sich die untere Öffnung des Rohres *a* wieder, und der

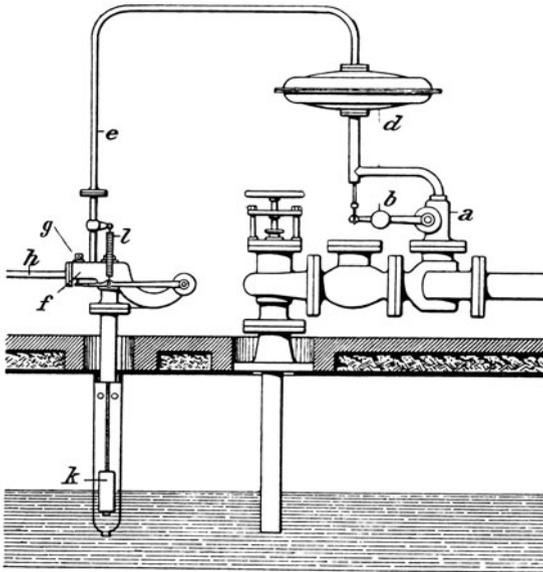


Fig. 130.

in der Hohlkugel kondensierende Dampf saugt wieder Wasser in die Kugel, und das Ventil wird geschlossen. Die neueste Konstruktion der Firma ist ein pneumatischer Wasserstandsregler, der in Fig. 139 dargestellt ist. Die Betätigung des Reglers erfolgt durch einen Schwimmer unter Zuhilfenahme des Schornsteinzuges. Das Speiseventil *a* trägt an einem, aus starkem Rohr gebildeten Arme das leichte, aus Aluminium gepreßte Membranengehäuse *d*. Dieses ist unten offen und oben durch ein Rohr *e* an das Luftventil *f*, welches noch mit dem Lufteintritt *g* und dem zum Schornstein führenden Luftabzug *h* versehen ist, angeschlossen. Der Kegel *i* wird durch einen Schwimmer *k* gesteuert. Bei tiefem Wasserstand des Kessels sind auch der Schwimmer *k* und der Ventilkegel *i* in ihrer tiefsten Lage; dann ist die Leitung *h* abgesperrt und der Lufteintritt *g* offen. In diesem Falle ist der Luftdruck zu beiden Seiten der aus mit Paragummi gedichteter Leinwand bestehenden Membrane in *d* ausgeglichen, diese nimmt ihre tiefste Stellung ein, und der belastete Hebel *b* hält das doppelseitige Speiseventil geöffnet. Steigt der Wasserstand dann um etwa 5 mm,

so wird der Ventilkegel *i* angehoben, er schließt den Luftertritt ab und schaltet den Schornsteinzug voll auf die obere Membranenseite ein, dadurch wird die Membrane hochgesaugt und das Speiseventil geschlossen. Je nach der Höhe des Wasserspiegels im Kessel, innerhalb der genannten 5 mm, stellt der Schwimmer das Luftventil so ein, daß die Membrane mehr oder weniger stark unter die Saugwirkung des Schornsteins gelangt und dadurch das Speiseventil mehr oder weniger geschlossen wird. Eigenartig ist die Lagerung der Drehspindel *m* am Luftventil *f*. Diese Spindel ist nicht in Metall gelagert, sondern ruht in zwei Gummimanschetten, die an dem kühlen mit reinem Kondenswasser angefüllten langen Arme des aus Stahlguß hergestellten Ventilgehäuses angebracht sind. Der Schwimmer braucht zur Betätigung des Luftventils nur einen Hub von 2 mm, dabei wird die verschwindend geringe Drehbewegung der Spindel *m* durch die Elastizität der Manschetten ohne Reibung aufgenommen.

Das Ausschalten eines einzelnen Apparates erfolgt durch Aushängen des Hebels *b*. Sollen alle Apparate einer größeren Kesselgruppe ausgeschaltet werden, so wird ein in der Hauptluftleitung zum Schornstein eingebauter Dreiwegehahn umgestellt.

Ein von der Firma Schäffer & Budenberg in Buckau - Magdeburg gebauter Wasserstandsregler, System Garbe, ist in Fig. 140 und 141 dargestellt. Er besteht im wesentlichen aus einem mit dem Kessel in Verbindung stehenden Behälter *A*, in dem der Wasserstand mit dem Stande im Kessel auf gleicher Höhe liegt, ferner aus dem doppelwandigen Expansionsrohr *B* und dem darüber angeordneten und mit dem Körper *A*

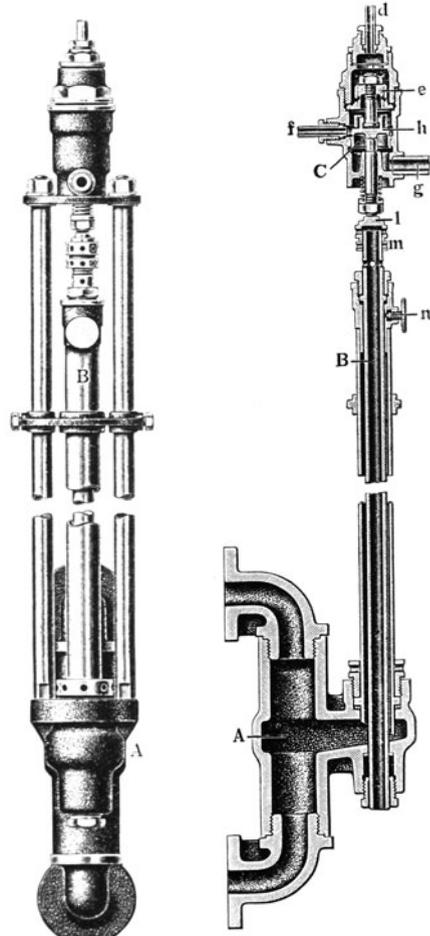


Fig. 140.

durch zwei stangenartige Stützen verbundenen Steuerventil *C*. Dieses ist in 3 Räume geteilt, die durch Kolbenschieber *e* und Ventil *h* voneinander getrennt sind. Durch die Rohrleitung *d* tritt vom Kessel her Dampf in den Apparat und bei normalem Wasserstande durch Kolbenschieber *e* und Leitung *f* zu den in Fig. 141 angegebenen Membranventilen *i* in der Dampfleitung der Pumpe und *k* in der Speiseleitung des Kessels, beide Ventile geschlossen haltend. Sinkt nun der Wasserspiegel im Kessel und im Behälter *A*, so fließt das Wasser aus dem ringförmigen Hohlraum *B*,

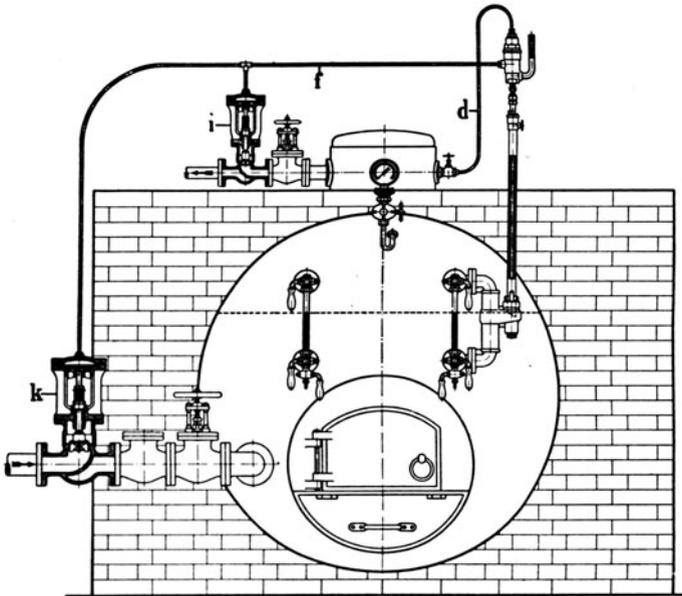


Fig. 141.

und Dampf tritt hinein. Dadurch dehnt sich das innere Rohr aus, stößt das Ventil *h* auf und schließt Kolbenschieber *e*, so daß der Dampf von den Membranventilen durch Rohrleitung *f*, Ventil *h* und Auspuffleitung *g* in das Freie austritt. Dadurch hört der Druck auf die Membranen auf, und die Ventile *i* und *k* öffnen sich. Das Wasser steigt im Kessel, das äußere Rohr des Körpers *B* schließt sich wieder, der Dampf darin kondensiert sehr schnell, der Hohlraum füllt sich mit Wasser, das innere Rohr kühlt sich ab, und im Körper *C* stellt sich der ursprüngliche Zustand wieder her. Ein besonderer Vorteil des Apparates besteht darin, daß beim Schluß des Speiseventils auch die Speisepumpe zum Stillstand gebracht wird.

## 29. Anbringung der feinen Armaturen.

Die Anbringung der Armaturen am Kessel erfolgt in der Regel durch Stützen aus Gußeisen, Schmiedeeisen oder Stahl, die an den Kessel angenietet werden. Wird

Gußeisen oder Stahlguß als Material genommen, so legt man zwischen das Kesselblech und den aufzunietenden Flansch des Stützens ein 3 bis 5 mm starkes Blech aus weichem Schmiedeeisen, eventuell ein dünneres Kupferblech, das nach dem Nieten verstemmt

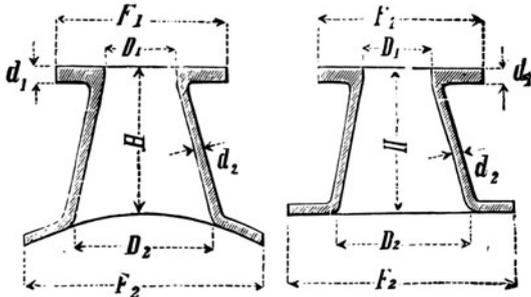


Fig. 142.

wird. Die aufzunietenden Flanschen müssen bei Gußeisen sehr kräftig sein, meistens 30 ÷ 35 mm stark. Auch die sonstigen Flanschen und die Wände werden kräftig genommen und außerdem noch durch Rippen versteift. Bei Anwendung von Schmiedeeisen ist eine Zwischenlage aus Blech nicht erforderlich, da man dann die Flanschen selbst verstemmen kann.

Die Niete können nicht mit der Nietmaschine genietet werden und dürfen daher allerhöchstens 26 mm stark sein, häufig werden Niete von 23 mm Stärke angewandt. Bei den Krümmern ist man in der Regel gezwungen, den Schließkopf im Innern enger Kesselteile, wie z. B. der Dome, fertig zu schlagen. Man kann sich dann nur der Handhämmer bedienen und verwendet daher am besten fast ganz versenkte Schließköpfe.

Die Stützen zur Aufnahme von Sicherheits- und von Absperrventilen werden in der Regel an Domen, sonst auch auf den höchsten Stellen der Kesselmäntelangebracht. Derartige gußeiserne Stützen zeigen die Fig. 1 und 2, Tafel 41. Auf derselben Tafel zeigt Fig. 3 einen schmiedeeisernen geraden Stützen. Der-

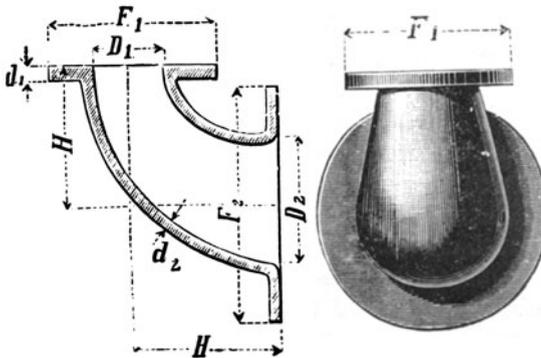


Fig. 143.

artige schmiedeeiserne gerade und auch Bogenstützen werden von der Dampfkessel- und Maschinenbau-Anstalt A. Leinveber & Co. in Gleiwitz

(Oberschlesien) in den in folgender Tabelle angegebenen Abmessungen geliefert. (Hierzu Fig. 142 und 143.)

D <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	H	d <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	Ge- wicht ca. kg	Preis pro Stück Mk.
				Millimeter				
25	110	15	125	10	76	210	4,5	15,50
30	120	15	130	10	84	220	5	14,25
35	130	15	135	10	91	230	6	15,—
40	140	15	140	10	98	240	7	15,80
45	150	15	145	10	105	250	8	16,75
50	160	16	150	11	112	260	9	17,85
55	170	16	155	11	119	270	10	18,90
60	175	17	160	11	126	275	11	19,60
65	180	17	165	11	133	280	12	20,50
70	185	18	170	11	140	285	13	21,50
80	200	19	180	12	146	300	16	23,30
90	215	19	190	12	152	315	17	24,85
100	230	20	200	12	165	330	18	26,50
110	245	20	210	12	178	345	20	28,30
120	260	20	220	12	191	360	22	30,40
130	275	21	230	13	204	375	24,5	32,50
140	285	21	240	13	218	385	27	34,60
150	290	22	250	13	231	390	30	36,75
175	320	22	275	13	235	420	37	45,75
200	350	24	300	13	260	450	45	50,—
225	370	24	325	13	290	470	52	55,75
250	400	25	350	13	320	500	62	62,50
275	425	25	375	13	350	525	74	68,75
300	450	25	400	13	380	550	85	75,—

Bogen-Stützen kosten das Doppelte der geraden Stützen.

Ein Stahlgußkrümmer ist auf Tafel 42 in Fig. 2 dargestellt.

Die Zuführung des Speisewassers soll so geschehen, daß das nicht vorgewärmte Wasser die heißen Kesselwände nicht trifft, sondern womöglich 300 mm davon entfernt in den Kessel strömt.

Auf Tafel 41 ist in Fig. 4 ein gußeiserner und in Fig. 5 ein schmiedeeiserner Speisestutzen dargestellt, wie sie auf dem Mantel liegender Kessel angebracht werden. Stutzen nach Fig. 5 können auch an der vorderen Stirnwand eines Kessels angebracht werden. Die Fig. 6<sup>1)</sup> und 7<sup>2)</sup>, Tafel 40, und Fig. 7<sup>3)</sup>, Tafel 41, zeigen an Kesselböden angebrachte schmiedeeiserne Speisestutzen. Die hier dargestellten Speiserohre werden meistens in Schmiedeeisen ausgeführt, können aber auch in Kupfer hergestellt werden. Auf Tafel 42 ist in Fig. 4<sup>3)</sup> ein schmiedeeiserner, vorn am Kessel anzubringender Speisestutzen dargestellt.

Als Ablaßstutzen werden gewöhnlich kurze, gedrungene Stutzen

<sup>1)</sup> Rather Dampfkesselfabrik vorm. M. Gehre, Rath bei Düsseldorf.

<sup>2)</sup> Gewerkschaft Orange in Bulmke bei Gelsenkirchen.

<sup>3)</sup> Jacques Piedboeuf, Düsseldorf und Aachen.

aus Gußeisen (Tafel 41, Fig. 10)<sup>1)</sup> oder bei hoher Dampfspannung aus Schmiedeeisen (Tafel 42, Fig. 3)<sup>2)</sup> oder Stahlguß (Tafel 42, Fig. 11)<sup>1)</sup> unter den Kessel genietet. Die Stützen haben seitlich Vertiefungen mit Schlitz, in die man  $\frac{1}{2}$ - oder  $\frac{3}{4}$ -zöllige Schrauben mit viereckigen, hammerförmigen oder runden Köpfen einlegt zum Anschrauben von gußeisernen (Tafel 41, Fig. 10), schmiedeeisernen oder kupfernen (Tafel 41, Fig. 11) Krümmern.

Stützen zur Anbringung von Wasserstandsapparaten werden selten in Gußeisen, meistens in Schmiedeeisen (Tafel 41, Fig. 6<sup>2)</sup>, Fig. 8 und 9, Tafel 42, Fig. 1, 5 und 6<sup>1)</sup>) ausgeführt. Das Manometer kann man an einem Gasrohre anbringen und letzteres entweder direkt in den gußeisernen Körper für einen doppelten Wasserstandsapparat, oder in den ebenen Kesselboden einschrauben und in beiden Fällen mit Gegenmutter versehen, oder man kann auch das Gasrohr mit Flansch an einem engen geraden Stützen anbringen, der ebenso wie ein Wasserstandsstützen am Kessel befestigt wird.

---

<sup>1)</sup> K. u. Th. Möller, Brackwede.

<sup>2)</sup> Jacques Piedboeuf, Düsseldorf und Aachen.

## V. Abschnitt.

# Kesselzubehörteile, Wartung der Kessel, gesetzliche Bestimmungen, Tabellen.

### 30. Speisevorrichtungen.

**Speisegefäße.** Diese, über dem Kessel angebracht, sind wenig angewandt. Der bekannteste Apparat dieser Art ist derjenige von Cohnfeld, der den Kessel zwar selbsttätig speist, der aber ziemlich kompliziert und wenig verbreitet ist.

**Handpumpen.** Die Handpumpen sind nur zulässig, wenn das Produkt aus der Heizfläche in Quadratmeter und der Dampfspannung in Atmosphärenüberdruck die Zahl 120 nicht übersteigt.

**Maschinenpumpen.** Diese werden häufig bei kleineren und mittleren Kesselanlagen angewandt, sie werden meistens durch Exzenter von der Kurbelwelle der Dampfmaschine, seltener von der Transmission angetrieben.

**Dampfpumpen.** Sie werden bei mittleren und größeren Kesselanlagen angewandt und haben den großen Vorteil, daß sie von der Dampfmaschine ganz unabhängig sind. Dampfpumpen können auch bei Feuergefahr als Dampfspritzen benutzt werden.

**Dampfstrahlpumpen oder Injektoren.** Diese gehören zu den bequemsten und bei der heutigen Ausführung auch zu den zuverlässigsten Speisevorrichtungen und werden sehr viel angewandt. Die Wirkungsweise eines Injektors ist etwa folgende: Der Triebdampf kommt durch die Leitung *a* (Tafel 40, Fig. 4), gelangt durch die verstellbare Düse *b* in die Düse *c*, die sogenannte Mischdüse. Hier erzeugt der aus *b* mit großer Geschwindigkeit austretende Dampfstrahl eine gewisse Luftverdünnung, durch die Wasser aus der Saugleitung *d* angesaugt wird. Das angesaugte Wasser wirkt nun kondensierend auf den Dampf, wodurch die Luftlere noch vergrößert wird. Es bildet sich bald ein Wasserstrahl, der mit großer Geschwindigkeit die Düse *c* verläßt und von der Fangdüse *e* aufgenommen wird. In dieser sich allmählich erweiternden Düse wird nun die Geschwindigkeit des Strahles entsprechend der Vergrößerung des Querschnitts immer geringer, dagegen der Druck größer, und schließlich ist der Strahl imstande, das bei *f* angebrachte Rückschlagventil zu öffnen und in den Kessel einzutreten. Zwischen den Düsen *c* und *e* ist eine

Unterbrechung der Strahlleitung vorhanden, durch die beim Anlassen überschüssiger Dampf und Wasser austreten und durch das sogenannte Schlabbventil *g* in eine Abflußleitung gelangen können.

Beim Ansaugen wird weniger Dampf gebraucht als nachher, wenn der Injektor im Gange ist, es muß deshalb der Dampfzutritt an der Düse *b* geregelt werden können.

Ein besonderer Injektor, der zuverlässig arbeitet, ist der Universalinjektor von Gebr. Körting in Körtingsdorf bei Hannover (Fig. 144).

Durch eine geringe Bewegung des Handhebels wird zuerst das kleine Dampfventil *V* etwas gehoben, dadurch das Wasser angesogen und anfangs durch den Kanal *M* in das Freie getrieben; durch weitere Fortbewegung des Hebels schließt der Hahn *E* diesen Kanal ab, so daß das Wasser in das Düsensystem *F*<sub>1</sub> unter Druck eintritt und nun durch den Kanal *M*<sub>1</sub> noch so lange in das Freie ausfließt, bis das große Dampfventil *V*<sub>1</sub> ganz geöffnet ist und gleichzeitig der Hahn *E* den Kanal *M*<sub>1</sub> abgeschlossen hat, worauf das Wasser durch das Speiseventil *G* in den Kessel getrieben wird.

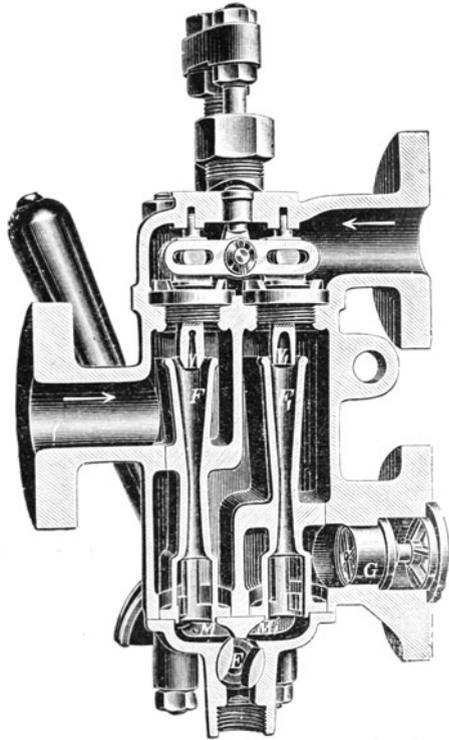


Fig. 144.

Der ganze Vorgang vollzieht sich aber so schnell, daß es nur nötig ist, den Hebel langsam von einer Seite zur anderen zu bewegen.

Ein anderer, neuerdings sehr viel angewandter Injektor ist der Re-starting-Injektor von Schäffer & Budenberg in Buckau-Magdeburg, der in Tafel 40, Fig. 5 dargestellt ist.

Durch den Handhebel wird mittels eines exzentrischen Zapfens das Dampfventil *a* geöffnet und zugleich die Regulierspitze *b* verstellt. Das Eigentümliche dieses Injektors ist jedoch, daß die Mischdüse mit einer Klappe *c* versehen ist. Wird durch irgend einen Zufall Luft mitgesaugt, so schnappt jeder Injektor ab. Der Injektor braucht in diesem Falle jedoch nicht von neuem angestellt zu werden. Da beim Ansaugen weniger Dampf gebraucht wird, die Dampfzuströmung aber dieselbe bleibt, so

muß der überflüssige Dampf fortkönnen. Das kann er, da beim Abschnappen die Klappe *c* der Mischdüse abgeklappt ist und dem überschüssigen Dampfe freien Abzug zum Schlabberventil läßt. Sobald aber der Injektor wieder saugt, wird die Klappe wieder angesogen und der Injektor arbeitet richtig weiter. Man kann sogar die Saugleitung aus dem Wasser heben; sobald man die Leitung wieder unter Wasser hält, arbeitet der Injektor weiter.

Bei Anbringung der Injektoren sind folgende Regeln zu beachten: Der Dampf soll dem Injektor durch eine besondere Leitung zugeführt und dem Kessel möglichst trocken entnommen werden. Alle Rohranschlüsse sollen genügend weit und niemals enger als die Ansätze des Injektors sein. Das Saugrohr soll absolut dicht sein und ist am Ende mit einem weiten, mit Sieb versehenen Saugkorbe auszurüsten. Die Druckrohrleitung sei kurz und ohne scharfe Krümmungen. Die Saughöhe sei nie höher als 6 m. Die Temperatur des Speisewassers betrage nicht über 50° C.

Die Größe der Speisevorrichtungen ist so zu bemessen, daß sie imstande sind, mindestens die doppelte Wassermenge zu fördern, die die Kesselanlage bei flottem Betriebe gebraucht.

Vorteilhaft ist die Anwendung von Speiseregeln, die selbsttätig die Speisevorrichtung in Betrieb setzen, sowie der Wasserspiegel im Kessel unter eine bestimmte Höhe zu sinken beginnt. Näheres über solche Speiseregler oder Wasserstandsregler findet sich auf Seite 199—204.

### 31. Vorwärmer.

Die Vorwärmung des Speisewassers ist sehr vorteilhaft. Erstens kann man dadurch oft sonst einfach verloren gehende Wärme dem Kessel noch zuführen und dadurch manchmal wesentlich an Kohle sparen, zweitens wird der Kessel durch Anwendung vorgewärmten Wassers sehr geschont, da weniger leicht Temperaturdifferenzen und Nebenspannungen auftreten, auch der Kessel weniger leicht im Innern verrostet.

Das Speisewasser kann erwärmt werden:

1. durch Heizgase (Abgase),
2. durch Dampf (Frischdampf und Abdampf).

**Vorwärmer, die durch Abgase geheizt werden.** Hierhin gehören die sogenannten Economiser, von denen der bekannteste und verbreitetste der nach seinem Erfinder genannte Greensche Economiser ist (Fig. 145—147). Derselbe besteht im wesentlichen aus einer Anzahl gußeiserner Rohre von 115 mm äußerem Durchmesser, welche oben und unten in querliegende gußeiserne Kästen, Metall auf Metall dichtend, hydraulisch eingepreßt sind. In den Oberkästen befinden sich über jedem Rohre, ähnlich wie in den Kammern der Wasserrohrkessel, Innenverschlüsse, mittels welcher die Rohre innen gereinigt werden können. Zur äußeren Reinigung von dem sich ablagernden Ruß, wodurch sonst

die Wärmeübertragung ganz erheblich verschlechtert würde, sind alle Rohre von scharfkantigen Kratzern umgeben, welche durch einen automatisch arbeitenden Mechanismus langsam auf und ab bewegt werden und so die Rohre reinhalten. Das Wasser wird entweder auf der Seite des Gasaustritts in den Economiser geführt und steigt in sämtlichen Rohren langsam von unten nach oben, um auf der Seite des Gaseintritts den Economiser zu verlassen, oder es zirkuliert im Gegenstrom mit den Gasen nacheinander durch die einzelnen Rohrreihen. Die erstere An-

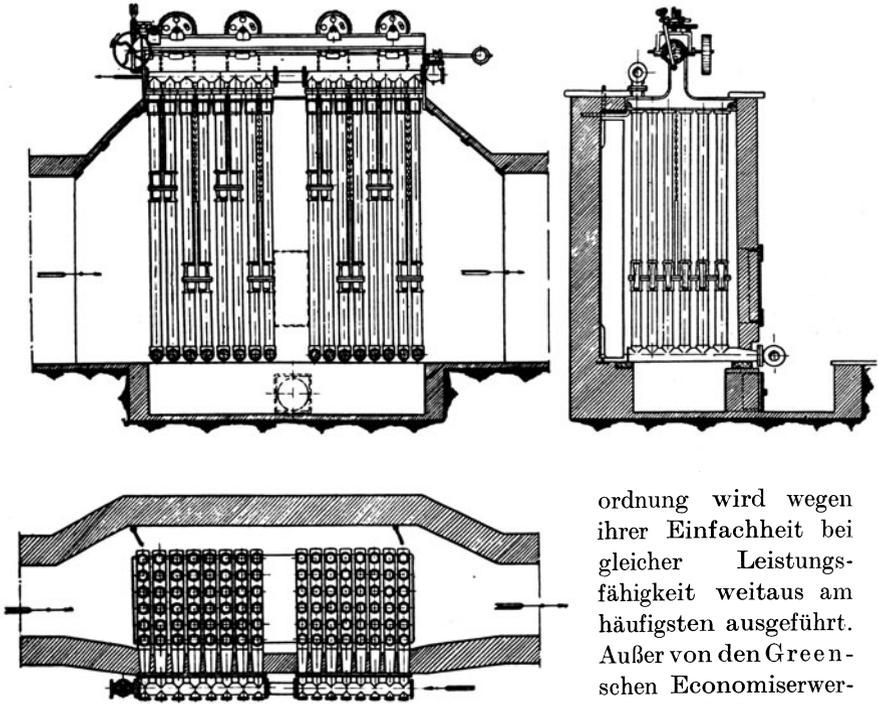


Fig. 145 bis 147.

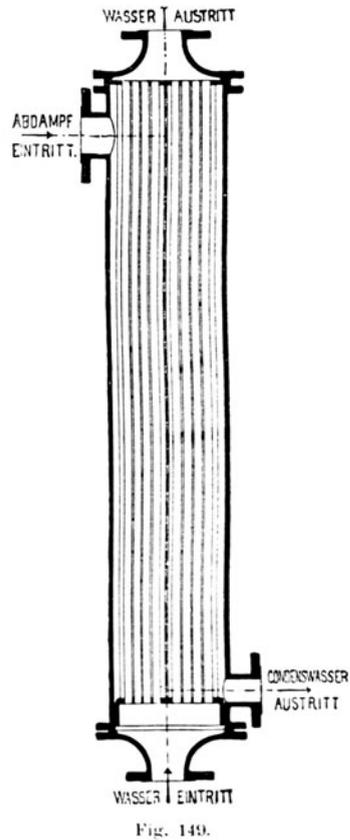
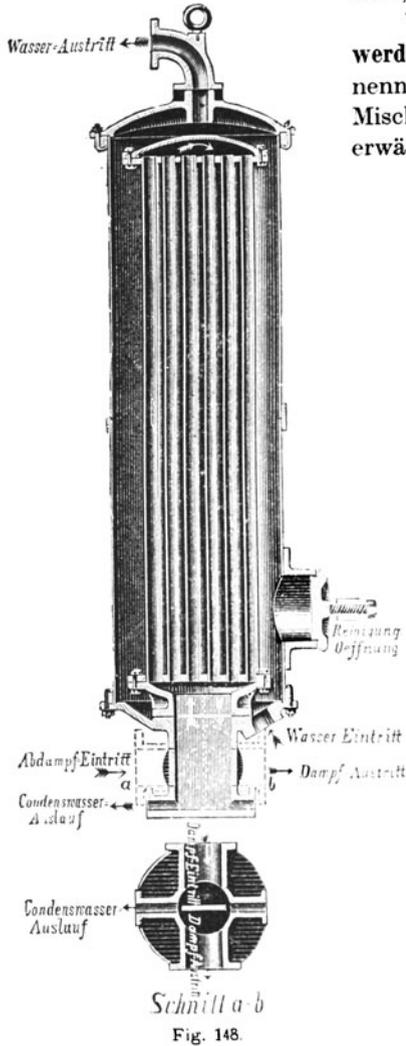
ordnung wird wegen ihrer Einfachheit bei gleicher Leistungsfähigkeit weitaus am häufigsten ausgeführt. Außer von den Green-schen Economiserwerken in Köln werden Economiser in ganz

ähnlicher Ausführung von den Deutschen Economiserwerken in Düsseldorf, von L. & C. Steinmüller in Gummersbach und anderen Firmen gebaut.

Schmiedeeiserne Economiser haben sich im allgemeinen nicht so gut bewährt, sie rosten leicht und können nicht mit Schabern versehen werden, da die Rohre leicht krumm werden. Man muß bei ihnen daher die Rohre abblasen und verwendet sie jetzt fast nur noch im Zusammenhang mit Steilrohrkesseln, wie das schon bei den Steilrohrkesseln von der Sächsischen Maschinenfabrik, von L. & C. Steinmüller und Jacques Piedboeuf erwähnt wurde. Aber auch hier haben sie schon zu Schwierig-

keiten geführt und sind auch hier nur zu empfehlen, wenn das Wasser schon mit einer höheren Temperatur hineinkommt und wenn dasselbe sehr rein, am besten Turbinenkondensat ist.

**Vorwärmer, die durch Dampf geheizt werden.** Hier ist zunächst der Injektor zu nennen, in dem das Speisewasser durch Mischen mit Frischdampf um 30 bis 60° erwärmt wird.



Durch Abdampf werden die Plattenvorwärmer von Klein, Schanzlin & Becker in Frankenthal und die Röhrenvorwärmer geheizt, die von den verschiedensten Firmen in ähnlicher Weise gebaut werden. Den Röhren gibt man gewöhnlich einen äußeren Durchmesser von 38 bis 70 mm. Fig. 148 stellt einen Röhrenvorwärmer von A. L. G. Dehne in Halle a. S.

dar. Der Abdampf strömt durch die Hälfte der Rohre nach oben, durch die andere Hälfte nach unten. Das Wasser tritt unten ein, umgibt die Rohre und strömt oben erwärmt aus. Der Apparat kann zum Reinigen leicht auseinander genommen werden.

Auf Tafel 42 ist in Fig. 7 ein Vorwärmer dargestellt, wie er von der Firma Jacques Piedboeuf, Aachen und Düsseldorf, gebaut wird. Hier strömt das Wasser durch und der Dampf um die Rohre.

Fig. 149 zeigt einen Vorwärmer der Maschinenfabrik F. Mattick in Pulsnitz in Sachsen, Fig. 150 seine Anordnung in der Rohrleitung. Hier geht das Wasser durch die senkrechten Metallrohre, die unten in einer kolbenartig ausgebildeten Platte befestigt sind, so daß das ganze Röhrenbündel sich beliebig ausdehnen kann. Der Vorwärmer saugt sich den zur Erwärmung erforderlichen Dampf selbst an (vgl. Fig. 150), überflüssiger Dampf geht am Vorwärmer vorbei. Geht kein Speisewasser durch den Vorwärmer, so geht aller Dampf an ihm vorbei.

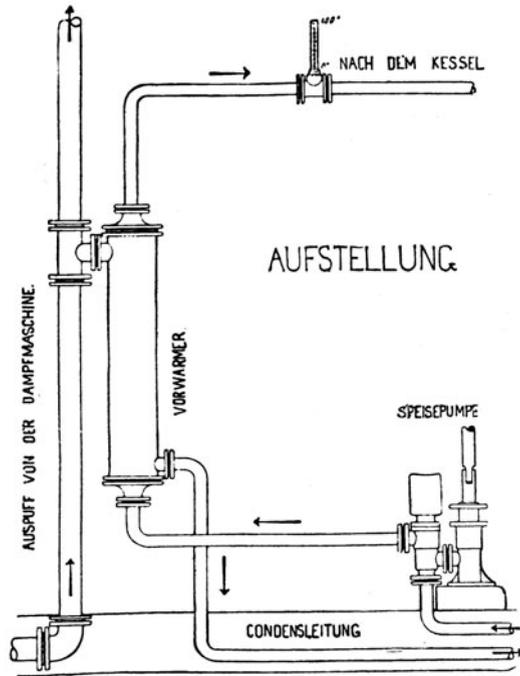


Fig. 150.

### Größe der Heizfläche der Vorwärmer.

a) Vorwärmer, die durch Abgase geheizt werden.

Ist:  $t_2$  die Temperatur der Heizgase beim Verlassen des Kessels und am Anfange der Vorwärmerheizfläche;

$t_3$  die Temperatur der Heizgase am Ende der Vorwärmerheizfläche;

$t_0$  die Temperatur des nicht vorgewärmten Speisewassers;

$t'_0$  die Temperatur des vorgewärmten Speisewassers;

$D$  die stündlich erforderliche Speisewassermenge in kg;

$H_v$  die Heizfläche des Vorwärmers in qm;

$k_v$  die Wärmemenge, die durch 1 qm Vorwärmerheizfläche in einer Stunde bei 1 Grad Temperaturdifferenz hindurchgeht, so

ist die mittlere Temperaturdifferenz zwischen Wasser und Heizgasen:

$$\Delta = \frac{t_2 + t_3}{2} - \frac{t_0 + t'_0}{2}.$$

Zur Erwärmung der  $D$  kg Wasser sind nun:

$$D(t'_0 - t_0)$$

Wärmeeinheiten erforderlich; durch die Heizfläche  $H_v$  geht in einer Stunde die Wärmemenge:

$$H_v \cdot k_v \cdot \Delta.$$

Daher muß sein:

$$H_v \cdot k_v \cdot \Delta = D(t'_0 - t_0)$$

und

$$H_v = \frac{D(t'_0 - t_0)}{k_v \cdot \Delta}.$$

Der Wärmekoeffizient  $k_v$  ist verschieden und abhängig von der Gasmenge, die pro 1 qm Heizfläche und Stunde durch den Vorwärmer strömt. Für gewöhnlich kann man rechnen:

$$k_v = 10 \text{ bis } 14,$$

doch hat man Werte von  $k_v$  bis 22 gemessen.

Man kann annehmen, daß einer Wassererwärmung um  $1^\circ \text{C}$  eine Gasabkühlung von etwa  $2,5^\circ \text{C}$  entspricht.

Beispiel. Eine Speisewassermenge von  $D = 1000$  kg in einer Stunde mit einer Temperatur von  $t_0 = 12^\circ$  soll durch einen Economiser mit selbsttätigen Schabern erwärmt werden, während die Temperatur der Heizgase von  $t_2 = 350^\circ$  auf  $t_3 = 200^\circ$  heruntergeht.

Der Temperaturabfall der Gase soll  $t_2 - t_3 = 350 - 200 = 150^\circ$  betragen, dem entspricht eine Temperaturzunahme des Wassers  $\frac{150}{2,5} = 60^\circ$ .

Die Temperatur des Wassers steigt also auf  $12 + 60 = 72^\circ$ .

Es ergibt sich nun weiter:

$$\Delta = \frac{350 + 200}{2} - \frac{12 + 72}{2} = 233^\circ.$$

Die erforderliche Heizfläche des Vorwärmers ist bei Annahme von  $k_v = 12$ :

$$H_v = \frac{1000(72 - 12)}{12 \cdot 233} = 21,5 = \sim 22 \text{ qm.}$$

b) Vorwärmer, die durch den Abdampf erwärmt werden.

Der Wasserraum soll nach den Oberingenieuren Vogt und Nolte<sup>1)</sup> bei den Vorwärmern, deren Röhren vom Dampfe durchströmt werden,

<sup>1)</sup> Zeitschrift des Verbandes der Dampfkessel-Überwachungs-Vereine. Jahrgang 1890 u. 1891.

so groß sein, daß das Wasser 12 bis 15 Minuten im Vorwärmer bleibt. Der lichte Querschnitt aller Röhren soll mindestens etwa das Zweifache des Querschnittes der Abdampfleitung, die gesamte Oberfläche der Röhren das 0,08fache der Heizfläche des zugehörigen Kessels betragen.

Wenn jedoch das Wasser durch die Röhren fließt, so nimmt man besser die Hälfte der oben angegebenen Zeit, dafür aber die doppelte Rohroberfläche wie oben.

Beispiel. Der in 39. berechnete Einflammrohrkessel von 36 qm Heizfläche soll mit einem Vorwärmer versehen werden, der durch Abdampf geheizt und bei dem der Dampf durch die Röhren geht. Es werde durch den Dampf des Kessels eine 25 pferdige Dampfmaschine getrieben, deren Abdampfleitung einen Durchmesser von 90 mm hat. Die Hauptabmessungen des Vorwärmers sind zu bestimmen:

Es ergibt sich die Heizfläche des Vorwärmers zu:

$$0,08 \cdot 36 = 2,88 \text{ qm} = \sim \underline{2,9 \text{ qm.}}$$

Nimmt man 12 Rohre, deren äußerer Durchmesser 54 mm und deren innerer Durchmesser 49 mm beträgt, so ist der lichte Gesamtquerschnitt der Rohre:

$$\frac{12 \cdot 0,049^2 \pi}{4} = 0,0226 \text{ qm,}$$

also ist dieser Querschnitt das

$$\frac{0,0266}{0,09^2 \frac{\pi}{4}} = 3,55 \text{ fache}$$

des Querschnittes des Abdampfrohres von 90 mm lichter Weite.

Die Länge der Rohre ergibt sich zu:

$$\frac{2,9}{12 \cdot 0,049 \cdot \pi} = 1,57 \text{ m} = \sim \underline{1600 \text{ mm.}}$$

### 32. Überhitzer.<sup>1)</sup>

#### Allgemeines.

Als Baustoff für Überhitzer kommt nur in Betracht:

1. gegossenes Eisen (Gußeisen, Stahlguß),
2. schmiedbares Eisen (Flußeisen, Stahl, ganz selten Nickelstahl).

Beide Materialien sind brauchbar, doch hängt bei Gußeisen die Brauchbarkeit sehr von der Zusammensetzung ab, die im allgemeinen

<sup>1)</sup> Genaueres über Überhitzer findet man in den Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Vereine deutscher Ingenieure, Heft 14 bis 16 „Berner: Die Erzeugung des überhitzten Wasserdampfes“.

nicht bekannt ist. Jedenfalls ist nur stark schmiedeeisenhaltiges Gußeisen zu gebrauchen. Nur sehr wenige Firmen haben bisher brauchbare Gußeisenüberhitzer geliefert.

Am verbreitetsten sind die gußeisernen Überhitzer von E. Schwoerer in Kolmar i. E. Die Überhitzrohre (Fig. 151) von 190 mm lichtem Durchmesser sind mit äußeren Querrippen, die die Wärme den Heizgasen entziehen sollen, und mit inneren Längsrippen, die den Dampfstrom vielfach zerteilen und dadurch eine energische, gleichmäßige Übertragung der Wärme auf den Dampf bewirken, versehen.

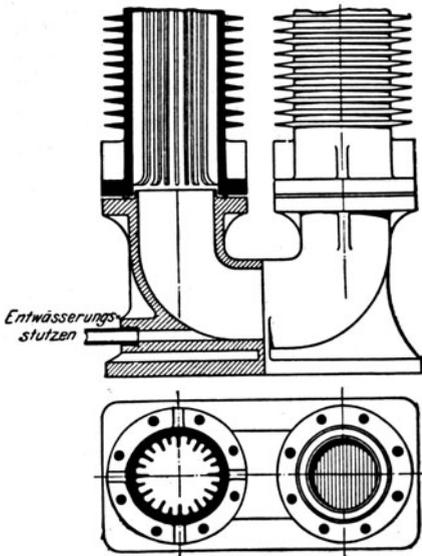


Fig. 151.

Die große Eisenmasse der Rohre bewirkt eine gewisse Aufspeicherung der Wärme und eine Regulierung der Temperatur des überhitzten Dampfes.

Die Flanschdichtung geschieht mittels eines rautenförmigen Spezialringes, der in eine besondere, feuerfeste Kittmasse gesetzt wird.

Diese Überhitzer lassen sich bei allen Kesselsystemen anwenden.

Zur Reinigung der Rohre von Asche genügt in der Regel ein wöchentlich einmal erfolgendes Abblasen mittels eines Dampfstrahles.

Ein anderer gußeiserner Überhitzer wird von der Maschinenfabrik Gebr. Böhmer in Magdeburg-Neustadt gebaut (Tafel 42, Fig. 10, 11 und 12).

Dieser Überhitzer wird aus gußeisernen, außen gerippten Doppelheizrohren gebildet, von denen jedes nur eine Flanschenverbindung hat und sich infolgedessen nach der anderen Seite frei ausdehnen kann. Sämtliche Doppelheizrohre, deren Material aus einer besonders geeigneten Gattung von Holzkohlensorten besteht, sind an einem Ende durch ein eigenartig konstruiertes Rohr miteinander verbunden, so daß der zu überhitzende Dampf sämtliche Doppelheizrohre nacheinander durchströmt. Die Überhitzerrohre werden liegend und stehend angeordnet.

Eigenartig ist die angewandte, auf Tafel 42, in Fig. 11 und 12 dargestellte Flanschdichtung. Die Zeichnung zeigt die Dichtung vor dem Anziehen (Fig. 11) und nach dem Anziehen (Fig. 12) der Flanschschrauben. Es sind einige Drahtseleinlagen gemacht, die von feuerfestem Kitt

eingehüllt werden. Im Innern des Rohres liegt ein elastischer schmiedeeiserner Ring, der sich beim Anziehen der Schrauben zusammendrückt und dessen nach außen liegende, scharfe Kante sich keilartig in den dahinter liegenden Draht-ring preßt.

Für schmiedeeiserne Überhitzer verwendet man nur bei solchen, in denen alle Rohre hintereinander durchflossen werden, größere Rohre bis etwa 108 mm äußerem Durchmesser. Die meisten Überhitzer werden aus Rohren von 30 bis 45 mm äußerem Durchmesser und Wandstärken nicht unter 3 mm, gewöhnlich 4 bis 5 mm gebildet. Bei kleineren Rohren wird der Dampf besser erwärmt, und man kann in gegebenem Raume mehr Rohre unterbringen als bei großen Rohren.

Es können nun entweder alle Rohre hintereinander geschaltet werden, was nur bei Kesselanlagen bis höchstens 50 qm Heizfläche zu empfehlen ist, oder es wird ein Teil der Rohre parallel geschaltet. Letztere Schaltung ist am gebräuchlichsten, bei der ersteren bekommt man leicht unvorteilhaft große Rohrdurchmesser.

Bezüglich der Form der Überhitzerrohre unterscheidet man Flachrohre, deren Windungen in der gleichen Ebene liegen und Spiralrohre, deren Windungen in verschiedenen Ebenen liegen.

Die Flachrohre kann man wieder einteilen in solche mit

1. geraden Rohren,
2. U-förmigen Rohren (Tafel 28, Textfigur 165—170),
3. schlangenförmigen Rohren (Tafel 15, 17, 19, 24, 25, 29, 30 u. 31).

Die geradlinigen Rohre verlangen die meisten Verbindungen mit den

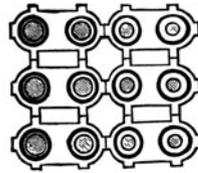


Fig. 154.

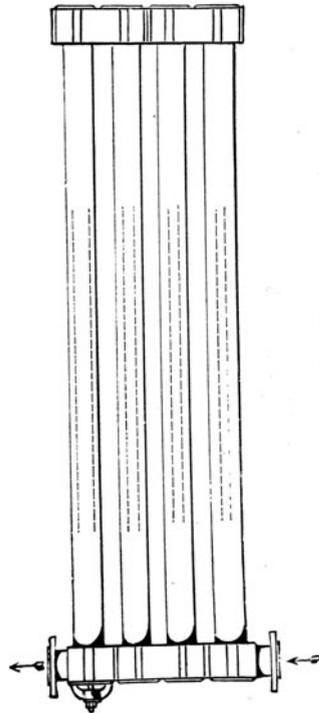


Fig. 153.

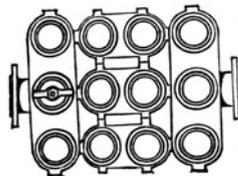


Fig. 152.

Dampfkammern und haben ferner den Nachteil, daß sie nur die Verankerung einer Dampfkammer gestatten, sie haben aber den Vorteil, daß man einzelne Rohre leichter auswechseln kann, weil man solche normalen Rohre überall und zu jeder Zeit erhalten kann. Als Beispiel sei hier der Adorjánsche Überhitzer erwähnt, der von der Firma A. Leinveber & Co. in Gleiwitz gebaut wird (Fig. 152 bis 155). Die normalen, geraden, schmiede-

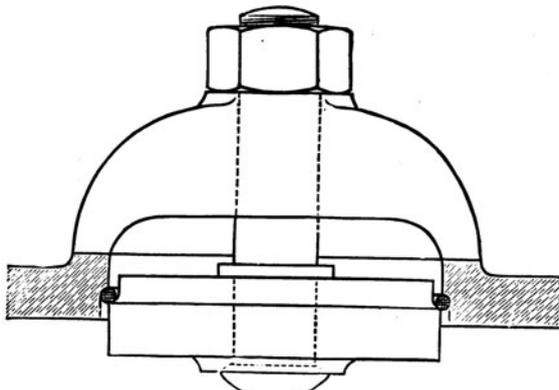


Fig. 155.

eisernen Rohre sitzen in Stahlgußkammern. Im Innern der Überhitzerrohre sind noch andere, an den Enden geschlossene kleine Rohre angebracht, die verschiedene Durchmesser besitzen. Es soll dadurch erreicht werden, daß der Dampf in dünner Schicht durch die Rohre fließt und da-

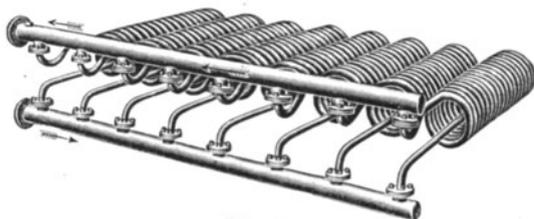


Fig. 156.

durch besser und gleichmäßiger überhitzt wird, und daß er bei stärkerer Überhitzung eine größere Geschwindigkeit annimmt, so daß auch bei starker Überhitzung die Rohre noch genügend gekühlt werden. In den Kammern sind gegenüber den Rohren Innenverschlüsse nach Fig. 155 angebracht, bei denen ein Kupferferring die Dichtung besorgt. Der Überhitzer ist bei jedem Kesselsystem verwendbar. Ein Überhitzer mit Spiralrohren ist in Fig. 156 und 157 dargestellt, er wird von verschiedenen Firmen, wie K. & Th. Möller in Brackwede, Hannoversche Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft in Hannover-Linden usw. gebaut. Die Spiral-

rohre werden sowohl horizontal als auch vertikal angeordnet je nach dem Kesselsystem, mit dem der Überhitzer verbunden werden soll. Die verschiedenen Rohre sind parallel geschaltet. Der Vorteil der Spiralrohre liegt darin, daß bei den hohen Dampfgeschwindigkeiten die kälteren und deshalb spezifisch schwereren Dampfteilen, namentlich auch Wasser, durch die Fliehkraft immer wieder an die äußere Rohrwand gedrängt werden.

Man kann diesen Überhitzer mit einem Rußabblaseapparat nach Fig. 157 abblasen. Zentrisch zu jeder Überhitzerspirale ist im Mauerwerke eine mit Verschuß versehene Düse *a* angebracht, durch die das Stahlrohr *b* eingeführt werden kann. Von der Heißdampfkammer aus wird diesem Strahlrohr durch Ventil *d* und Dampfschlauch *c* Heißdampf zugeführt, der durch einige am äußersten Ende des Strahlrohres angebrachte Löcher austritt und die Windungen der Überhitzerrohre abbläst.

Es ist notwendig, daß die Überhitzerrohre entwässert werden können, es kann sonst vorkommen, daß die Überhitzung des Dampfes erst sehr spät beginnt, andererseits kann auch das aus dem Überhitzer mitgerissene Wasser für die Dampfmaschine sehr gefährlich werden. Horizontale Rohre lassen sich nun besser entwässern als vertikale, aber letztere werden durch Ruß und Asche nicht so leicht verunreinigt. Bei den meisten Überhitzern erfolgt die Reinigung der Rohre ein- bis zweimal täglich durch Dampfstrahl, besser noch durch Preßluft.

Für die Reinigung und die Reparatur ist die Herausziehbarkeit des Überhitzers sehr nützlich. Dieselbe erreicht man am leichtesten bei senkrechten Rohren. Leicht auswechselbar sind die Elemente des Spiralrohr-Überhitzers.

Die Führung der Gase sei möglichst so, daß keine toten Winkel gebildet werden. Die einzelnen Reihen der Überhitzerrohre sollen gegeneinander versetzt sein, dann treffen die Gase unmittelbar auf die Rohre und mischen sich auch besser miteinander.

Zur Verbindung der einzelnen Rohre zu einem Überhitzer dienen Dampfkammern, die aus zähem Gußeisen, Stahlguß, Schweißeisen oder Flußeisen bestehen. Die gegossenen Kammern sind in der Regel röhrenförmig (Tafel 17 und 29), die geschweißten, genieteten und nahtlos gezogenen Kammern haben selten runden, meist rechteckigen oder quadratischen Querschnitt (Tafel 15, 19, 24, 25, 28, 30, 31 und 32).

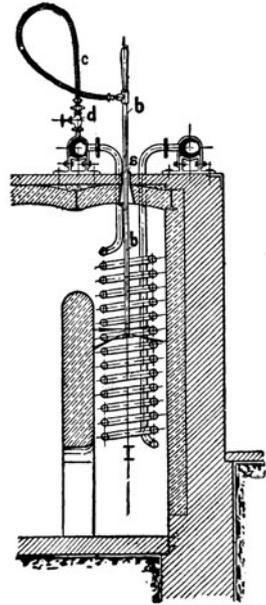


Fig. 157.

Für Dampfkammern, die im Feuer liegen, verwendet man lieber hochwertiges Gußeisen als Schmiedeeisen, da sich das Gußeisen weniger leicht verzieht. Die schmiedeeisernen Kammern können entweder geschweißt, genietet oder nahtlos gezogen sein. Geschweißt sind z. B. die Kammern der Überhitzer von L. & C. Steinmüller in Gummersbach (Tafel 28, Fig. 1 und Textfig. 158) und derjenigen von Dürr & Co. in Ratingen (Fig. 46). Büttner, Uerdingen a. Rh. und die Firma Jacques Piedboeuf verwenden gezogene, schmiedeeiserne Kammern. Ewald Berninghaus, Duisburg, verwendet gußeiserne Kammern (Tafel 17, Fig. 9).

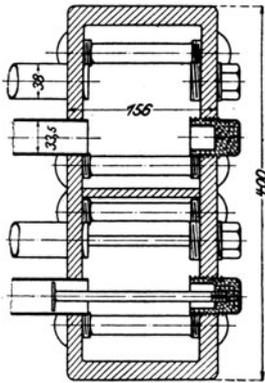


Fig. 158.

Gußeiserne Kammern soll man nur bei gut entwässerbaren Überhitzern nehmen, da dieselben durch Wasserschläge leicht zerstört werden können. Eine genietete Kammer besitzt der Überhitzer von Hugo Szamatolski (Fig. 170), Berlin NW, Altonaer Straße 14.

Die Dampfkammer kann nun liegen:

1. ganz innerhalb des Mauerwerkes,
2. im Mauerwerke selbst,
3. ganz außerhalb des Mauerwerkes.

Im ersten Fall sind die Kammer und die Verbindungen der Rohre mit der Kammer der Wirkung der Rauchgase ausgesetzt, dagegen fallen alle Ausstrahlungsverluste fort. Liegt die Kammer ganz außerhalb des Mauerwerkes, so ist sie selbst gut geschützt, aber die Ausstrahlungsverluste sind so groß und die vielen Durchdringungsstellen der Rohre mit dem Mauerwerke sind leicht undicht. Am besten erscheint die zweite Art. Die Befestigungsstellen der Rohre lassen sich hier so legen, daß sie der Einwirkung der heißesten Gase etwas entzogen sind, und Ausstrahlungsverluste können nur nach einer Seite hin erfolgen.

Die Befestigung der Rohre an der Kammer erfolgt:

1. durch Flansch, nur bei gußeisernen Kammern üblich;
2. durch Aufwalzen mit oder ohne Umbördelung, nur bei schmiedeeisernen Kammern möglich und hier sehr gebräuchlich;
3. durch Einschrauben mit oder ohne Aufwalzung und Umbördelung.

Mit Flansch versieht E. Berninghaus, Duisburg, die Rohre (Tafel 17, Fig. 10 und 11).

Die meisten Firmen befestigen die Rohre jetzt durch Einwalzen. Die Fig. 159 und 160 zeigen Ausführungen der Rheinischen Dampfkessel- und Maschinenfabrik Büttner in Uerdingen a. Rh. Die Überhitzerrohre sind eingewalzt und die Enden noch etwas aufgeweitet.

Als Ausrüstungsteile eines Überhitzers sind zu empfehlen:

1. Absperrventile am Anfang und am Ende der Überhitzerheizfläche.
2. ein Sicherheitsventil,
3. eine Vorrichtung zum Messen der Dampftemperatur,
4. eine Entwässerungsvorrichtung,
5. eine Vorrichtung zum Reinigen der Heizfläche von Ruß und Flugasche.

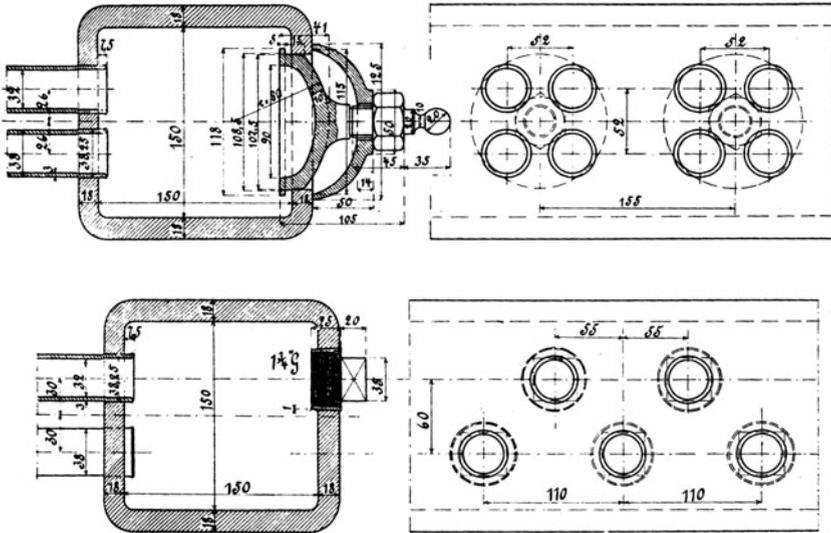


Fig. 159 u. 160.

Die Führung der Heizgase zum Dampfstrom kann im Parallelstrom oder im Gegenstrom erfolgen. Der Gegenstrom ist der wirksamere, die Dauerhaftigkeit der Rohre ist dabei aber sehr gering und wird deshalb meistens gemischte Strömung verwendet.

Die Verbindung des Überhitzers mit dem Kessel kann sehr verschieden sein. Zunächst kann man folgende beide Arten unterscheiden:

1. Überhitzer mit eigener Feuerung, derselbe ist vollständig vom Kessel getrennt,
2. Kesselzugüberhitzer, derselbe ist in die Kesselzüge eingebaut und hat mit dem Kessel eine gemeinsame Feuerung.

Der Überhitzer mit eigener Feuerung ist sehr reparaturbedürftig und nutzt den Brennstoff nicht gut aus. Er wird deshalb nur wenig angewandt. Kommt es aber darauf an, durch nachträgliche Anwendung der Dampfüberhitzung in erster Linie eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Kessel-

anlage zu erzielen, so kann auch der Überhitzer mit eigener Feuerung gute Dienste leisten, während vielleicht durch Anwendung eines Kesselzugüberhitzers die Zugverhältnisse leiden und damit die Gesamtleistung eher zurückgeht. Ein Überhitzer mit eigener Feuerung ist auf Tafel 44 dargestellt.

Der Kesselzugüberhitzer kommt nun in vier Anordnungen vor, die man wieder in zwei Gruppen zusammenfassen kann (Fig. 161 bis 164). Die Kesselheizfläche ist hierbei durch eine gerade, die Überhitzerheizfläche durch eine wellenförmige Linie angedeutet.

**Gruppe a.**

*Parallelschaltung von Kessel- und Überhitzerheizfläche.*

Nur ein Teil der Rauchgasmenge bestreicht die Überhitzerheizfläche.

**Anordnung 1 (Fig. 161).**

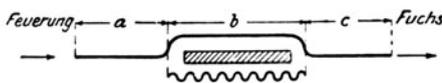


Fig. 161.

Die Heizgase bestreichen auf der Strecke *a* Kesselheizfläche. Auf der Strecke *b* bestreicht ein Teil der Gase Kesselheizfläche, der andere

Teil die Überhitzerheizfläche. Beide Teile vereinigen sich wieder, und auf der Strecke *c* wird von den Gasen nur Kesselheizfläche bestrichen.

**Anordnung 2 (Fig. 162).**



Fig. 162.

Die Heizgase bestreichen auf der Strecke *a* nur Kesselheizfläche, dann teilen sie sich in zwei Ströme, von denen

einer noch Kesselheizfläche, der andere nur noch Überhitzerheizfläche berührt und dann in den Fuchs geht.

**Gruppe b.**

*Hintereinanderschaltung von Kessel- und Überhitzerheizfläche.*

Die ganze Rauchgasmenge bestreicht die Überhitzerheizfläche.

**Anordnung 3 (Fig. 163).**

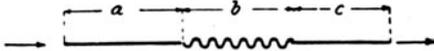


Fig. 163.

Die Heizgase bestreichen zuerst Kesselheizfläche, dann Überhitzerheizfläche und

schließlich noch einmal Kesselheizfläche.

**Anordnung 4 (Fig. 164).**

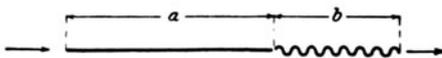


Fig. 164.

Die Heizgase bestreichen zuerst Kesselheizfläche, dann

Überhitzerheizfläche und gehen dann direkt in den Fuchs.

Die Anordnungen der Gruppe a verlangen mehr Heizfläche als die der Gruppe b, man kann bei ihnen aber die Dampftemperatur durch Veränderung des Rauchgasgewichtes verändern.

Die bauliche Anordnung der Überhitzer in den Kesselzügen ist sehr an die Kesselbauart gebunden.

Bei Flammrohrkesseln legt man den Überhitzer hinter die Flammrohre. Fig. 165 und 166 zeigen einen solchen Überhitzer von L. & C. Steinmüller in Gummersbach, Rhld. Der Überhitzer ist nach oben herauszieh-

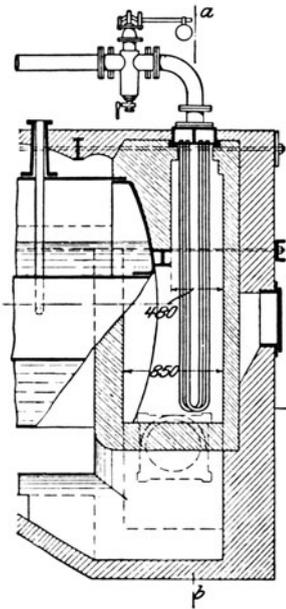


Fig. 165.

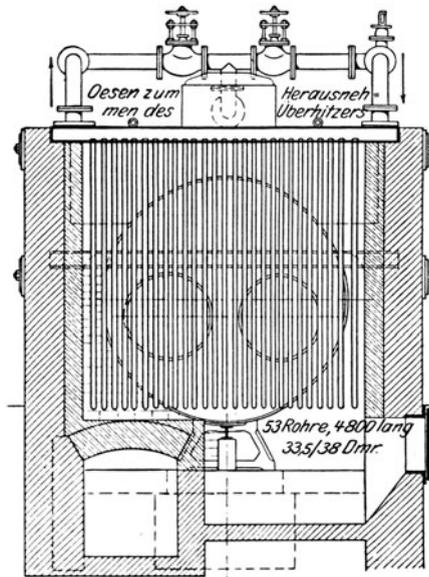


Fig. 166.

bar. Die geschweißte Überhitzerkammer ist durch eine Zwischenwand in zwei Teile geteilt. Der Dampf tritt in die eine Kammerhälfte, geht durch alle U-förmigen Rohre zugleich in die zweite Kammerhälfte und dann zur Maschine. Damit der Dampf sich aber auf alle Rohre einigermaßen gleichmäßig verteilt, sind in den Eintrittsmündungen der Rohre kleine, an den Kammerverschlüssen sitzende Scheiben von verschiedener Größe angebracht, von denen die dem Dampfeintritt in die Kammer zunächst liegenden am größten sind (Fig. 158).

Andere Überhitzer hinter Flammrohrkesseln sind in Tafel 15 und 17 (Jacques Piedboeuf, Aachen und Düsseldorf) dargestellt. Es ist dieses die gebräuchlichste Anordnung.

Noch ein anderer hinter einem Flammrohrkessel angebrachter Überhitzer von W. Schmidt in Wilhelmshöhe bei Kassel ist auf Tafel 43 dargestellt, wie er von der Ascherslebener Maschinenbau-Aktiengesellschaft vielfach ausgeführt wurde. Mit diesem Überhitzer lassen sich Dampftemperaturen von  $350^{\circ}\text{C}$  und mehr erreichen.

Der Flammrohrkessel ist mit einem Hauptüberhitzer  $U_1$  und einem Vorüberhitzer  $U_2$  aus engen schmiedeeisernen Rohren, sowie mit den Vorwärmern  $V_1$  und  $V_2$  verbunden.

Vom Beginn des Anheizens bis zur Ingangsetzung der Dampfmaschine gehen die Gase durch die Flammrohre, dann durch einen Unterzug nach vorn und durch zwei Seitenzüge wieder nach hinten und schließlich an dem Vorwärmer  $V_1$  vorbei zum Schornstein. Sobald jedoch die Dampfmaschine angelassen wird, werden die in die Seitenzüge eingebauten Drehklappen geschlossen und die Schieber  $S$  geöffnet. Die Gase umspülen jetzt den Mantel des Kessels nicht mehr, sondern gehen, nachdem sie das Flammrohr verlassen haben, direkt zu dem Hauptüberhitzer  $U_1$  und weiter zum Vorüberhitzer  $U_2$  und umspülen dann erst den Vorwärmer  $V_1$ .

Damit die obersten Rohrreihen des Hauptüberhitzers  $U_1$  durch die hohe Temperatur der Heizgase nicht zu sehr leiden, zieht der Dampf in diesem Überhitzer parallel mit den Heizgasen, erhält also seine höchste Temperatur erst, wenn die Heizgase sich schon an den oberen Heizrohren etwas abgekühlt haben. Im Vorüberhitzer  $U_2$  strömt dagegen der Dampf im Gegenstrom zu den Heizgasen. Die hohe Überhitzung des Dampfes wird dadurch erreicht, daß die Gase mit sehr hoher Temperatur zum Überhitzer gehen. Die Gastemperatur ist aber auch noch bedeutend, wenn die Gase den Überhitzer verlassen. Damit nun noch die Wärme gut ausgenutzt wird, umspülen die Gase schließlich noch den aus engen Schmiedeeisenrohren bestehenden Vorwärmer  $V_1$ . Dieser Vorwärmer ist mit Wasser gefüllt, das darin verdampft. Der Dampf gelangt durch die Rohrleitung  $a$  in die Heizrohre eines auf dem Kessel angebrachten Vorwärmers  $V_2$ , hier seine Wärme an das Speisewasser abgebend. Das Kondenswasser aus den Vorwärmerheizrohren fällt durch die Rohrleitung  $b$  wieder zum Vorwärmer  $V_1$  zurück. Die Rohrleitung  $a$  ist an ihrer Eintrittsstelle in den Vorwärmer  $V_2$  durch ein 30 mm weites Rohr mit dem Dampfraum des Kessels verbunden. Das in diesem Rohre befindliche Ventil ist im Betriebe immer etwas geöffnet, um einen etwa erforderlichen Ausgleich zwischen dem Dampfe des Kessels und dem Heizdampfe der Vorwärmer herzustellen. Es wird dadurch ein besonderes Beobachten des Dampfdruckes im Vorwärmer  $V_1$  und jede Regulierung der Heizung dieses Vorwärmers überflüssig, auch können Undichtigkeiten in dem Vorwärmer  $V_1$  und dessen Rohrleitungen nicht gefährlich werden.

Zur Sicherheit ist nicht allein der Kessel selbst, sondern auch der Überhitzer, sowie der Vorwärmer  $V_1$  und der Vorwärmer  $V_2$  mit je einem Sicherheitsventile versehen.

Die Überhitzungstemperatur läßt sich durch entsprechende Einstellung der Dreh-

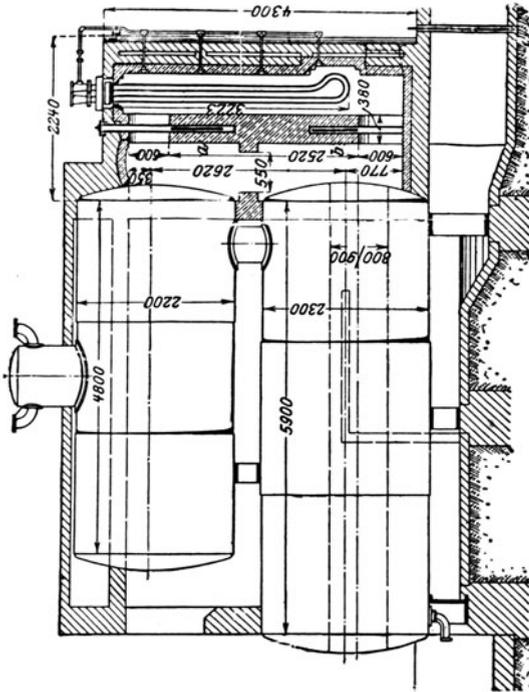


Fig. 168.

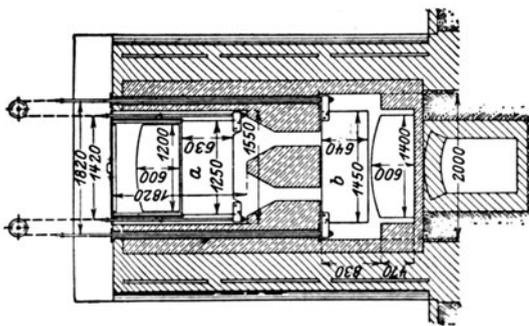


Fig. 167.

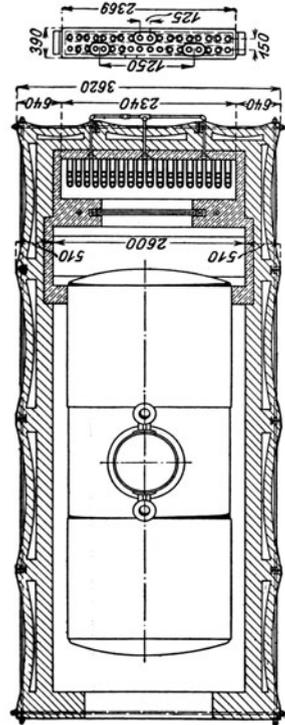


Fig. 169.

klappen und der Schieber  $S$  leicht regulieren.

Statt in Schlangenform, wie hier angegeben, werden solche Überhitzer von derselben Firma auch mit Spiralrohren ausgeführt.

Bei Doppelkesseln (Flammrohrkessel mit Heizrohrkessel oder mit Flammrohrkessel) liegt der Überhitzer

hinter den beiden Kesseln (Tafel 19, 24 u. 25 und Textfiguren 167 bis 169). Die Gase gelangen zum Überhitzer, nachdem sie die Flammrohre des Unterkessels verlassen haben und gehen dann zum Oberkessel.

Der in Fig. 167 bis 169 angegebene Überhitzer ist ein Überhitzer Patent Szamatolski<sup>1)</sup>. Der Überhitzer selbst ist in Fig. 170 noch einmal genauer wiedergegeben.

Eine Anzahl schmiedeeiserner gebogener Rohre sitzt mit den Enden in einer genieteten Blechkammer, die durch Stehbolzen ver-



Fig. 170.

steift ist. Über die Enden der Rohre sind Lenkungskammern  $K_1$  bis  $K_4$  gestellt und mit Druckschrauben etwas angedrückt, die zugleich die Stützen für die den Mündungen der Rohre gegenüberliegenden Verschlussdeckel bilden.

Der Dampf strömt durch einen Stutzen in die Kammer, dann durch die Mündungsstellen 1, 2 und 3 in U-förmig gebogene Rohre, aus den Mündungen 1', 2' und 3' in die Kappe  $K_1$ , dann von 4 und 5 nach 4' und 5', weiter durch  $K_2$  und 6 und 7 nach 6' und 7' und  $K_3$ , von hier durch 8 und 8' nach  $K_4$  und schließlich durch 9 und 9' zu dem Ausströmungsstutzen B. Hier ist also der Dampf lange Zeit mit der Heiz-

<sup>1)</sup> Hugo Szamatolski, Berlin NW. 23, Altonaerstraße 14.

fläche in Berührung, und durch die häufige Richtungsänderung wird eine gute Durchmischung des Dampfes erzielt.

Bei Wasserrohrkesseln bringt man den Überhitzer zwischen dem Oberkessel und dem Röhrenbündel oder neben dem Oberkessel an, wie es auf den Tafeln 28, 29, 30, 31, 32 und 33 zu sehen ist.

Beim Überhitzer auf Tafel 32 sind die Rohre in 2 Gruppen geteilt, die hintereinander durchströmt werden.

Bei den Überhitzern auf den Tafeln 28, 29, 30, 31 und 33 sind sämtliche Rohre nebeneinander geschaltet.

Gewöhnlich ist es notwendig, die Überhitzer mit einer Regelvorrichtung zu versehen. Die verschiedenen Regelverfahren sind:

- a) Regelung durch Veränderung des Rauchgasgewichtes,
- b) Regelung durch Wassereinführung in den Überhitzer,
- c) Regelung durch Veränderung der Heizfläche des Überhitzers,
- d) Regelung durch Mischen von gesättigtem und überhitztem Dampf,
- e) Regelung durch Einführung von Luft in den Überhitzer.
- f) Regelung durch Abkühlen eines Teils oder des ganzen überhitzten Dampfes.

Zu a): Diese Regelung ist die gebräuchlichste. Der Überhitzer wird in eine besondere Kammer gelegt, die durch Einstellung von Klappen oder Schiebern ganz oder teilweise vom Gasstrom abgeschlossen werden kann (Tafel 15, 17, 19, 24, 28, 29, 30, 31 und 34 und Textfig. 50, 53, 56, 62 und 167 bis 169).

Zu b): Der Überhitzer wird beim Anheizen des Kessels, also ehe Dampf durch denselben strömen kann, mit Wasser gefüllt, so bei dem Kessel auf Tafel 32. Es hat das den Vorteil, daß dadurch beim Anheizen die Kesselheizfläche vergrößert und die Anheizzeit verkleinert wird. Der Überhitzer muß aber gut zu entwässern sein.

Zu c): Der Überhitzer kann aus der Überhitzerkammer teilweise oder ganz herausgehoben werden. Solche Überhitzer werden von der Firma L. Koch in Sieghütte-Siegen<sup>1)</sup> gebaut.

Zu d): Diese Regelung ist nur als Schutzmittel gegen zu starke Erwärmung der Dampfzylinder verwendbar und im allgemeinen nicht zu empfehlen, da es schwierig sein dürfte, ein gleichmäßiges Gemisch zu erzielen.

Zu e): Diese Regelung ist nur als Schutzmittel gegen zu starke Erwärmung des Überhitzers verwendbar.

Zu f): Ein Teil oder der ganze überhitzte Dampf wird durch einen Temperaturregler geführt, der durch gesättigten Dampf gekühlt wird, wie beim Werner-Hartmannkessel (Seite 116) und Steilrohrkessel von L. & C. Steinmüller (Seite 123), oder der Dampf wird durch das Wasser des Kessels abgekühlt, wie beim Kessel von Babcock & Wilcox (Seite 104).

<sup>1)</sup> Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1902, Seite 717.

### Die Größe der Überhitzerheizfläche.

Es sei:

$D$  die stündlich zu überhitzende Dampfmenge in kg,

$H'$  die erforderliche Heizfläche des Überhitzers,

$t'$  die Temperatur des überhitzten Dampfes,

$t$  „ „ „ gesättigten „

$t_e$  „ „ der Gase beim Eintritt in den Überhitzer,

$t_a$  „ „ „ „ „ Austritt aus dem „

$t_m$  der mittlere Temperaturunterschied zwischen Dampf und Gasen am Überhitzer,

$c_p$  die mittlere spezifische Wärme des überhitzten Dampfes,

$r = \varrho + A p u$  die Verdampfungswärme des mitgerissenen Wassers,

$w$  die Anzahl kg Wasser, die 1 kg Dampf mitreißt,

$k$  der Wärmedurchgangskoeffizient ( $15 \div 20$ ).

Betrachten wir zunächst 1 kg Dampf, so hat der Überhitzer das mitgerissene Wasser zu verdampfen, wozu  $r \cdot w$  Wärmeeinheiten, und den Dampf zu überhitzen, wozu  $c_p(t' - t)$  Wärmeeinheiten nötig sind.

Zum Überhitzen von  $D$  kg Dampf sind demnach

$$D [c_p(t' - t) + r \cdot w] \text{ Wärmeeinheiten}$$

nötig. Es ist nun genau genug der mittlere Temperaturunterschied zwischen Dampf und Gasen am Überhitzer:

$$t_m = \frac{t_e + t_a}{2} - \frac{t' + t}{2} \text{ )}.$$

Durch 1 qm Überhitzerheizfläche gehen bei 1° Temperaturunterschied in einer Stunde  $k$  Wärmeeinheiten für  $t_m$  Grad also:

$$k \cdot t_m \cdot$$

Durch  $H'$  qm gehen:

$$H' \cdot k \cdot t_m \cdot$$

Das muß gleich der zum Überhitzen von  $D$  kg Dampf in der Stunde nötigen Wärme sein, also entsteht die Gleichung:

$$H' \cdot k \cdot t_m = D [c_p(t' - t) + r \cdot w] \cdot$$

Dann ist

$$H' = \frac{D [c_p(t' - t) + r \cdot w]}{k \cdot t_m}$$

oder

$$H' = \frac{D [c_p(t' - t) + r \cdot w]}{k \left( \frac{t_e + t_a}{2} - \frac{t' + t}{2} \right)}$$

1) Genauere Ermittlung des Temperaturunterschiedes siehe Fuchs in Mitteilungen über Forschungsarbeiten, Heft 22.

Für Flammrohrkessel kann man annehmen:

$$t_e = 575^\circ \text{ bis } 675^\circ,$$

$$t_a = t_e - 125 \text{ bis } t_e - 200^\circ,$$

$$\frac{t_e + t_a}{2} = 500^\circ \text{ bis } 600^\circ;$$

für Flammrohrkessel mit darüberliegendem Heizrohrkessel:

$$t_e = 650^\circ \text{ bis } 750^\circ,$$

$$\frac{t_e + t_a}{2} = 550^\circ \text{ bis } 650^\circ.$$

Bei Wasserrohrkesseln kann man je nach Lage des Überhitzers vorläufig annehmen, daß bei geringen Überhitzungstemperaturen, etwa  $250^\circ$ , die Überhitzerheizfläche  $\frac{1}{3,5}$  bis  $\frac{1}{4}$  der Kesselheizfläche, bei  $300^\circ$  Überhitzung etwa  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2,5}$  der Kesselheizfläche betragen muß. Eine genauere Berechnung eines mit Wasserrohrkessel verbundenen Überhitzers ist in 44 durchgeführt.

Vorausgesetzt ist bei diesen Angaben, daß die gesamte Rauchgasmenge an der Überhitzerheizfläche vorbeigeführt wird, ohne daß gleichzeitig beträchtliche Wärmemengen an die Kesselheizfläche abgegeben werden.

### 33. Reinigung des Kesselspeisewassers.

Jedes in der Natur vorkommende Wasser nimmt aus dem Boden, den es durchströmt, Salze, Humus und sonstige Substanzen auf und ist deshalb stets mit Bestandteilen verunreinigt, die beim Verdampfen des Wassers als feste kristallinische Ausscheidungen (Kesselstein) oder als Schlamm zurückbleiben.

Beide üben eine mehr oder weniger schädliche Wirkung aus, indem sie zum Ausglühen und dadurch bewirkter Schwächung einzelner Kesselbleche oder gar zu Explosionen Veranlassung geben können, auf jeden Fall aber einen bedeutenden Wärmeverlust und damit einen Mehrverbrauch an Kohlen, außerdem auch Kosten für die Kesselreinigung bedingen.

Es ist daher häufig sehr wünschenswert, das zum Speisen der Dampfkessel benutzte Wasser einer Reinigung zu unterwerfen, und zwar kann letztere je nach der Art der Verunreinigung eine mechanische oder eine chemische sein. Die chemische Reinigung erfolgt am besten, ehe das Wasser in den Kessel gelangt, kann aber auch im Kessel selbst erfolgen. (Siehe später unter Apparaten.)

### I. Mechanische Reinigung.

Mechanische Beimengungen, die schwerer als Wasser und in nicht zu feiner Verteilung vorhanden sind, wie z. B. Lehm und Schlamm, setzen sich sehr schnell zu Boden und werden deshalb schon durch Stehen im Klärbassin abgeschieden. Andere Bestandteile hingegen, die annähernd das gleiche spezifische Gewicht wie Wasser haben, oder aber solche, die in äußerst feiner Verteilung im Wasser vorhanden sind, wie z. B. Ton,

müssen aus ihm durch Filtration entfernt werden, wozu man sich einer Kies- oder Koksschicht bedient.

Die Korngröße des genannten Filtermaterials wählt man am zweckmäßigsten von  $\frac{1}{2}$  bis 3 mm, und die Filtration wird so geleitet, daß das Wasser

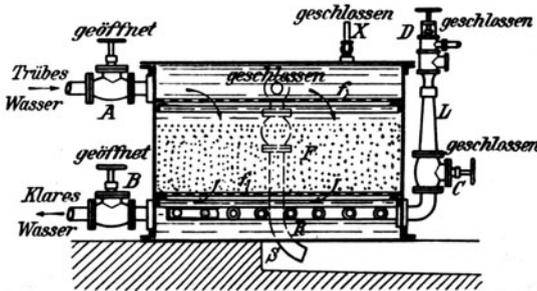


Fig. 171.

erst die gröberen und alsdann die feineren Schichten durchströmt.

Ein sehr brauchbares Filter wird von der Firma Hans Reiser in Köln a. Rh. geliefert (Fig. 171 und 172).

Das zu filtrierende Wasser kommt durch die Leitung A, durchströmt die zwischen zwei Sieben befindliche Kiesschicht F und tritt bei B gereinigt aus (Fig. 171).

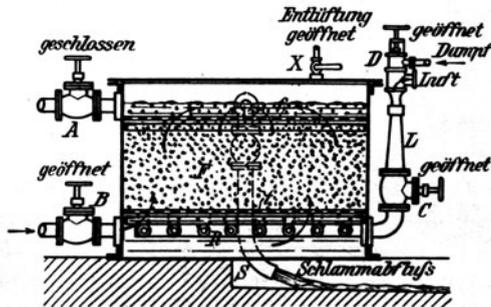


Fig. 172.

Zur Reinigung des Filters wird A geschlossen und Wasser durch B in den Raum R gelassen (Fig. 172). Es durchströmt das Filter in entgegengesetzter Richtung und fließt durch einen Überlauf ab. Zugleich wird der Dampfstrahl-Luftkompressor L angestellt. Die nun durch das untere Sieb gehende Preßluft mischt sich mit dem aufsteigenden Wasser, wühlt den Schlamm vom Filter auf und reißt ihn mit fort. Während des Auswaschens muß der Entlüftungshahn X geöffnet sein.

Die Filter sind so groß zu wählen, daß bei einer  $2\frac{1}{2}$ fachen stündlichen Durchschnittsleistung der Speisepumpe das zu klärende Wasser eine Geschwindigkeit von 1,2 mm in der Sekunde durch den vollen Quer-

schnitt des Filters nicht überschreitet. In Wirklichkeit ist dabei die Geschwindigkeit wegen des Umströmens des Filtermaterials bedeutend größer.

Das idealste Material zur Speisung der Dampfkessel ist das destillierte Wasser, und als solches wäre das Kondenswasser der Dampfmaschinen zu betrachten, wenn dasselbe nicht durch die Schmieröle der Maschine selbst verunreinigt würde. Diese Öle aber wirken fast noch schädlicher als die oben genannten mineralischen Verunreinigungen. Tierische und pflanzliche Fette und Öle zerlegen sich nämlich unter hohem Drucke und bei Temperaturen, wie sie im Dampfkessel vorhanden sind, in ihre Bestandteile, Fettsäuren und Glycerin, und erstere greifen, wie alle Säuren, das Kesselblech stark an. Außerdem aber verbinden sich die Fettsäuren mit den Alkalien zu Seifen und veranlassen so ein starkes Schäumen des Wassers. Der letztere Vorgang findet stets dann statt, wenn das Kondenswasser, wie es in der Praxis meistens der Fall ist, mit natürlichem Wasser vermischt wird.

Die Mineralöle zersetzen sich in der vorgedachten Weise nicht, da sie ausschließlich aus Kohlenwasserstoffen bestehen, dagegen bilden sie im Kessel gerade an den zumeist gefährdeten Stellen der Feuerplatten feste, die Wärme schlecht leitende Schichten, die schon bei einer Stärke von 1 bis 2 mm ein Erglühen der Feuerplatten bewirken können.

Zur Abscheidung des Öles genügt aber die oben beschriebene Art der Filtration nicht, vielmehr sind dazu andere Methoden erforderlich.

Die einfachsten Filter zur Abscheidung der Öle sind Gefäße, die mit Holzwolle gefüllt sind, und zwar läßt man das Wasser durch zwei oder mehrere Filter je nach der Größe der Kesselanlage hindurchgehen. Bei einer bestimmten Kesselanlage von etwa 600 qm Heizfläche genügten drei Filtergefäße von je 1,2 m Durchmesser und 2,5 m Höhe.

Sehr günstige Erfahrungen hat man in neuerer Zeit mit dem Badeschwamm als Filtermaterial gemacht. In die erweiterte Rohrleitung werden in Abständen drei Filterabteilungen gebildet, die durch je zwei Drahtsiebe begrenzt sind. Die Abteilungen werden mit Badeschwamm, der sehr große Mengen Öl aufsaugen kann, gefüllt. Von Zeit zu Zeit wird das öligste Filter herausgenommen, und es wird dieses durch Filter II, dieses durch Filter III ersetzt und für letzteres eine frische Füllung genommen. Für einen stündlichen Speisewasserverbrauch von 300 kg genügt ein Filterquerschnitt von 1 qdm. Die Schwämme können von neuem benutzt werden, sobald das Öl herausgepreßt ist und die Schwämme in Seifenwasser ausgekocht sind.

Einen sehr zweckmäßigen Entölungs-Apparat liefert die Firma A. L. G. Dehne in Halle a. S. Ein Speisewasser-Reinigungsapparat und -Vorwärmer, der hauptsächlich das Wasser von Öl und Luft befreien soll, wird von Pape, Henneberg & Co. in Hamburg geliefert.

## II. Chemische Reinigung.

### *Allgemeines.*

Außer den bereits im vorhergehenden erwähnten mechanischen Verunreinigungen enthält jedes in der Natur vorkommende Wasser noch Sauerstoff, Kohlensäure, Humussäuren, Salpetersäure und Chlorverbindungen, die das Kesselmaterial direkt angreifen, sowie mehr oder weniger Salze, unter denen diejenigen des Calciums und des Magnesiums hauptsächlich in Betracht kommen.

Die Kalksalze sind im Wasser als schwefelsaurer und als doppelt-kohlensaurer Kalk gelöst vorhanden, von denen der letztere jedoch beim Kochen in unlöslichen einfachkohlensauren Kalk umgewandelt wird, während die überschüssige Kohlensäure entweicht. Der kohlensaure Kalk kann daher durch Erhitzen des Wassers und darauffolgendes Stehenlassen oder Filtrieren entfernt werden. Der schwefelsaure Kalk hingegen bleibt unverändert und scheidet sich mit zunehmender Verdampfung des Wassers als fester Belag an den Kesselwandungen ab. Selbstverständlich würde auch der kohlensaure Kalk, falls derselbe nicht entfernt würde, zugleich mit dem schwefelsauren Kalke (Gips) niedergeschlagen werden. Ebenso verhält es sich mit dem Magnesiasalze, das sich zumeist als kohlensaure Magnesia, aber auch als Chlormagnesium im Wasser gelöst findet. Diese Ausscheidungen an den Kesselwänden, die je nach ihrer chemischen Zusammensetzung eine mehr oder weniger harte und feste Kruste bilden, führen den Namen Kesselstein. Sie sind sehr schlechte Wärmeleiter und können infolgedessen zu den schon früher erörterten Störungen im Dampfkesselbetriebe Veranlassung geben.

Ein Wasser, das sehr viel Kalk und Magnesiasalze enthält, heißt hartes Wasser, und als Maß für die Härte, die in Graden ausgedrückt wird, dient der Gehalt an Calciumoxyd oder die demselben gleichwertige Menge von Magnesiumoxyd. Die Härtegrade sind jedoch in den verschiedenen Staaten verschieden.

Ein Gehalt von 1 Teil  $CaO$  in 100 000 Teilen Wasser ist 1 deutscher Härtegrad.

Ein Gehalt von 1 Teil  $CaCO_3$  in 100 000 Teilen Wasser ist 1 französischer Härtegrad.

Ein Gehalt von 1 Teil  $CaCO_3$  in 70 000 Teilen Wasser ist 1 englischer Härtegrad.

Danach ist:

1 deutscher	=	1,25	englischer	=	1,79	französischer	Härtegrad
0,8	„	=	1,00	„	=	1,43	„
0,56	„	=	0,70	„	=	1,00	„

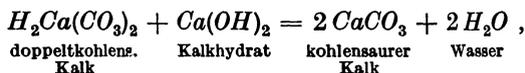
Ob und in welcher Weise die Reinigung des Kesselpeisewassers von Kesselsteinbildnern notwendig ist, hängt von der Bauart, der Betriebsart

und der Anstrengung des Kessels ab. Im allgemeinen erscheint die Reinigung bei Großwasserraumkesseln notwendig, wenn die Härte des Wassers mehr als 12 deutsche Härtegrade beträgt. Bei schwer zugänglichen, also besonders bei Wasserrohrkesseln erscheint eine Reinigung dringend geboten bei 6 bis 7 deutschen Härtegraden.

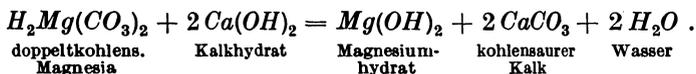
Das Prinzip der chemischen Wasserreinigung besteht nun darin, die im Wasser löslichen doppeltkohlensauen Salze entweder durch Einwirkung von Hitze oder von Chemikalien in unlösliche einfachkohlensaure Salze zu zerlegen. Da aber der schwefelsaure Kalk nur durch chemische Umsetzung in unlösliche Kalksalze verwandelt werden kann, so wird man bei Anwesenheit namhafter Mengen dieses Salzes die chemische Reinigung anwenden. Die so entstandenen, im Wasser unlöslichen Salze entfernt man aus dem Wasser durch Absetzenlassen oder durch Filtrieren. Zur besseren Einwirkung der Chemikalien wird das Wasser häufig noch vorgewärmt. Als Chemikalien verwendet man hauptsächlich gebrannten Kalk ( $CaO$ ), und zwar entweder als Kalkwasser oder als Kalkmilch (beides Verbindungen des Calciumoxydes mit Wasser nach der Formel  $Ca(OH)_2$ , ferner Soda, d. h. kohlensaures Natron ( $Na_2CO_3$ ), und Ätznatron ( $NaOH$ ), und vereinzelt kohlensaures Baryt ( $BaCO_3$ ).

### 1. Reinigung mittels Ätzkalkes oder gelöschten Kalkes [ $Ca(OH)_2$ ].

Da basische und saure Verbindungen sich zu neutralen Salzen zu vereinigen streben, so wird sich beim Vermischen von doppeltkohlensaurem Kalke (saure Verbindung) mit gelöschtem Kalke (basische Verbindung) neutraler kohlensaurer Kalk bilden nach der Formel:



und dieselbe Umsetzung erfolgt mit dem Magnesiumsalze nach der Formel:



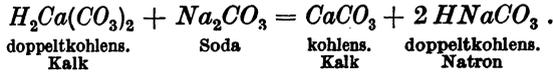
Wie aus den vorstehenden Formeln ersichtlich, ist zur Fällung der Magnesia doppelt soviel Ätzkalk erforderlich, als zur Fällung der äquivalenten Kalkmenge, da die Magnesia nicht als neutrales kohlensaures Salz, sondern nur als Ätzmagnesia  $Mg(OH)_2$  im Wasser unlöslich ist.

Noch anders steht es mit dem schwefelsauren Kalke. Dieser ist bereits ein neutrales Salz, und beim Vermischen desselben mit Ätzkalk würde keine Veränderung bewirkt werden.

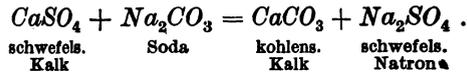
### 2. Reinigung mittels Soda ( $Na_2CO_3$ ).

Beim Vermischen von doppeltkohlensaurem Kalke mit kohlensaurem Natron (Soda) wird sich zwar eine gewisse Menge neutralen kohlensauren

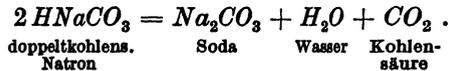
Kalkes und doppeltkohlensaures Natron bilden, allein diese Umsetzung ist bei normaler Temperatur keine vollständige. Erst bei Erwärmung des Wassers erfolgt die Zersetzung nach der Formel:



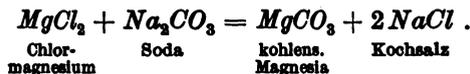
Schwefelsaurer Kalk aber und Soda setzen sich fast quantitativ um in kohlensauren Kalk und schwefelsaures Natron nach der Formel:



Das bei Anwendung von Soda durch Umsetzung mit saurem kohlensauren Kalke sich bildende doppeltkohlensaure Natron wird im Kessel beim Sieden zerlegt nach der Formel:



Die Kohlensäure entweicht mit dem Dampfe, die Soda bleibt in Lösung und macht das Wasser alkalisch, auch das schwefelsaure Natron bleibt in Lösung und ist vollkommen unschädlich, da es erst bei sehr weitgehender Konzentration auskristallisiert. Um die Kristallisation zu vermeiden, genügt in allen Fällen ein vollständiges Abblasen des Kessels nach einem 80 bis 100tägigen Betriebe. Zuweilen ist etwas Chlormagnesium im Wasser enthalten, dasselbe wird durch Soda zersetzt nach der Formel:



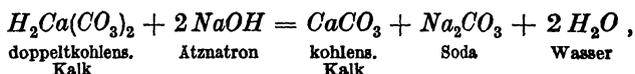
Die kohlensaure Magnesia ist zwar nicht unlöslich, aber doch im Wasser ziemlich schwer löslich und sollte deshalb bei diesem Verfahren zum größten Teile abgeschieden werden. In der Praxis aber, wo zugleich noch die verschiedensten Substanzen im Wasser gelöst enthalten sind, die das Lösungsvermögen der kohlensauren Magnesia beeinflussen, ist die Abscheidung der letzteren keine so vollständige. Das unveränderte Chlormagnesium aber zersetzt sich unter hohem Drucke und bei hoher Temperatur im Dampfkessel in Magnesiumoxyd und Salzsäure nach der Gleichung:



Die hier auftretende freie Salzsäure würde aber die Kesselwände stark angreifen, weshalb die vollständige Beseitigung des Chlormagnesiums durchaus erforderlich ist. Dieses geschieht durch Anwendung von Ätznatron.

### 3. Reinigung mittels Ätznatron $[Na(OH)]$ .

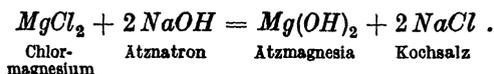
Doppeltkohlensaurer Kalk und Ätznatron setzen sich um zu einfach-kohlensaurem Kalke und kohlensaurem Natron unter Abscheidung von Wasser nach der Gleichung:



und die gleiche Umsetzung erfolgt mit doppeltkohlensaurer Magnesia nach der Gleichung:



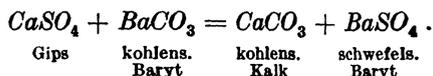
Das gebildete kohlensaure Natron (Soda) bleibt in Lösung und zersetzt noch etwa vorhandenen Gips. Diese Reinigung ist daher dann zu empfehlen, wenn das Wasser vorzugsweise doppeltkohlensauren Kalk und daneben etwas Gips enthält. Chlormagnesium wird durch Ätznatron zersetzt in Ätzmagnesia und Kochsalz (Chlornatrium):



Die Art und Menge der hier aufgeführten und anzuwendenden Chemikalien kann nur auf Grund einer genauen chemischen Untersuchung des Wassers festgestellt werden. Ist vorzugsweise schwefelsaurer Kalk vorhanden, so genügt die Anwendung von Soda; bei vorherrschend doppeltkohlensaurem Kalke ist das billigste Fällungsmittel der Ätzkalk, in zweiter Linie Soda, während bei Gegenwart von Gips und doppeltkohlensauren Kalk- und Magnesiasalzen eine Neutralisation mit Natronlauge und außerdem Zusatz von Soda erforderlich ist.

### 4. Reinigung mit kohlensaurem Baryt $[BaCO_3]$ .

Dieses Verfahren ist der Firma Hans Reiser in Köln-Braunsfeld patentiert. Die Carbonate werden dabei wie gewöhnlich durch Kalk ausgefällt. Die Sulfate des Kalkes und der Magnesia werden aber durch das kohlensaure Baryt gefällt nach der Formel:

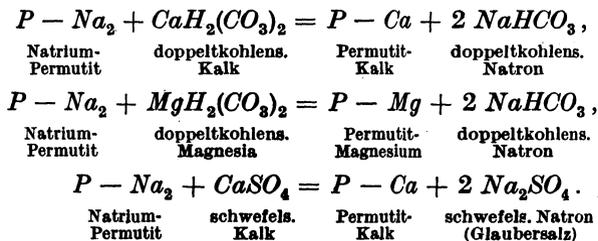


Es bilden sich hier nur im Wasser unlösliche Verbindungen, die sich vollkommen abscheiden, so daß das Wasser wirklich rein wird, keine Ausschwitzungen an den Armaturen stattfinden und die Armaturen nicht durch die Gegenwart von Soda angegriffen werden. Außerdem hat das Verfahren noch den Vorteil, daß das kohlensaure Baryt nicht

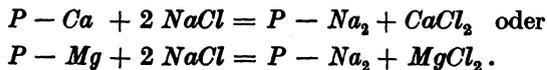
genau abgemessen werden muß, sondern in beliebigem Überschuß zugesetzt werden kann, da dasselbe an sich unlöslich ist. Da keine im Wasser gelösten Salze in den Kessel kommen, braucht das Wasser auch nicht von Zeit zu Zeit abgelassen zu werden, wodurch manche Wärmeverluste vermieden werden.

### 5. Das Permutitverfahren.

Das Permutit ist ein Aluminatsilicat, welches durch Zusammenschmelzen von Feldspat, Kaolin, Ton, Sand und Soda und nachherigem Auswaschen mit heißem Wasser zwecks Hydratisierung und Entfernung löslicher Silicate entstanden ist. Das zu reinigende Wasser wird in einfachen Gefäßen durch eine starke Schicht von Permutit filtriert, wobei das Natrium desselben sich mit dem im Wasser enthaltenen Calcium oder Magnesium austauscht und dadurch das Wasser enthärtet. Bezeichnet man das Permutit mit  $P$ , so findet die Reaktion nach folgenden Gleichungen statt:



Nach einiger Zeit kann durch Auswaschen des Filters mit heißer Kochsalzlösung das Permutit wieder regeneriert werden nach der Formel:



Als Vorteil des Verfahrens ist anzusehen, daß das Wasser vollkommen enthärtet wird, daß sich keine Schlammmassen bilden, daß die erforderlichen Apparate sehr einfach sind, daß man keine genau der Zusammensetzung des Wassers entsprechend abgemessene Mengen von Chemikalien zusetzen muß und daß das Permutit unbegrenzt haltbar ist. Es muß nur wegen des durch Spülung entstehenden geringen Verschleißes von Zeit zu Zeit etwas neues Permutit zugefügt werden.

Als Nachteil wird angesehen, daß das doppelkohlensaure Natron und das schwefelsaure Natron mit in den Kessel gelangt, aber das ist bei dem Sodaverfahren auch der Fall.

#### Apparate.

In folgendem sollen nun noch einige Apparate zur Wasserreinigung besprochen werden. Die Befreiung des Wassers von Kesselstein-

bildnern geschieht am besten, ehe das Wasser in den Kessel gelangt, kann aber auch im Kessel selbst geschehen. Im letzteren Falle muß der im Kessel sich bildende Schlamm aus dem Kessel regelmäßig entfernt werden. Danach kann man Wasserreinigungsapparate und Kesselreinigungsapparate unterscheiden.

#### A) Wasserreinigungsapparate.

1. Wasserreinigungsapparat von Hans Reisert, Köln-Braunsfeld (Patent Dervaux). Der Apparat wird in verschiedenen Arten ausgeführt. Fig. 173 zeigt eine Ausführungsform, bei der die Beseitigung der Kesselsteinbildner, nachdem sie chemisch gefällt sind, teils durch Absetzenlassen, teils durch Filtration erfolgt. Als Chemikalien werden bei diesem Apparat Kalk und Soda zugesetzt.

Der Apparat besteht aus:

- a) einem kontinuierlich wirkenden Kalksättiger *S*,
- b) einem Sodastandrohr *B*,
- c) einem Verteilungsapparat *R*,
- d) einem Reaktionsraum *D*,
- e) einem Reisertschen Kiesfilter *F*.

Oberhalb des Apparates ist ein Verteilungsapparat angebracht, in dem die Lösung von Kalk und Soda vorgenommen und von wo aus diese Lösungen und Wasser nach den verschiedenen Abteilungen verteilt werden.

Der Kalksättiger besteht aus einem nach unten zulaufenden konischen Gefäße *S*, in das vor jeder Arbeitsschicht durch Hahn *K* und das darunter befindliche Rohr mit Trichter Kalkmilch eingelassen wird, die den unteren Teil des Sättigers anfüllt, nachdem vorher die ausgelaugten Kalkreste durch den Hahn *L* entfernt sind. Aus dem Mittelraum des Verteilungsapparates tritt nun durch Ventil *V* und Rohr *v* Wasser in den unteren Teil des Sättigers, wühlt die Kalkmilch auf und nimmt, emporsteigend, Kalkteilchen mit, die dann bei dem nach oben zunehmenden Querschnitt und dabei geringer werdenden Geschwindigkeit bald wieder fallen läßt. Das Wasser sättigt sich dabei mit Kalk und fließt schließlich durch das Rohr *U* zu dem Mischrohr *E*.

Zugleich fließt auch durch Rohr *N* aus dem Sodastandrohr Sodalösung und aus dem Verteilungsapparat durch das Ventil *P* das Rohwasser in das Mischrohr *E*. Die Sodalösung wird täglich einmal durch Auflösen einer bestimmten nach der Analyse des Wassers angegebenen Gewichtsmenge von Soda in der Abteilung *C* des Verteilungsbehälters hergestellt und nach vorheriger Entleerung des Sodastandrohres *B* in dieses durch Hahn *G* und das daran anschließende Rohr abgelassen. Die in dem Standrohr *B* befindliche Sodalösung wird durch ruhig oben aus dem Behälter *R* durch Ventil *Q* einströmendes Rohwasser infolge

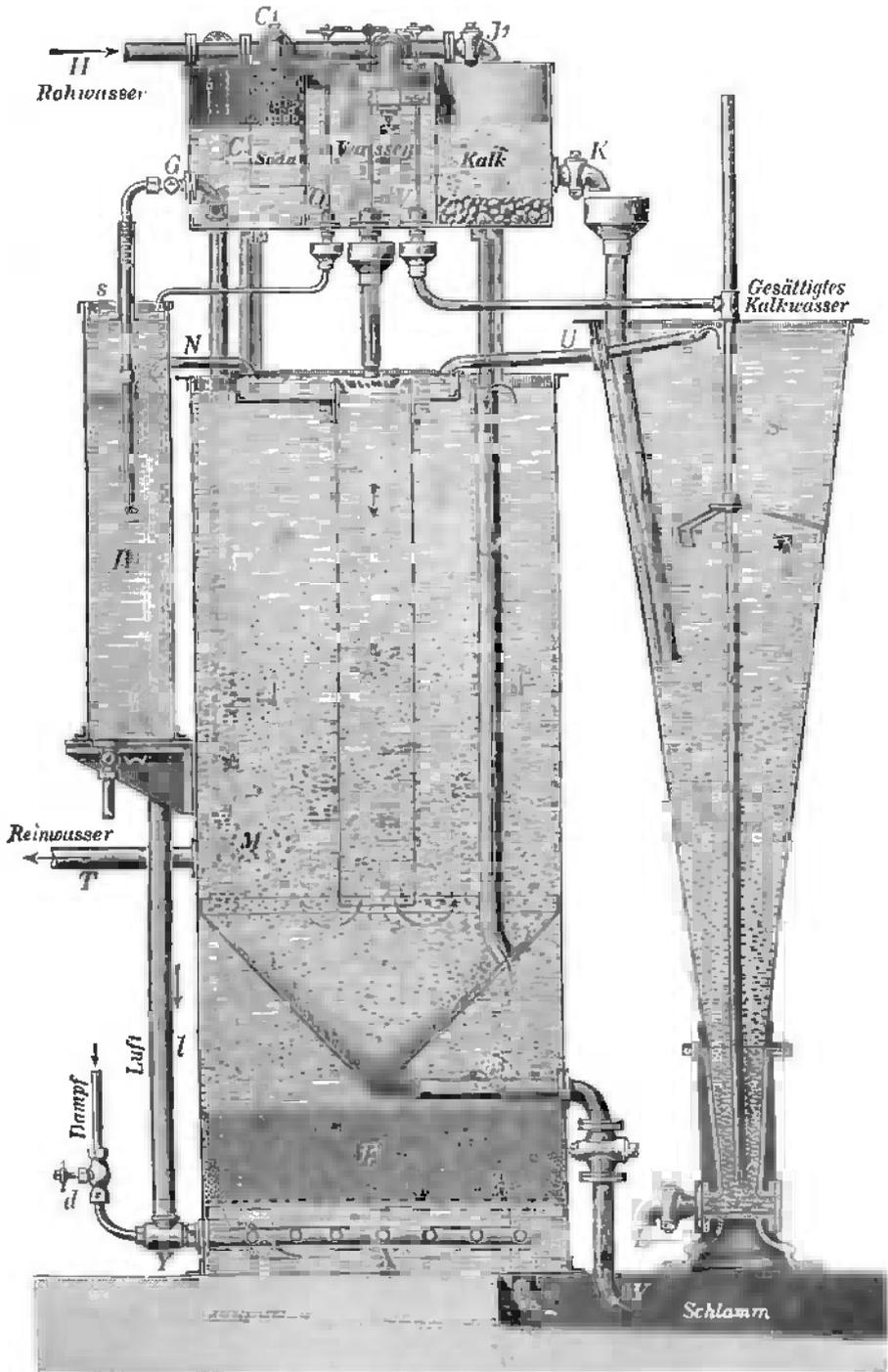


Fig. 173.

ihres größeren spezifischen Gewichtes, ohne sich mit dem Rohwasser zu mischen, allmählich nach unten verdrängt, von wo sie durch das Rohr *N* in das Mischrohr *E* gelangt. Ein Schwimmer *s* zeigt den jeweiligen Gehalt des Sodastandrohres *B* an Soda und deren völligen Verbrauch an einer Skala an; denn das Gewicht der Sodalösung im Rohr *N* bleibt konstant, während das Gewicht der Flüssigkeitssäule im Rohr *B* allmählich geringer wird.

Da nun die drei im Boden des Verteilungsapparates sitzenden Regulierventile *P* für Rohwasser, *V* für gesättigtes Kalkwasser und *Q* für Sodalösung in einer Höhe sitzen, so folgt, daß die Mengen an Rohwasser, gesättigtem Kalkwasser und Sodalösung stets einander genau proportional sind. Es ist also eine vollständig selbsttätige Wirkung vorhanden. Die Ventile *P*, *V* und *Q* sind nach einer empfindlichen Skala mit Zeiger genau einstellbar.

Das Gemisch von Rohwasser, Sodalösung und Kalkwasser strömt in dem Mischrohr *E* nach unten und gelangt somit in den Reaktionsraum *D*. In diesem setzt sich ein Teil des ausgefallenen Schlammes nieder und wird von Zeit zu Zeit durch Hahn und Rohr *W* abgelassen. Das Wasser steigt dann langsam im Raum *D* in die Höhe und fließt von oben durch das Überfallrohr *Z* in das Kiesfilter *F* und verläßt schließlich den Apparat durch das Rohr *T*.

In einiger Beziehung ähnliche Apparate bauen unter anderen die Firmen L. & C. Steinmüller in Gummersbach und die Rheinische Dampfkessel- und Maschinenfabrik Büttner in Uerdingen am Rhein.

2. Wasserreinigungsapparat von A. L. G. Dehne, Halle a. S. Die gebräuchlichste Anordnung ist in Fig. 174 dargestellt. Zur Reinigung wird je nach Bedarf Ätzkalk, Soda oder Ätznatron verwandt. Das zu reinigende Wasser kommt von dem Hochbehälter *H* oder aus einer Druckleitung und gelangt, durch den Vorwärmer *A* auf ca. 70 bis 80° C erwärmt, in den Fällapparat *B*, in dem die Kesselsteinbildner in Form von Flocken ausgeschieden werden. *F* ist der Laugenbehälter, in dem die Chemikalien gemischt werden und aus dem die von der Speisepumpe *D* angetriebene Laugenpumpe *E* die Lauge zu dem Fällapparate *B* befördert. Von *B* aus gelangt das Wasser in die Filterpresse *C* und wird dann vollkommen klar von der Pumpe *D* in den Kessel gedrückt. Der Apparat hat sich in der Praxis gut bewährt.

## B. Kesselreinigungsapparate.

Einer der bekanntesten Apparate ist der Kesselreinigungsapparat oder Schlammfänger von Dervaux, der von der Firma H. Reisert in Köln a. Rh. vertrieben wird. Der Apparat ist in Fig. 175 dargestellt. Der Zylinder *D* ist auf dem Kessel aufgestellt und mit dem Kessel durch ein

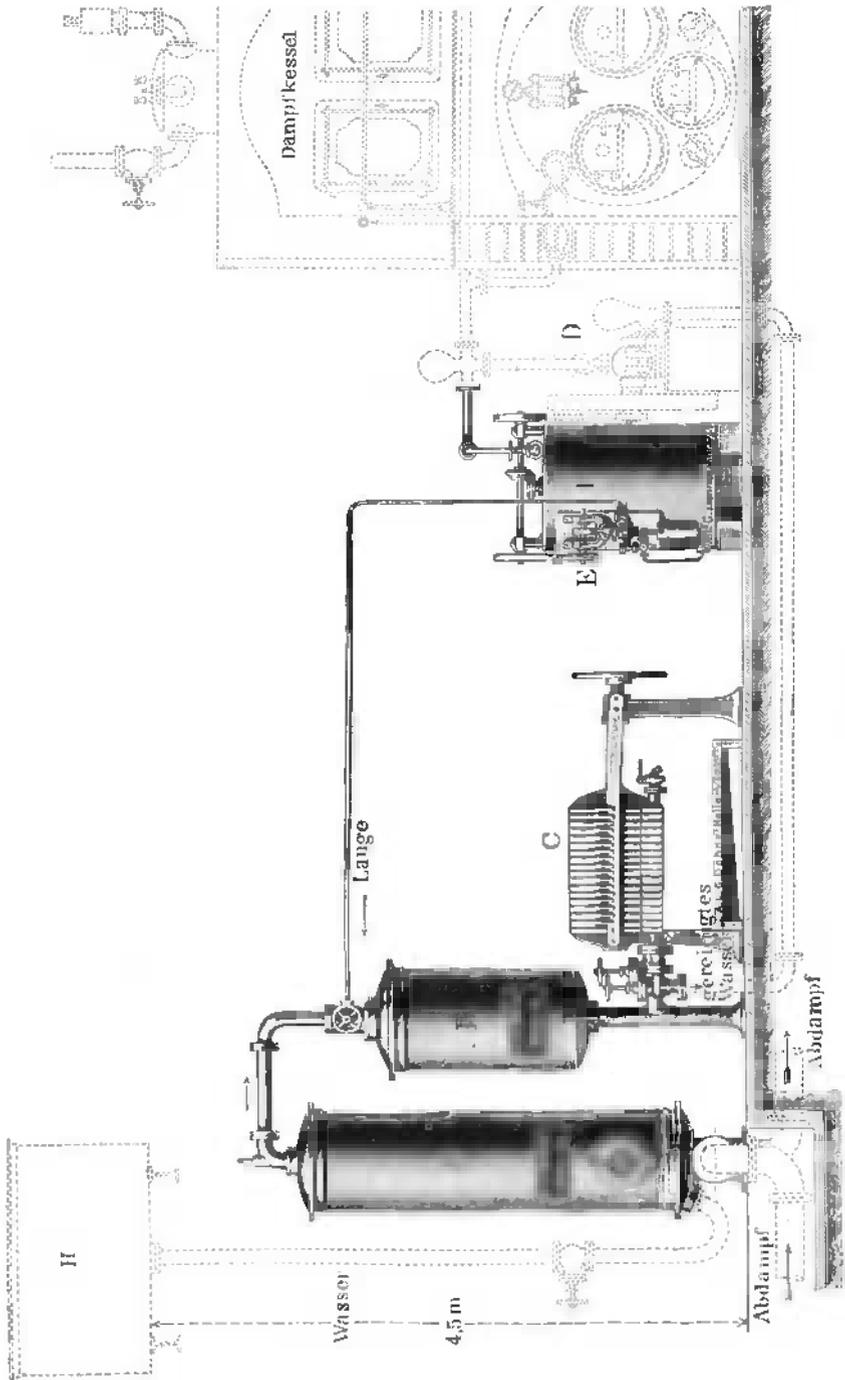


Fig. 174.

bis zum Kesselboden reichendes, mit einem Dampfmantel *U* versehenes Rohr *V*, sowie durch ein kürzeres, nicht umhülltes Rohr *R* verbunden. Wegen der stärkeren Erwärmung im Rohre *V* wird das Wasser in diesem Rohre emporsteigen, durch das Rohr *R* aber wieder herunterfallen. Der

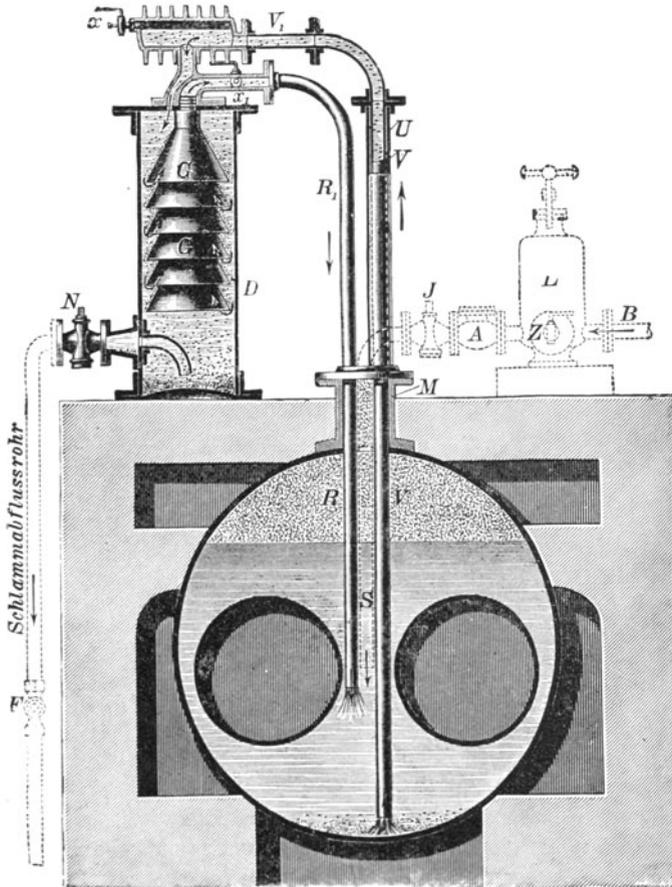


Fig. 175.

Zylinder *D* ist derart mit Blecheinsätzen *G* versehen, daß das durch *V* hinaufgelangte Wasser den mitgerissenen Schlamm in *D* absetzt, der dann durch den Hahn *N* abgelassen werden kann.

Die dem Speisewasser zuzusetzenden Chemikalien werden entweder in das etwa vorhandene Speisereservoir gegeben, oder es ist in der Speiseleitung noch ein besonderer Topf *L* zur Aufnahme der Chemikalien eingeschaltet.

### 34. Kesselhausbekohlung und Aschenentfernung.

Für die Wirtschaftlichkeit einer Kesselanlage ist die billige und sichere Anfuhr von Brennstoff und Abfuhr von Asche von Wichtigkeit. Es ist deshalb besonders bei größeren Anlagen Wert zu legen auf den Anschluß von Eisenbahngleisen oder die Nachbarschaft eines Flusses oder eines Kanals. Ferner ist es von Wichtigkeit, Vorratsräume für den Brennstoff zu schaffen, damit man im Falle von Streiks oder sonstigen Störungen in der Kohleanfuhr den Betrieb nicht einzustellen braucht.

Nachdem nun außerdem sich die mechanischen Feuerungen immer mehr einführen, erscheint es wichtig, auch für eine mechanische Kohlenzufuhr zu den Feuerungen zu sorgen. Dieselbe bietet besonders bei größeren Anlagen bedeutende Vorteile, kann aber auch bei mäßig großen und kleineren Anlagen von erheblichem Nutzen sein. Außer, daß man dabei an Personal sparen kann, ermöglicht die mechanische Bekohlung die Lagerung genügender Kohlevorräte in Bunkern, die über den Heizerständen liegen und so keine besondere Grundfläche fortnehmen, aber auch bei kleinen Anlagen entlastet sie den Heizer, so daß er sich besser der guten Verbrennung des Brennstoffes widmen kann. Als mechanische Bekohlungsanlagen kommen nun hauptsächlich in Betracht:

- Elevatoren,
- Transportschnecken und Spiralen,
- Bandförderungen,
- Becherketten (Conveyor),
- Hängebahnen.

#### 1. Elevatoren.

Bei kleineren Kesselanlagen bis zu höchstens drei Kesseln kann man eventuell mit der Bekohlung durch einen Elevator auskommen. Fig. 176 bis 178 zeigen eine solche Anlage, die von K. und Th. Möller in Brackwede ausgeführt ist. Ein Elevator fördert die Kohle mit Hilfe von drei Auslaufrinnen in einen vor drei Kesseln liegenden Bunker aus Eisenbeton, aus dem die Kohle direkt in die Trichter der automatischen Feuerungen rutscht. Die Elevatoren selbst bestehen aus Bechern, die vorwiegend durch zwei eiserne Rundeisenketten, zuweilen auch durch sogenannte Stahlbolzenketten und durch Gurten aus Baumwoll-, Hanf- und Stahldrahtgeflechten verbunden sind. Die Becher werden aus Temperguß oder aus gefalztem Stahl- oder Eisenblech mit Randeinfassung hergestellt. Die Füllung der Becher wird häufig zu zwei Drittel bis drei Viertel genommen. Die Umlaufgeschwindigkeit muß eine genügend große, bei Steinkohlen Nuß IV ca 1 m, bei größeren Stücksorten etwas geringer sein, damit die Kohle oben gut abgeworfen wird. Am unteren Ende des Elevators befindet sich der Schöpftrog, in dem die Becher gefüllt werden. Es ist aber

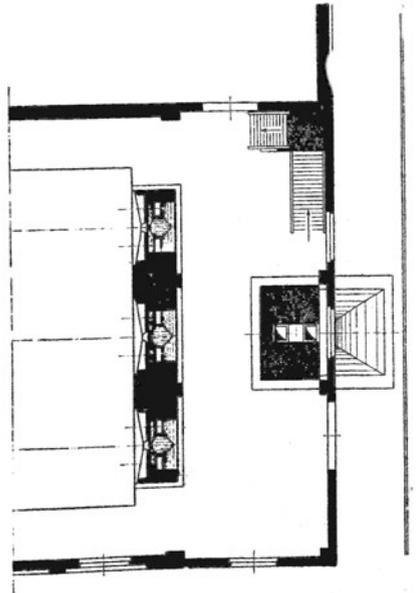
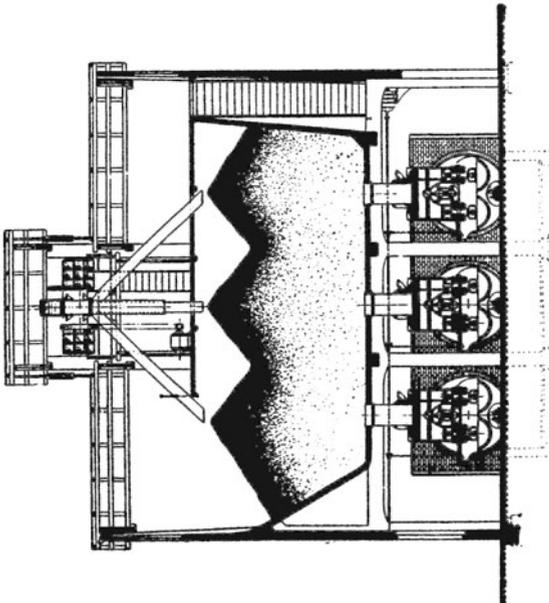
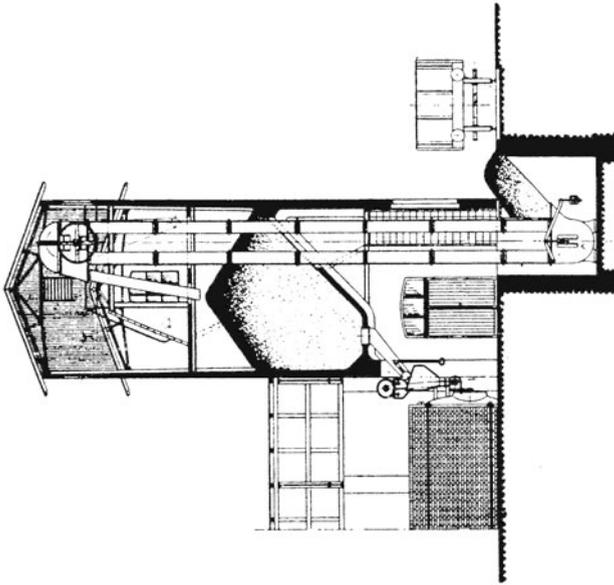


Fig. 176 bis 178.

nicht gut, die Kohle einfach in den Schöpftrog rutschen zu lassen, da dann von den Bechern vieles zermahlen wird und auch der Kraftbedarf ein bedeutender wird. Man wendet deshalb besondere Füllvorrichtungen an.

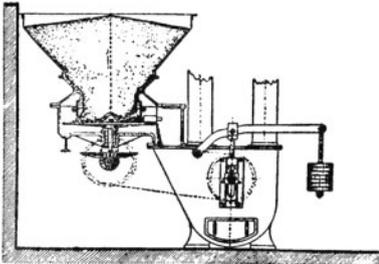


Fig. 179.

Eine solche Füllvorrichtung von K. und Th. Möller in Brackwede ist in Fig. 179 dargestellt. Die Vorrichtung besteht aus einem gußeisernen Teller, der sich langsam um die vertikale Achse dreht. Ein über dem Teller beweglich und einstellbar angeordneter teleskopartiger Ring regelt die Größe des Schüttkegels auf dem

Teller. Vom Rande des entstehenden Schüttkegels streicht ein feststehender Schaber die genau einstellbaren Mengen ab.

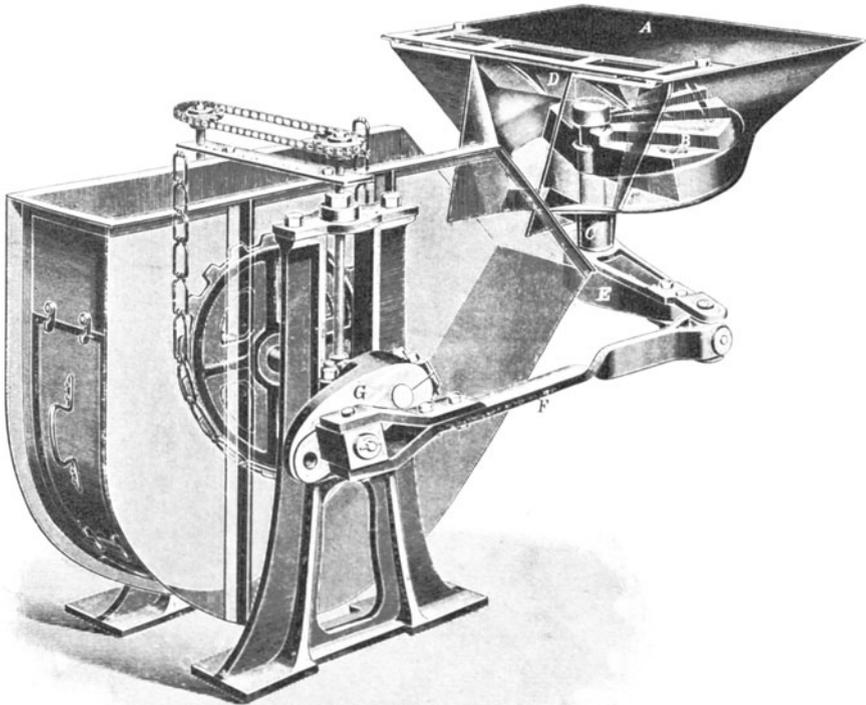


Fig. 180.

Eine andere Füllvorrichtung, die der Maschinenfabrik Münckner & Co. in Bautzen patentiert ist, ist in Fig. 180 dargestellt. An der tiefsten

Stelle eines Kohleinwerfbunkers ist ein gußeiserner Trog *A* eingebaut. Auf dem Boden dieses Troges liegt der mit der Welle *C* eine hin und her drehende Bewegung ausführende Ringschieber *B*. Die Bewegung des Ringschiebers wird von Welle *C* durch einen Mitnehmer ausgeführt, dessen Konstruktion ein geringes Abheben des Schiebers gestattet, damit dieser sich nicht festlaufen kann. Die stehende Welle *C* wird vermittle des Hebels *E* und der Schubstange *F* von einer Kurbel *G* angetrieben. Der Ringschieber ist von der Mitte aus nach beiden Seiten hin mit einigen Stufen versehen. Bei der hin und herschwingenden Bewegung rutscht daher die Scheibe unter der Kohle, ohne dieselbe zusammendrücken. Die vor die Stirnflächen der Segmentscheibe herabfallenden Kohlen werden der offenen Seite des Trichters zugeschoben. Der Kraftverbrauch des Ringschiebers ist gering. Denselben Apparat verwendet die Firma auch bei ihren Wurffeuerungen, und sie ist gerade hierdurch in den Stand gesetzt, jeglichen Brennstoff gleich gut zu verfeuern. Diese Füllapparate lassen sich auch zum Beschicken von Schnecken und Transportbändern benutzen.

Der Kraftbedarf eines Doppelkettenelevators von 200 mm Becherbreite und 10 m Achsenabstand beträgt ca. 1—1,5 PS. Mit einem solchen Elevator lassen sich bei 35 Minutenumdrehungen und halber Füllung der Becher stündlich 7 cbm fördern.

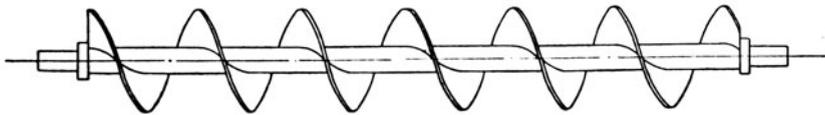


Fig. 181.

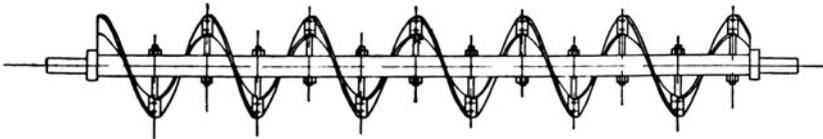


Fig. 182.

## 2. Transportschnecken und Spiralen.

Zur Förderung in wagerechter oder mäßig geneigter Richtung finden in kleinen und mäßig großen Kesselanlagen hauptsächlich die Transportschnecken (Fig. 181) oder Spiralen (Fig. 182) Verwendung. Es ist gut, den Durchmesser der Schnecken nicht zu klein, am besten nicht unter 300 mm und die Füllung bis etwa ein Drittel zu wählen, damit die Welle frei laufen kann und keine großen Widerstände entstehen.

Eine Transportanlage mit Schnecken der Firma J. A. Topf & Söhne in Erfurt zeigen die Fig. 183 und 184. Ein Elevator bekommt die Kohle

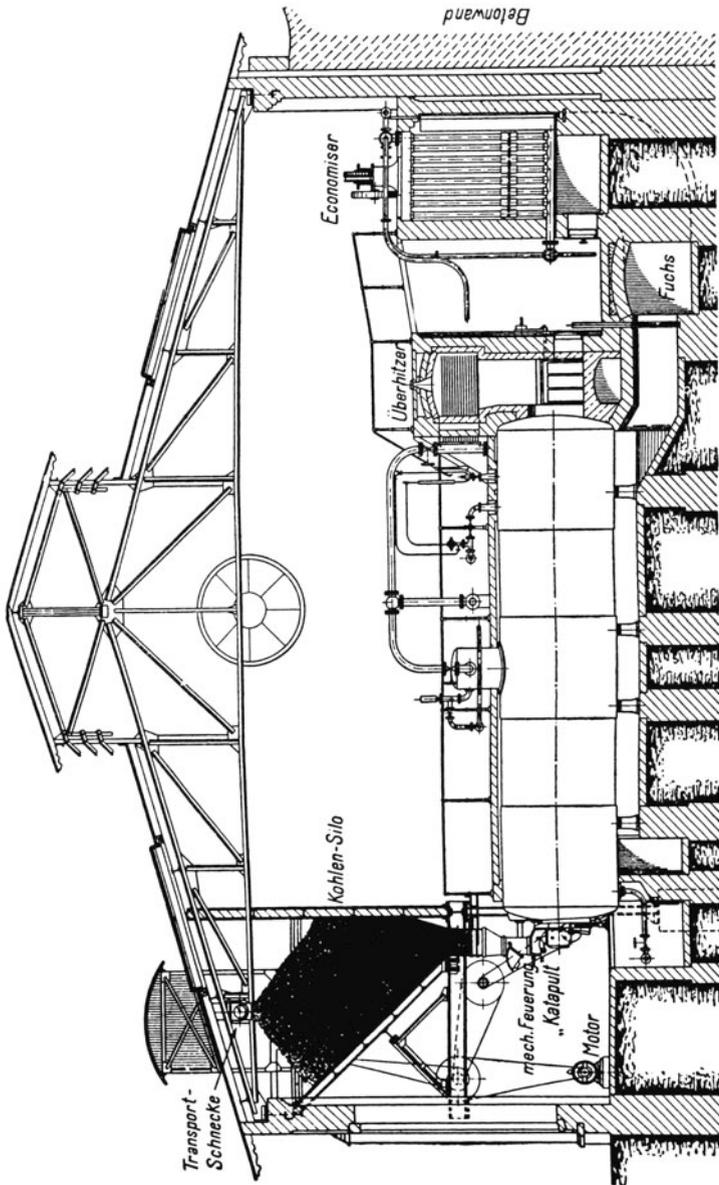


Fig. 188.

aus einem tiefliegenden Kohleneinwerfbunker und fördert sie in die Rinne einer über den Hochbunkern liegenden Schnecke, die die Kohlen auf die Bunker verteilt.

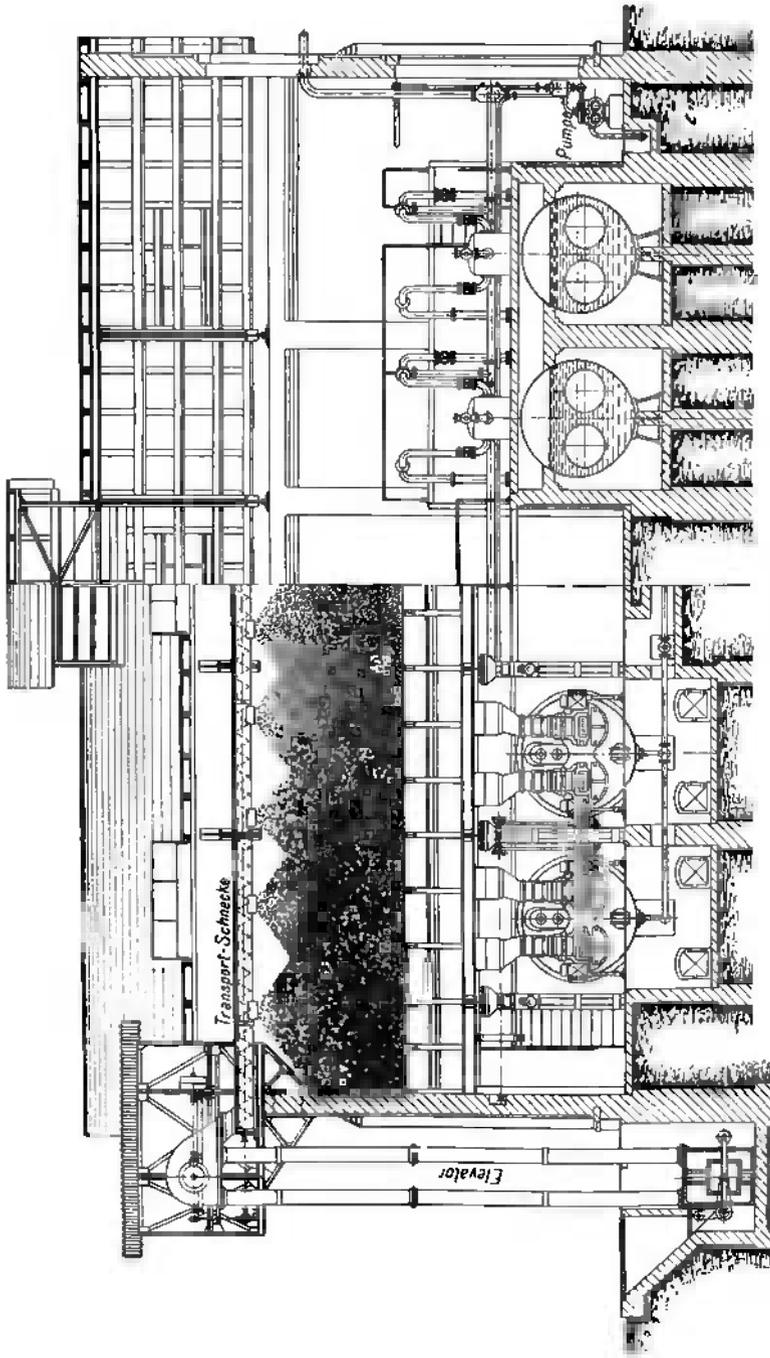


Fig. 184.

In Fig. 185 ist ein Befestigungskloben einer aus Flacheisen bestehenden Spirale von 300 mm Durchmesser der Maschinenfabrik Müncker & Co. in Bautzen dargestellt, während Fig. 186 die von derselben Firma ausgeführte Lagerung der Spiralwelle zeigt. Es ist bei diesen Konstruktionen für einen möglichst geringen Widerstand und eine vorzügliche Schmierung der Lager gesorgt.

Die Schnecken und Spiralen werden rechts- oder linksgängig hergestellt. Der Trog wird aus Schmiedeeisen oder bei feuchten Kohlen besser

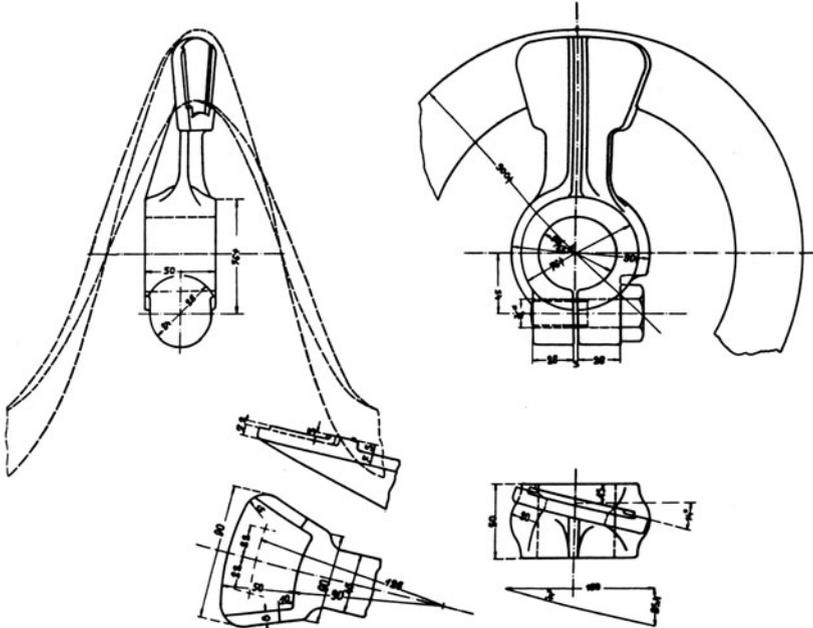


Fig. 185.

aus Gußeisen hergestellt. Die Stirnwände bestehen der Lagerung der Welle wegen aus Gußeisen.

Der Kraftbedarf einer 10 m langen Förderschnecke beträgt nach Münckner & Co. etwa 0,5—0,75 PS. Die stündliche Leistung einer Schnecke von 300 mm Durchmesser ist bei 80 Umdrehungen etwa 7 cbm.

### 3. Bandförderung.

Die Band- oder Gurtförderer bestehen aus einem endlosen Band aus Gummi, Leder, Ballata, Hanf oder Baumwolle, einer Antriebs- und einer Spannrolle, sowie einer Anzahl Tragrollen in 1,5—2 m Entfernung von einander. Die Tragrollen werden gewöhnlich als einfache zylindrische Rollen ausgeführt, sind aber vielfach auch aus drei gegeneinander geneigten

Zylindern hergestellt, so daß das Band eine Muldenform annimmt. Letzteres ist jedoch für die Haltbarkeit des Bandes von großem Nachteil und daher nicht zu empfehlen. Das Band liegt gewöhnlich horizontal, kann

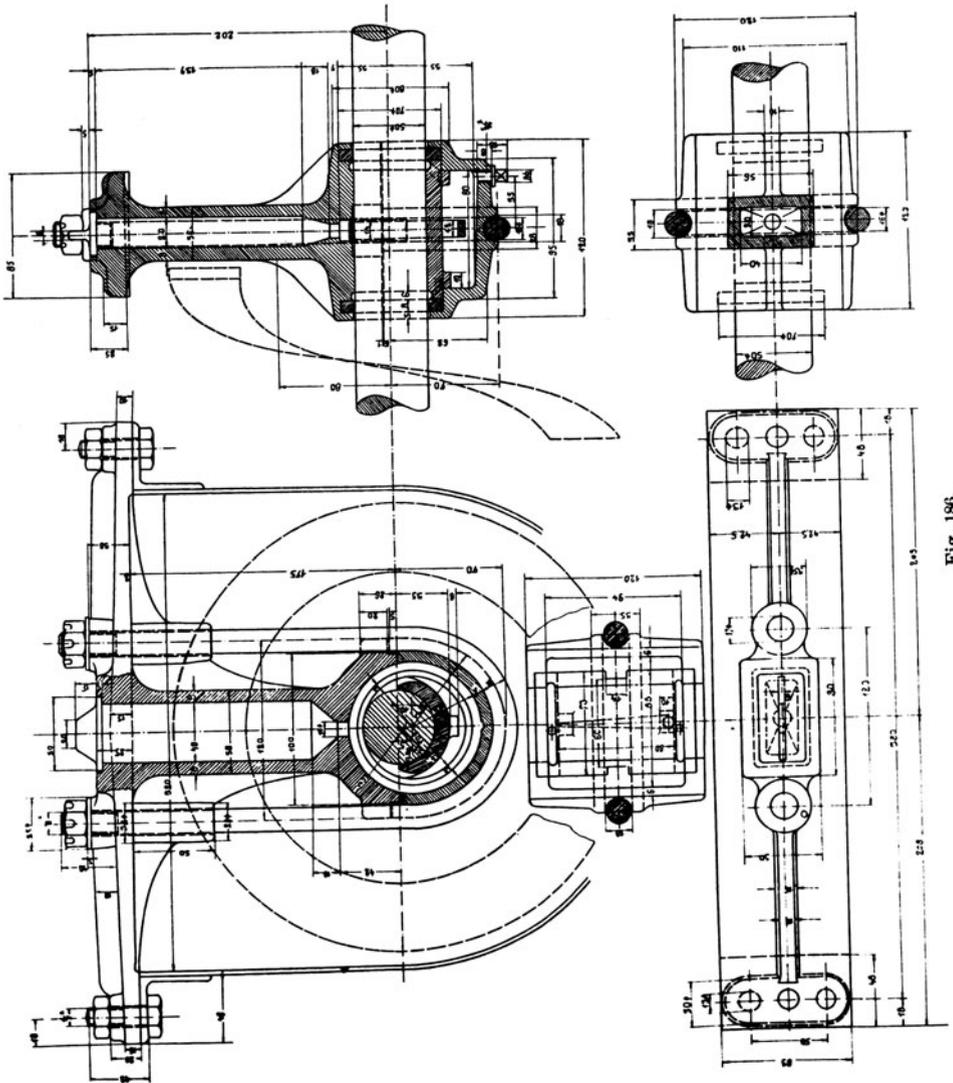


Fig. 186.

aber in einem Winkel bis etwa  $25^\circ$  ansteigen. Das Fördergut kann an beliebiger Stelle auf das Band geleitet werden und wandert dann mit dem Bande geräuschlos entweder bis zum Ende oder wird durch einen Abstreicher mit dahinter geschalteter rotierender Bürste oder mit Hilfe eines

Abwurfwagens an beliebiger Stelle abgeworfen und gelangt dann in die Bunker.

Eine solche Bandförderung für eine Kesselanlage mit 16 Zweiflammrohrkesseln, ausgeführt von der Maschinenfabrik Münckner & Co. in Bautzen, ist in Fig. 187 dargestellt, der zugehörige Abwurfwagen ist in den Fig. 188—190 wiedergegeben. Von den Kesseln und dem Kesselhaus ist nur ein Teil gezeichnet. Die Anlage ist für eine stündliche Leistung von ca. 15 000 kg Kohle bestimmt. Das Anschlußgleis führt

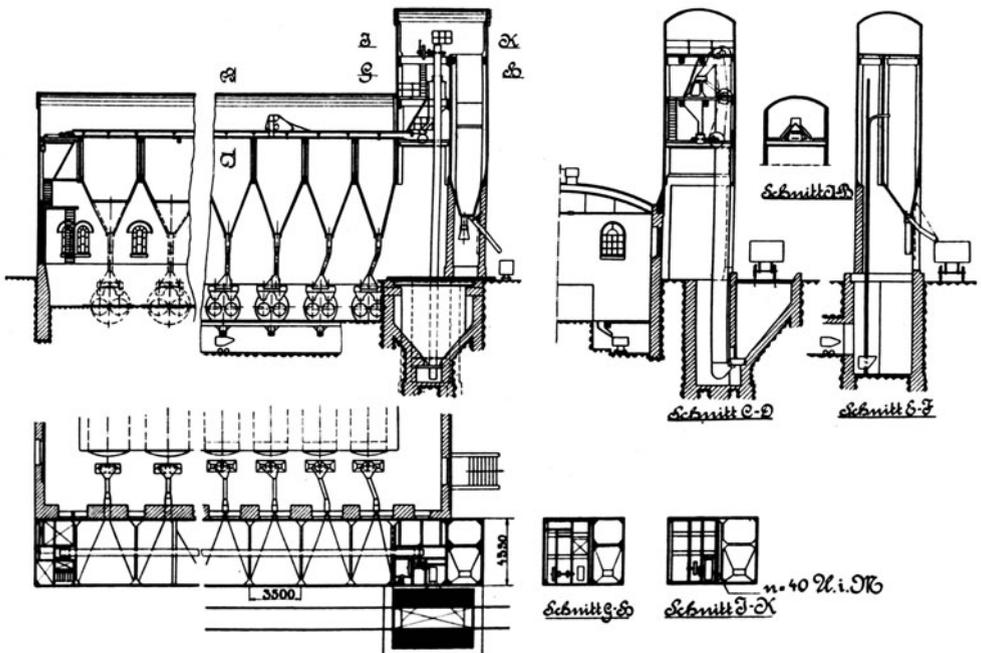


Fig. 187.

direkt über die Bunkergrube, und hier erfolgt durch Öffnen der Seitenwände bzw. Türen des Kohlenwagens das Beschicken dieser Grube. Im tiefsten Punkt derselben ist der schon beschriebene und in Fig. 180 dargestellte Ringschieberspeiseapparat der Firma untergebracht. Dieser fördert in den senkrecht angeordneten Elevator, dessen Ausschüttungen in einen automatischen Wagen erfolgen. Von hier gelangt die Kohle durch einen im Unterteil zusammengezogenen Trichter auf den Bandförderer, der die Kohle über den ganzen Bunker des Kesselhauses verteilt.

Das Abwerfen der Kohle geschieht durch den in Fig. 188—190 angegebenen Abwurfwagen. Das Band oder der Gurt erhält im Wagen selbst eine S-förmige Biegung, und das Fördergut fließt durch die rechts und

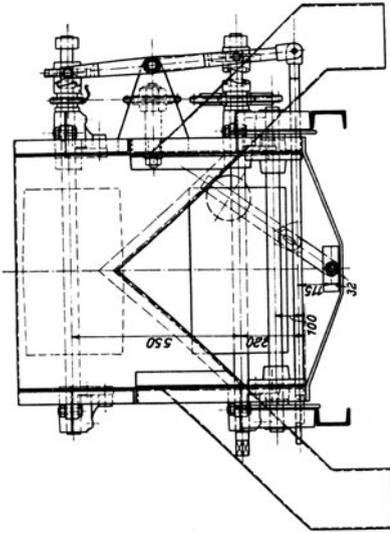
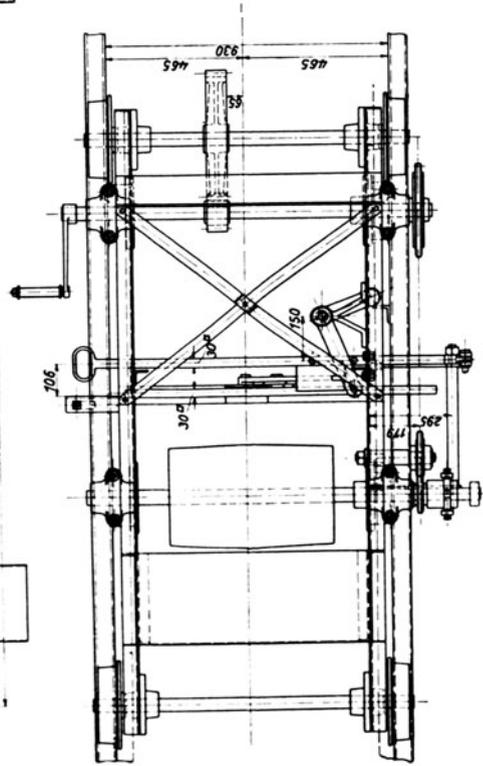
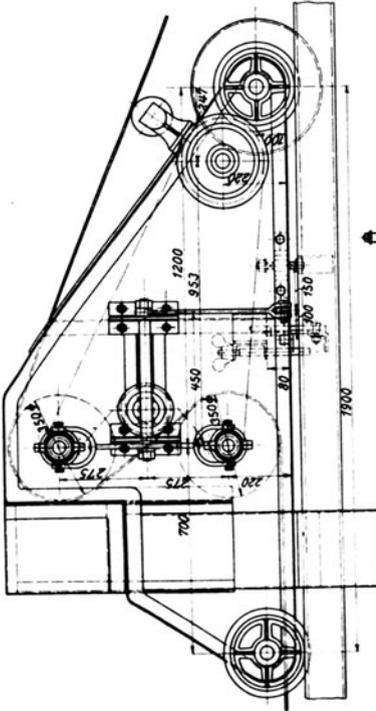


Fig. 188 bis 190.



links vom Wagen angeordneten Ausläufe den Bunkern zu. Durch eine mechanische Schaltvorrichtung ist man in der Lage, den Wagen dauernd über den gesamten Hochbunker längs zu fahren. Die Schaltvorrichtung selbst besteht darin, daß sich an der oberen und unteren Gurttrommel des Wagens Klauen mit Zahnrädern befinden, in die durch eine senkrecht angeordnete Hebelvorrichtung Gegenklauen eingreifen. Zwischen den beiden Gurttrommeln in der gleichen Ebene der erwähnten Klauen mit Zahnrädern befindet sich ein weiteres Kettenrad als Spannrاد, und ein viertes Kettenrad ist am Ende des Wagens mit einer Welle verbunden, auf der ein kleineres Zahnrad sitzt. Dieses wiederum arbeitet auf ein größeres Zahnrad, welches fest auf die eine Achse des Abwurfwagens aufgekeilt ist. Je nachdem nun der vertikal angeordnete Hebel mit seiner Gegenklaue in die Klaue mit Zahnrad an der oberen und unteren Gurttrommel eingreift, geschieht die Bewegung des Wagens nach rückwärts oder vorwärts. Das Einschalten des senkrecht angeordneten Hebels ist ebenfalls aus der Zeichnung zu ersehen und erfolgt durch eine Hebelübersetzung und einen Anschlag, welcher letzterer an der Fahrbahn des Wagens angebracht ist. Um jedoch den Abwurfwagen auch von Hand verfahren zu können, ist man in der Lage, durch einen einfachen Handgriff beide Klauen auf Mittel- oder Nullstellung zu bringen, so daß weder die obere noch die untere Klaue mit Zahnrad eine Bewegung des Wagens ermöglicht. Man kann dann mit einer Kurbel, die auf der Achse des erwähnten kleinen Stirnrades sitzt, den Wagen von Hand aus an jede beliebige Stelle verfahren.

Aus den einzelnen Bunkerabteilungen wird die Kohle durch entsprechend angeordnete Ausläufe den Trichtern der Rostbeschickungsapparate zugeführt. Diese Ausläufe sind mit Schiebergarnituren versehen, so daß ein vollständiges Abdrosseln des Kohlenzulaufs ohne weiteres möglich ist.

Die Endrolle des Gurtförderers ist in einem fahrbar angeordneten Wagen verlagert, an dessen Ende ein Ketten- oder Seilzug angreift, an dem sich ein Gegengewicht befindet, wodurch der Gurt straffgehalten wird und ein gerades Laufen desselben gewährleistet wird.

Der Antrieb der Kohlentransportanlage erfolgt durch einen Elektromotor, der ein Zwischenvorgelege antreibt, und von dem aus der Bandförderer als auch die automatische Wage und der Elevator angetrieben werden.

In Verbindung mit der Kohlenförderanlage ist in diesem Falle eine Aschentransportanlage eingebaut, die in folgender Weise wirkt:

Vor den einzelnen Zweiflammrohrkesseln befinden sich kleine Betonbunkertaschen, in die die Asche abgezogen werden kann. An dem auslaufartigen Unterteil dieser Betontaschen ist ein Bogenschieber vorgesehen, welcher geöffnet wird, sobald ein Vorderkipper unter den Aus-

lauf gefahren wird. Die Asche fließt dann in diesen Kipper und wird auf Feldbahngleisen nach dem Ascheaufzug gefahren. Bei außer Betrieb befindlichem Ascheaufzug befindet sich dessen Fördergefäß in der tiefsten Stellung (Schnitt *EF*), und ist dann die Sicherheitstür, die den Asche-raum vom Aufzugsschacht trennt, geöffnet. Die Asche wird in das Fördergefäß entleert und nach Zurückziehung des Vorderkippers der Ascheaufzug durch ein einfaches Steuerseil in Bewegung gesetzt. Im höchsten Punkte entleert sich das Aschengefäß, durch einen elektrischen Windenaufzug betätigt, selbsttätig in einen Betonbunker, aus dem die Asche später durch einen Auslauf in einen Normalspurwagen oder durch einen nach einer anderen Seite gehenden Auslauf in auf Feldbahngleisen laufende kleine Hunde gelassen wird.

Der Kraftbedarf eines glatten Bandförderers mit imprägniertem Baumwollgurt von 450 mm Breite beträgt bei 10 m Länge etwa  $\frac{1}{2}$  bis 1 PS.

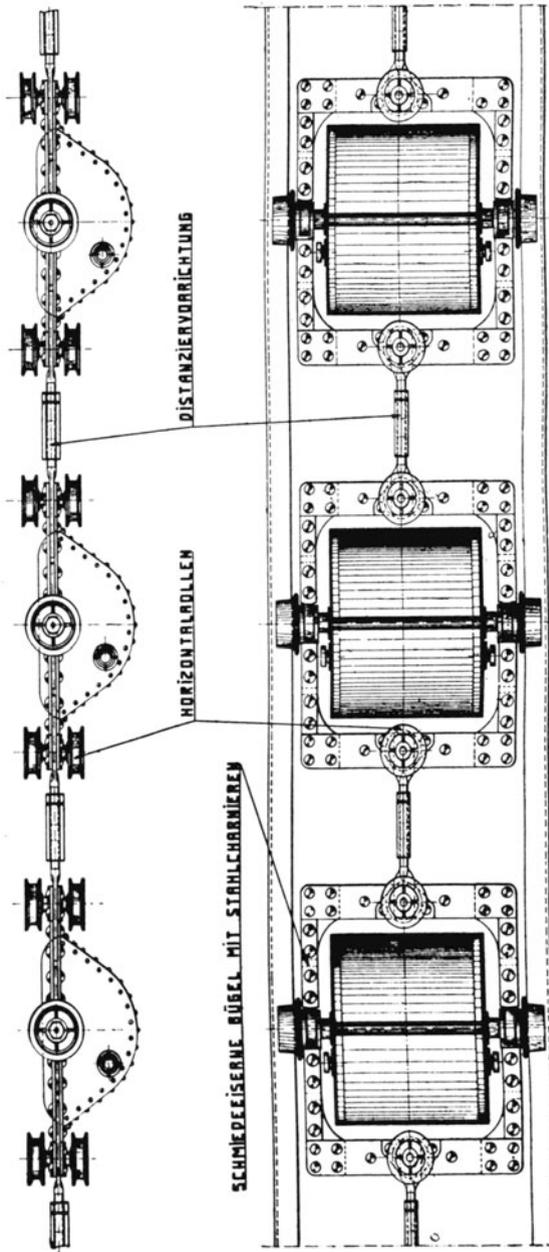
#### 4. Becherketten (Conveyor).

Ein Conveyor besteht aus einer Anzahl endlos hintereinander geschalteter Wagen, in welchen das Fördergefäß (Becher) pendelnd gelagert ist, so daß sich dasselbe in allen Stellungen durch sein eigenes Gewicht so einstellt, daß ein selbsttätiges Umkippen und damit die Entleerung des Bechers in Kurven ausgeschlossen ist. Die modernen Conveyor bieten den Vorteil, daß man mit ihnen Massengüter von einem Ort ohne Verladung zu einem beliebigen anderen Ort ohne große Widerstände und mit geringem Kraftaufwand führen und selbsttätig ausladen kann.

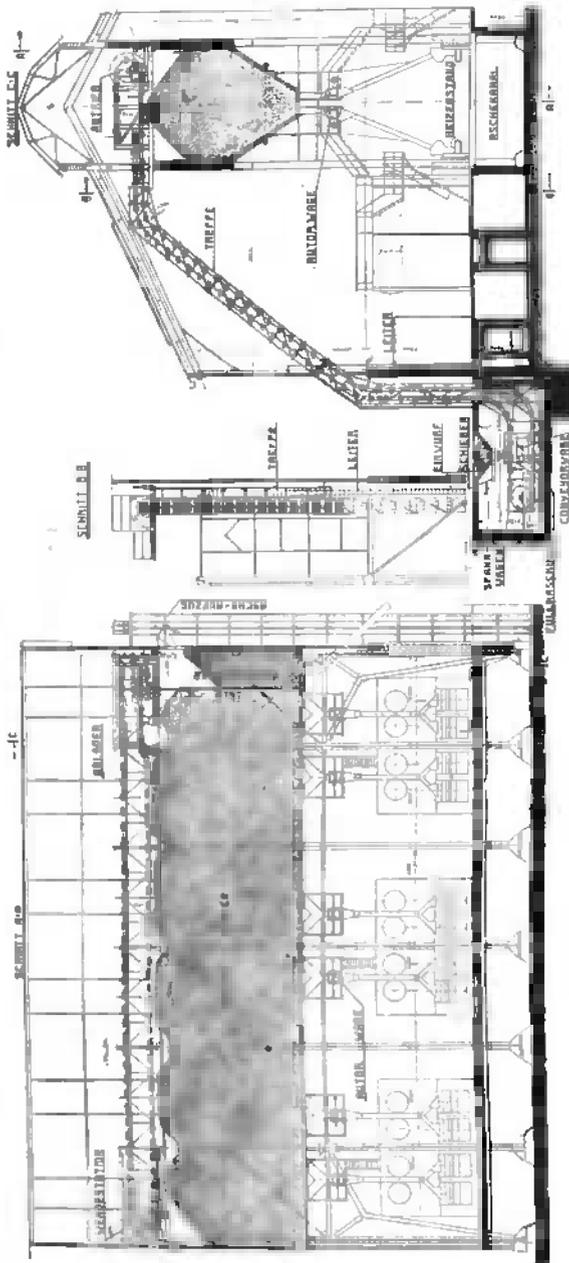
In Fig. 191 ist die Bauart der Becherkette der Conveyor Baugesellschaft Berlin in Berlin-Weißensee angegeben. Die Kette kann sowohl horizontale wie vertikale Kurven durchfahren ohne nennenswerten Kraftverbrauch. Damit bei den horizontalen Kurven an den Laufrollen keine großen Widerstände entstehen, sind Leitrollen mit vertikalen Achsen angeordnet, die sich an horizontalen Schienen führen.

In Fig. 192 ist eine Conveyoranlage der Firma wiedergegeben, wie sie für die Kasseler Haferkakaofabrik in Kassel geliefert wurde, während die in Fig. 193 und 194 dargestellte Anlage für das Kraftwerk Flensburg geliefert wurde.

In die Becherkette wird an irgendeiner Stelle, meist an einem Ende, der mit Elektromotor ausgerüstete Antrieb eingebaut. Ein solcher Antrieb der Conveyor-Baugesellschaft ist in den Fig. 195—197 dargestellt. An Stellen, wo die Kette umwendet, muß ein hauptsächlich aus zwei Scheiben bestehendes Wenderad eingebaut werden. Es wird nun entweder dieses oder der Antrieb auf einen beweglichen Wagen gestellt und mit einer Spannvorrichtung versehen, damit die Kette gespannt werden kann. In







AUTOMATISCHE KOHLENFÖRDER-  
UND VERWIEGE-ANLAGE  
FÜR DAS KRAFTWERK FLENSBURG.  
CONVEYOR-BAUGESELLSCHAFT M. B. H.  
BERLIN-WEISSENSEE

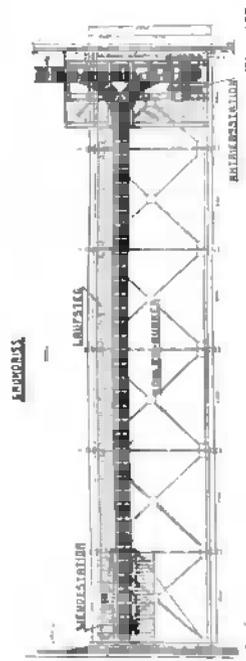


Fig. 198.

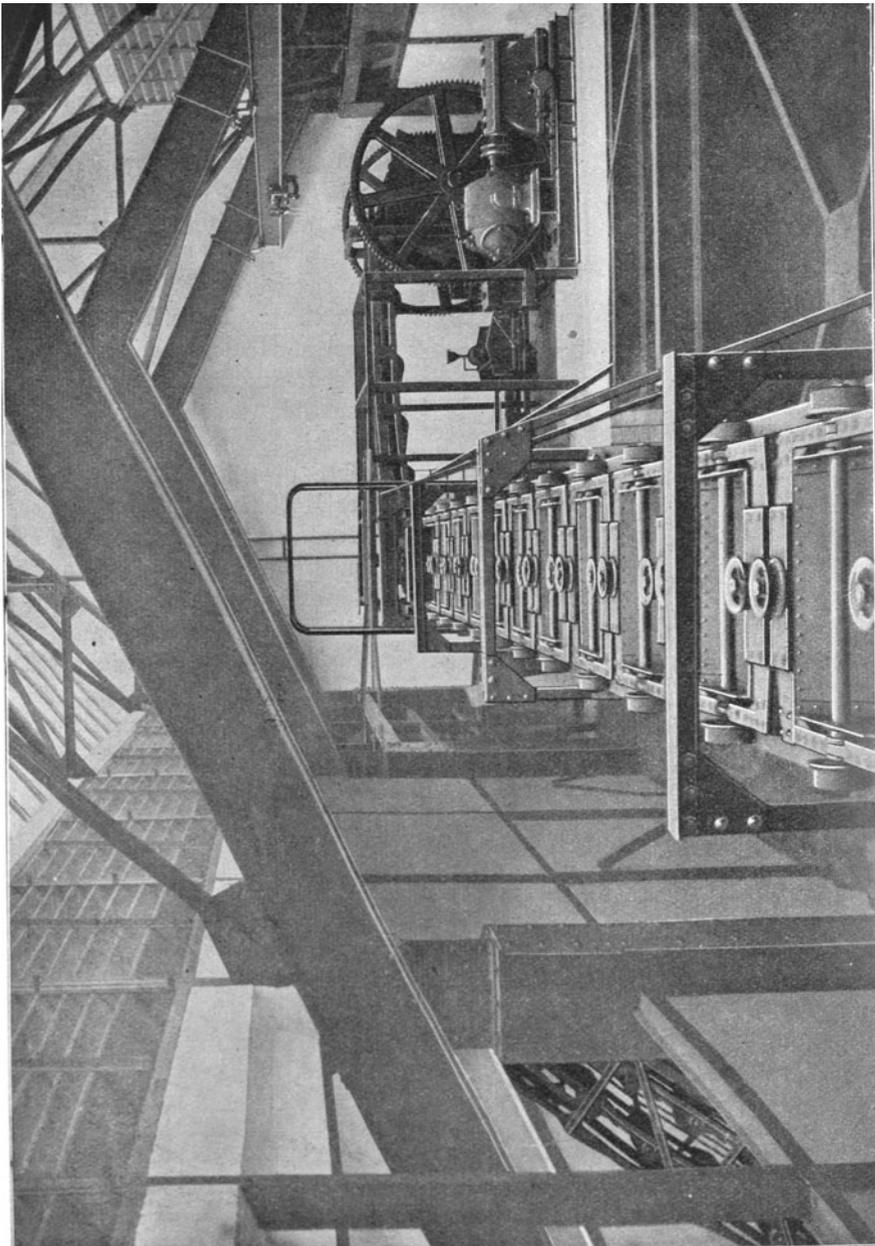


Fig. 194.

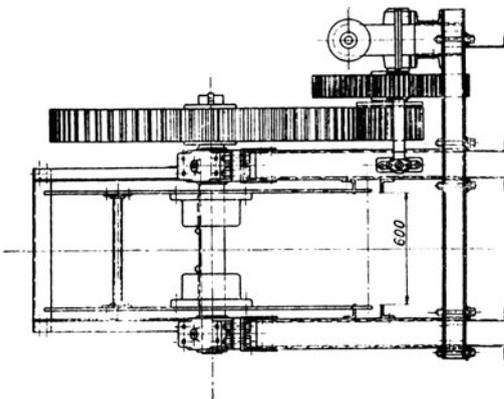


Fig. 192 ist der Antrieb fest und am unteren Ende der Kette angebracht, am oberen Ende ein Wenderad mit Spannvorrichtung. Die Spannvorrichtung besteht gewöhnlich aus einer starken Schraube, deren Mutter mit Handrad versehen ist und die sich unter Dazwischenschaltung einer kräftigen Feder gegen einen eisernen Querbalken stützt. Die in Fig. 193 und 194 dargestellte Becherkette hat drei Wendestationen. Die untere in der Nähe des Kohleneinwurfs ist mit Spannvorrichtung versehen, oben liegt an einem Ende der Hochbunker ein einfaches Wenderad, während am anderen Ende quer zur Längsachse des Bunkers der elektrische Antrieb angebracht ist.

Von großer Wichtigkeit ist eine sorgfältige Schmierung aller Laufrollen. Zu diesem Zwecke hat die Conveyor-Baugesell-

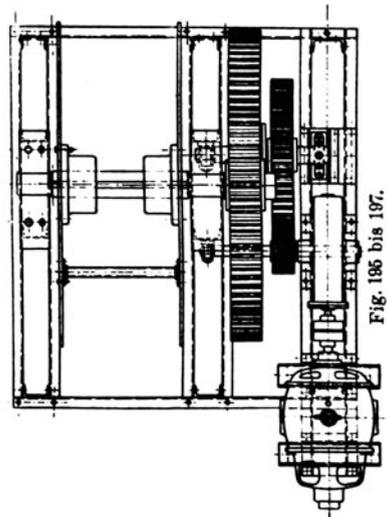
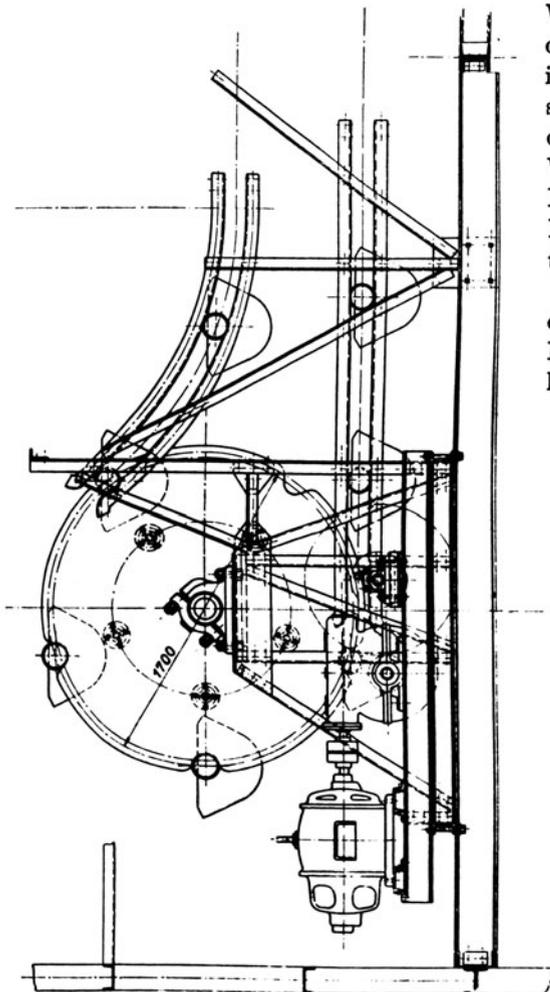


Fig. 196 bis 197.

schaft eine vollkommen sicher und selbsttätig wirkende Schmiermaschine (D. R. P.) nach Fig. 198 eingeführt. Die zwischen zwei Schie-

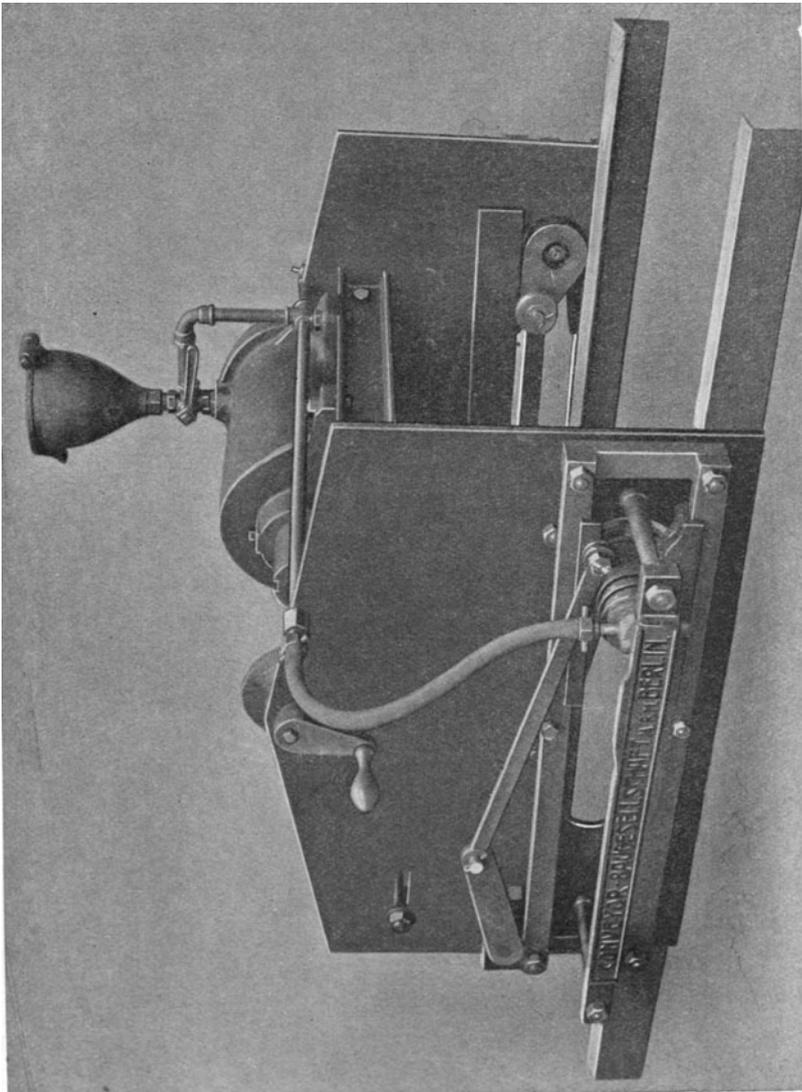


Fig. 198.

nen geführte Schmierdüse (Fig. 199) kuppelt sich selbsttätig mit der Rolle ein, wird von dieser ein bestimmtes Stück Weg mitgenommen und dann selbsttätig wieder zurückgeschoben, um die nächste Laufrolle abzuwarten.

Die Düse wird während dieser Vorwärtsbewegung an die Rolle angepreßt, dringt in den durch ein Ventil abgeschlossenen Hohlraum der Rolle ein,

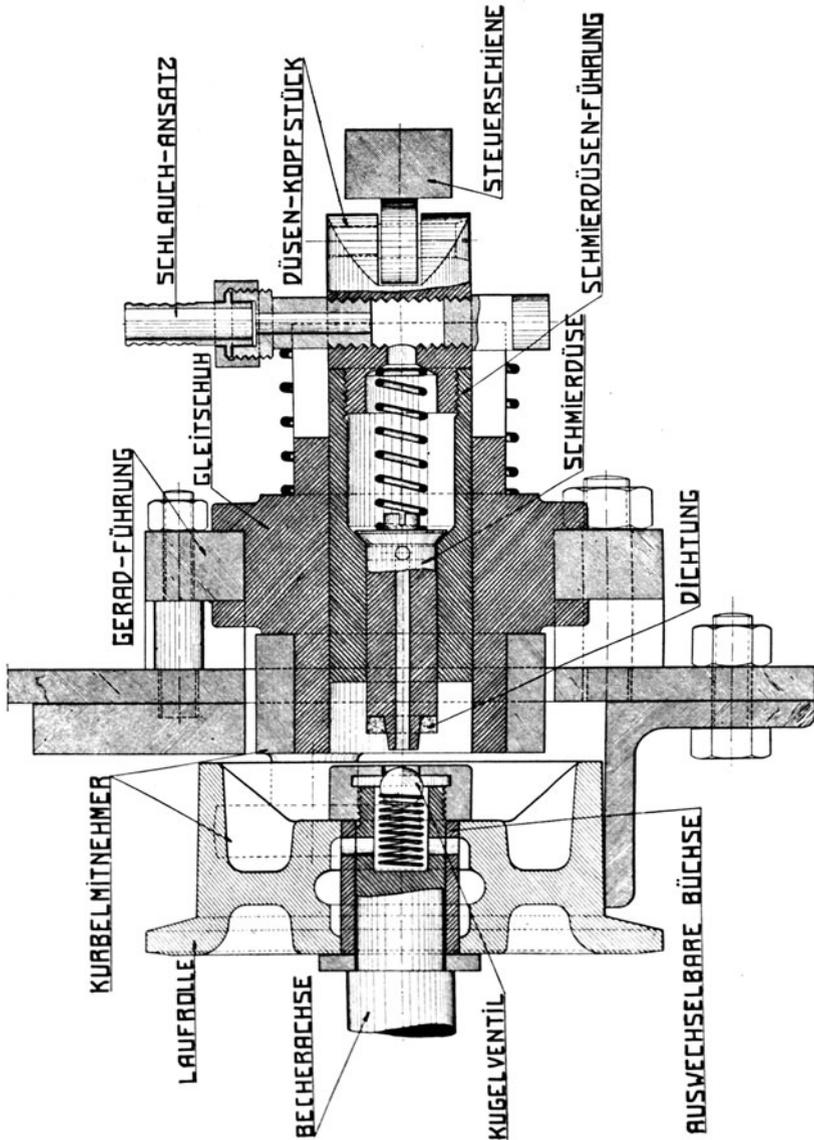


Fig. 199.

spritzt die genau geregelte Menge Schmiermaterial in diesen ein und tritt selbsttätig wieder zurück, damit beim Entkuppeln die Rolle frei weitergehen kann. Das Schmiermaterial wird in einem Pressenzylinder

unter Druck gehalten. Ein Nachfüllen ist in der Regel erst nach 1—2 Monaten nötig. Mit derselben Maschine kann man eventuell auch einmal eine selbsttätige gründliche Reinigung der Lauffläche durch reichliches Durchspülen der Lager mit Petroleum oder Benzin vornehmen. Es kann das besonders von Wert sein in Betrieben mit starker Staubentwicklung.

Gefüllt werden die Becher mit besonderen selbsttätig arbeitenden Füllmaschinen, von den die Conveyor-Baugesellschaft je nach dem zu füllenden Material verschieden gebaute Typen, die feststehend oder fahrbar geliefert werden können, anwendet.

In Fig. 200, die Teile einer Anlage im städtischen Elektrizitätswerk in Neukölln zeigt, ist noch eine Antriebsstation, die Schmiermaschine und eine Füllmaschine zu sehen. Durch Anbringung von Zählwerken an den Füllmaschinen kann man mit genügender Genauigkeit ein Messen des Materials durch Zählen der einzelnen Füllungen vornehmen.

In der Regel läßt sich mit dem Conveyor, mit dem die Kohle gefördert wird, auch die Asche zu einem entsprechenden Bunker bringen, von wo aus sie dann in Eisenbahnwagen oder andere Wagen verladen wird.

Der Kraftverbrauch von gut konstruierten und ausgeführten Becherketten ist gering. So soll nach Angabe der Conveyor-Baugesellschaft Berlin der Kraftverbrauch bei ausgeführten Anlagen der Firma von ca. 80 m Länge, ca. 9 m Steighöhe, 8 Kurven bei 15 t Leistung pro Stunde nur 1,5 PS, der einer anderen Anlage von etwa 100 m Länge, 14 m Steighöhe, 14 Vertikal- und 4 Horizontalkurven bei 12 t Leistung pro Stunde 3,2 PS betragen.

In folgendem seien noch einige Konstruktionen von Becherketten und ihrem Zubehör der Eisengießerei- und Maschinenfabrik Carl Schenck in Darmstadt aufgeführt.

Die Firma verwendet zunächst sog. Planketten nach Fig. 201 bei Ketten, die nur in einer Ebene umlaufen sollen. Die Becher werden dabei bei großen Leistungen entsprechend groß gemacht und ev. nahe aneinander gerückt. Bei schwierigen örtlichen Verhältnissen verwendet die Firma raumbewegliche Becherketten, und zwar:

1. Kurvenketten nach Fig. 202, die sowohl vertikale als auch horizontale Kurven durchlaufen können. Schmiedeiserne, auf den Achsen scharnierartig geteilte Rahmen umfassen die Becher; sie sind untereinander durch Zugstangen gelenkig verbunden.

2. Spiralketten nach Fig. 203. Bei diesen sind die Zugstangen zweiteilig und durch Kupplungsmuffen derart verbunden, daß eine beliebige Verdrehung der Kette um die Längsachse möglich ist. Man kann dadurch allen örtlichen Verhältnissen Rechnung tragen.

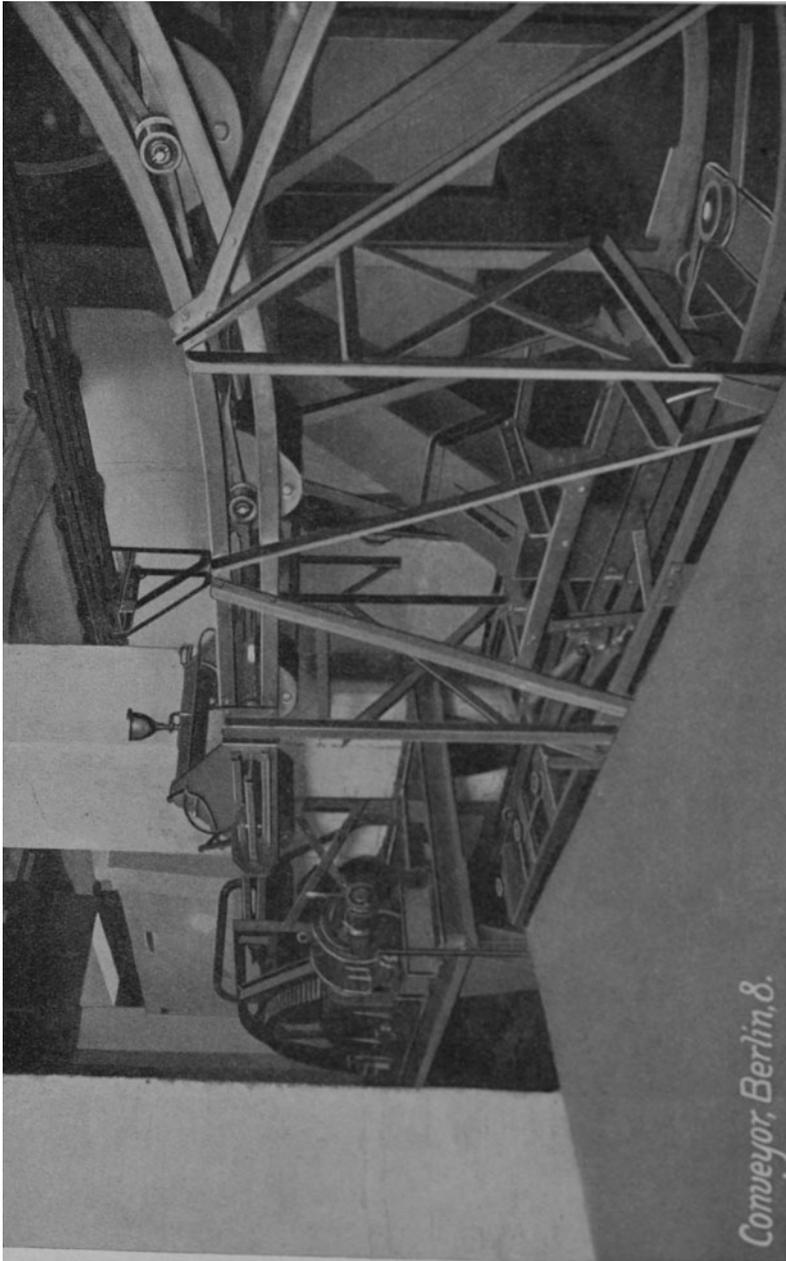


Fig. 300.

Durch eine selbsttätige patentierte Schmierung nach Fig. 204 und 205 hat die Firma für leichten Lauf der Ketten gesorgt. An den Naben

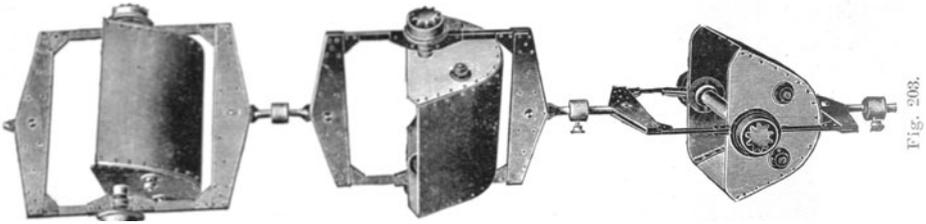


Fig. 203.

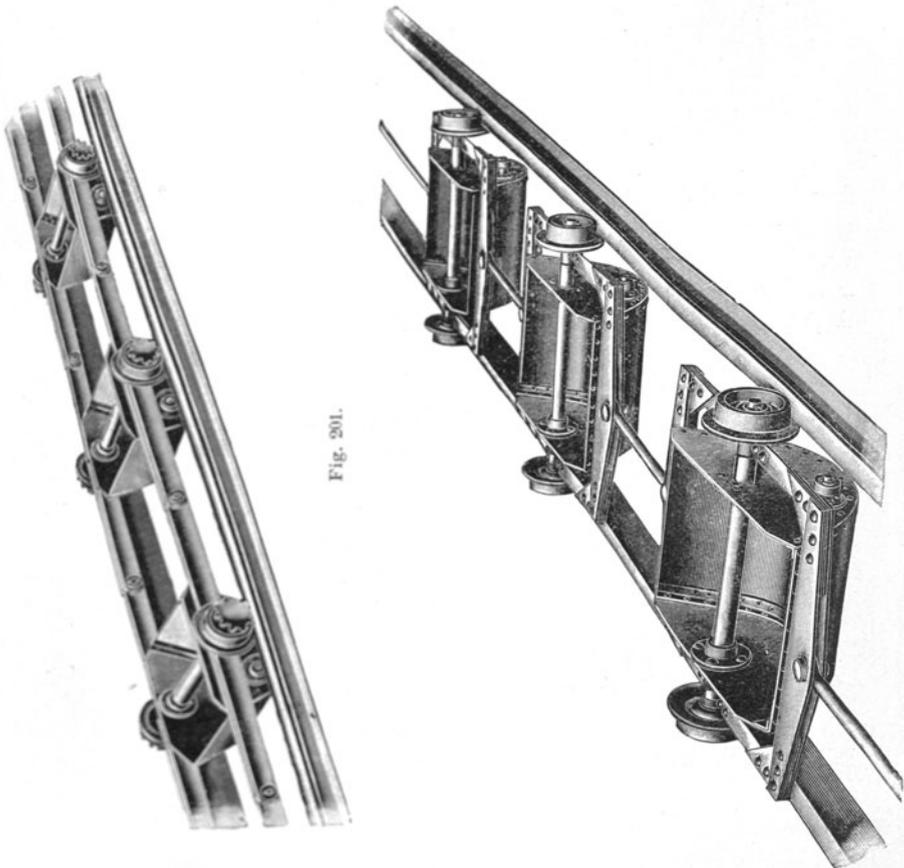


Fig. 201.

Fig. 202.

der Laufrollen R sitzen große Schmierbüchsen K, die mit konsistentem Fett gefüllt sind, und geben ihren Inhalt allmählich an die Lagerstellen ab, wenn sie von Hand oder mechanisch nachgedreht werden. Die Schmiere

dringt durch die Nabe der Rolle auch zu den auf den Laufachsen *A* scharnierartig verbundenen Rahmenhälften. Bei größeren Anlagen empfiehlt sich eine selbsttätige Nachstellung der Schmierbüchsen nach Fig. 205. Diese wird am besten an der Antriebsmaschine angebracht. Während die Becher das Antriebsrad durchlaufen, werden die Rollen *R* fest an die

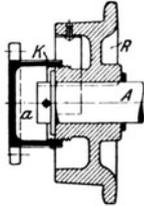


Fig. 204.

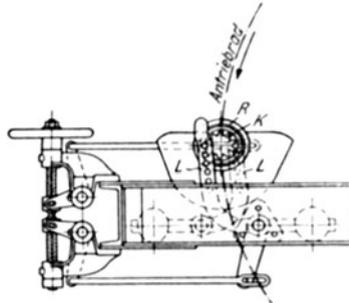


Fig. 205.

Zähne des Antriebsrades gedrückt, infolgedessen können die auf den Naben drehbaren Staufferbüchsen durch verstellbare Leitern *L* um 2—3 Zähnen, die am äußeren Rand der Büchsen *K* sitzen, nachgedreht werden. Der Verbrauch an Schmiermaterial soll nach Angabe der Firma bei einer Anlage von 300 m Länge während 100 Betriebsstunden bei einer stündlichen Leistung von 20 t etwa

6,5 kg konsistentes Fett und 8 kg Öl betragen.

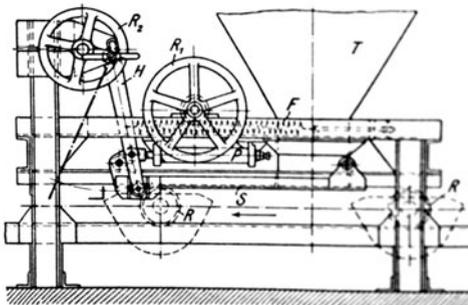
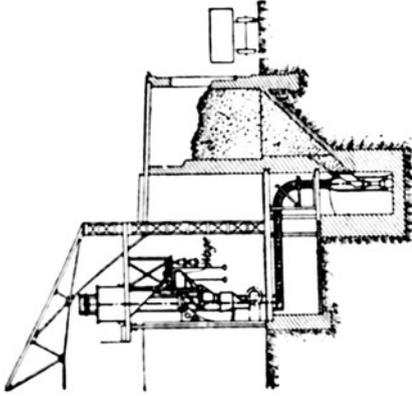


Fig. 206.

Zum Füllen der Becher verwendet die Firma je nach dem Material etwas verschiedene ausgebildete Füllmaschinen. Eine gebräuchliche Füllmaschine ist in Fig. 206 dargestellt. Unter dem Fülltrichter *T* ist ein einfacher Flachschieber *S* angeordnet, der

durch den Strang selbst geöffnet wird, wenn sich ein Becher unter dem Trichter befindet. Durch Federn *F* wird er jedesmal wieder geschlossen. Wenn nämlich die Laufrollen *R* des vorhergehenden Bechers die beiderseits angeordneten Hebel *H*, mit denen der Flachschieber *S* in Verbindung ist, bis in die punktierte Stellung vorgezogen haben, gleiten die Hebel von den Rollen ab, so daß der Abschluß plötzlich erfolgt. Luftpuffer *P* dämpfen die Rückwärtsbewegung des Schiebers *S*. Durch Verstellung des Handrades *R*<sub>2</sub> kann man die Hebel *H* höher oder tiefer stellen und damit den Schieber früher oder später schließen lassen und damit die Füllung der Becher ändern.

Die Gesamtanordnung einer von der Firma für das Städtische Elektrizitätswerk Wiesbaden gelieferten Förderanlage ist in Fig. 207—209 dargestellt.



Von dem in der Erde gelegenen Bunker werden Kohlen und Koks durch ein raumbewegliches Becherwerk, das 3 Spiralen, 9 Vertikal- und eine Horizontalkurve beschreibt, ohne Umladen in die über den Kesseln angeordneten Trichter gefördert. Der Kraftverbrauch beträgt bei einer stündlichen Leistung von 12 t und einer Förderhöhe von ca. 14 m nur 1,6 PS.

Der Antrieb ist als Spannvorrichtung ausgebildet. Fig. 210

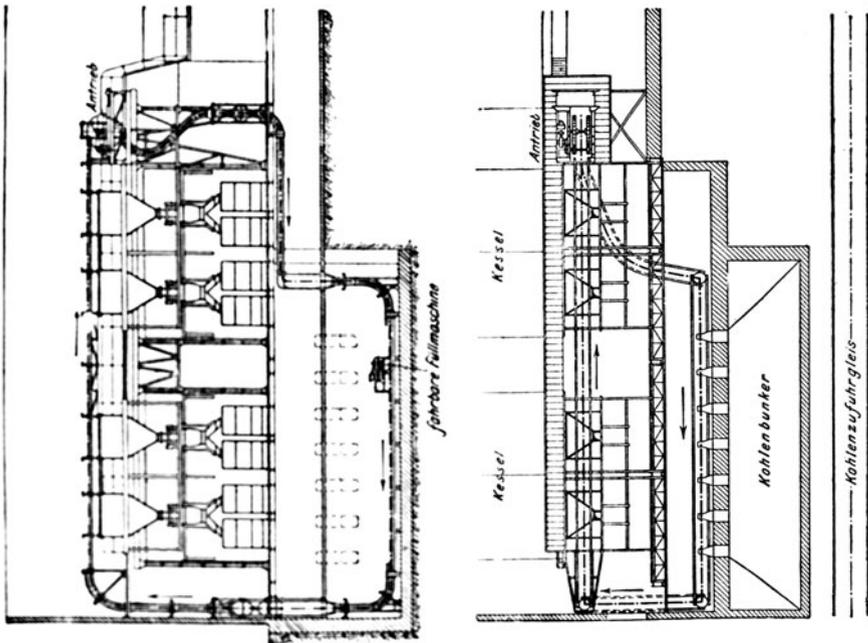


Fig. 207—209.

zeigt die Spirale im aufsteigenden Strang innerhalb des Kesselhauses und die Aufhängung der Kohlenkontrollwagen unter den Vortratrichern.

Das Abfüllen aus dem Erdbunker wird durch eine von Hand fahrbare Füllvorrichtung selbsttätig besorgt. Je nach Bedarf wird die Füll-

vorrichtung unter einen der sieben Bunkerausläufe gefahren; diese besitzen jeder einen besonderen Abschlußschieber.

Solche Becherketten lassen sich mit Vorteil auch bei kleinen Anlagen anwenden, so zeigt Fig. 211 die kleinste Ausführung einer Schenckschen Becherkette, die für einen Kessel von nur 55 qm Heizfläche der Firma

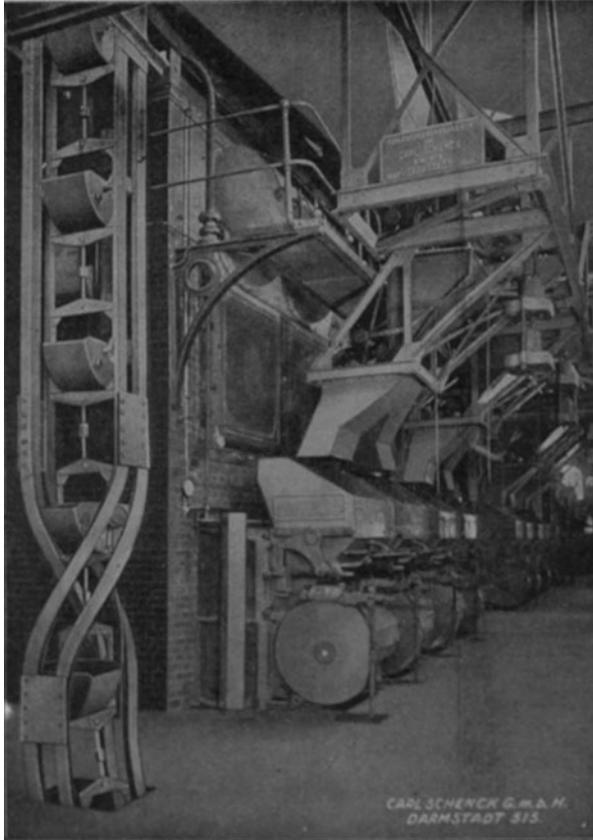


Fig. 210.

W. Frey & Co. in Pforzheim ausgeführt wurde und bei 20 m Länge eine stündliche Leistung von 4 t aufweist.

Die Firma liefert auch für Bekohlungsanlagen ganz- oder halbselfsttätige Wagen verschiedener Konstruktion. Eine halbselfsttätige Wage, die eine Genauigkeit von  $\pm 2\%$  aufweist und viel Verbreitung gefunden hat, ist in Fig. 210 unterhalb der Bunkertaschen zu sehen. Diese Wagen werden unter den Bunkerausläufen so aufgehängt, daß die Kohlen,

nachdem jedesmal ein Gefäßinhalt auf einem Zählerwerk selbsttätig registriert ist, auf die automatischen Kesselfeuerungen fallen.

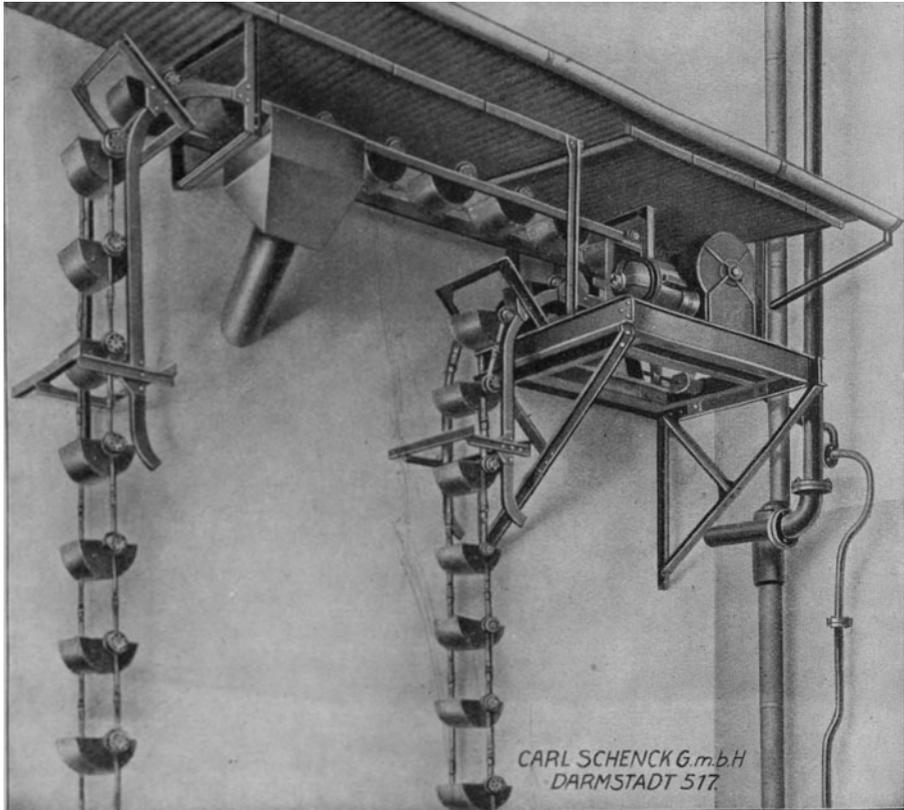


Fig. 211.

### Kraftbedarf einiger ausgeführter Anlagen:

Länge der Kette m	Stündl. Leistung t	Förderhöhe m	Senkrechte Ab- lenkungen Stückzahl	Wagrechte Ab- lenkungen Stückzahl	Längsver- drehungen Stückzahl	Kraft- bedarf PS
320	18	8	11	4	keine	5
155	6	7,5	10	4	keine	2,4
95	10	10	6	keine	keine	2
93	12	13,5	9	1	3	1,6
105	12	18	7	2	2	2,5
275	35	keine	6	8	keine	4,9
300	35	13	8	4	keine	5,9
182	30	20,5	10	2	2	7,8

### 5. Elektrohängebahnen.

Handelt es sich um die Beförderung von Massengütern auf größere Entfernungen, so können häufig Elektrohängebahnen gute Dienste leisten. Diese haben noch die Vorteile, daß sie hohe Leistungen bei geringem Kraftbedarf, daher geringe Betriebskosten und niedrige Unter-

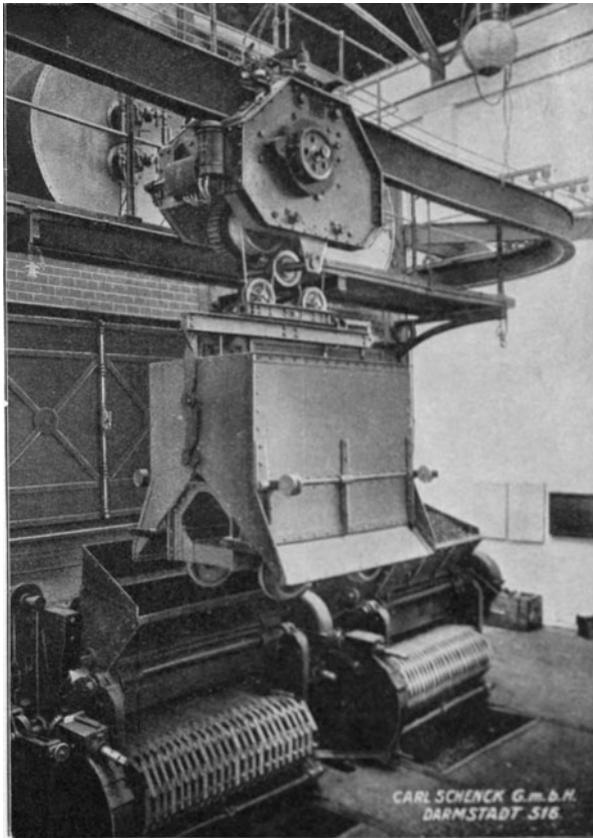


Fig. 212.

haltungskosten bei großer Betriebssicherheit und Unabhängigkeit von den Arbeitern aufweisen. Sie passen sich gut den örtlichen Verhältnissen an, können Kurven und geringe Steigungen ohne weiteres überwinden und lassen die Bodenfläche für jeden anderen Verkehr frei. Sie lassen sich auch gut mit selbsttätigen Wiegevorrichtungen versehen.

Die schon erwähnte Firma Carl Schenck in Darmstadt hat eine große Zahl solcher Elektrohängebahnen ausgeführt. Es sei hier eine An-

lage der Firma kurz beschrieben, die für das städtische Wasserwerk in Darmstadt geliefert wurde. Die Anlage dient zur Beförderung von Kohlen und Asche.

Das Kohlenlager liegt in ca. 80 m Entfernung vom Kesselhaus. Es sind Klappkübel zur Anwendung gekommen, die auf Schmalspurgleis fahrbar sind und auf fliegendem Gleis, das auf dem Boden verlegt wird, nach der Stelle des Lagers geschoben werden, an der die Kohle entnommen werden soll. Unter der auf Stützen verlegten Hängebahnschiene werden sie in Bügel gehängt und durch elektrisch betriebenes Windwerk gehoben. Nachdem sich das Windwerk in der höchsten Stellung selbsttätig ausgeschaltet hat, erhält das Fahrwerk Strom, so daß der Wagen nach dem Kesselhaus läuft. Kurz nach dem Eintritt in das Kesselhaus passieren die Wagen eine selbsttätige Wage und halten vor den Kesseln selbsttätig an. Fig. 212 zeigt den Wagen vor einem Kessel. Das Entladen der Klappkübel erfolgt hier von Hand, d. h. der Heizer öffnet die Klappe. Der Wagenkasten ist um einen senkrechten Zapfen drehbar, so daß beide Wagenabteile nach derselben Seite entleert werden können.

Zur Aschenabfuhr wird ein auf Gleis fahrbarer Kippkübel benutzt, der aus dem Aschenkeller durch eine Öffnung im Kesselhausfußboden von dem Windwerk gehoben und nach dem Hof abgefahren wird. Die selbsttätige Wage ist dann abgestellt.

Außer derartigen Hängebahnen führt die Firma noch verschiedene andere Konstruktionen, unter anderen auch selbsttätig arbeitende Wagen mit Greifer aus.

### 35. Wartung der Dampfkessel.

Bezüglich der Wartung der Kessel dürfte es angemessen sein, hier die Dienstvorschriften für Kesselwärter wiederzugeben, wie sie vom Zentralverbände der preußischen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine herausgegeben sind.

#### Dienstvorschriften für Kesselwärter.

##### Allgemeines.

1. Die Kesselanlage ist stets rein, gut erleuchtet und von allen nicht dahingehörigen Gegenständen freizuhalten.
2. Der Kesselwärter darf Unbefugten den Aufenthalt in den Kesselanlagen nicht gestatten.
3. Der Kesselwärter ist für die Wartung des Kessels verantwortlich; er darf den Kessel während des Betriebes nicht ohne Aufsicht lassen.

### Inbetriebsetzung des Kessels.

4. Vor dem Füllen des Kessels ist festzustellen, ob er im Innern gereinigt ist und Fremdkörper aus ihm entfernt sind. Alle zu ihm gehörigen Vorrichtungen müssen gangbar und deren Zuführungen zum Kessel frei sein.
5. Das Anheizen soll langsam und erst erfolgen, nachdem der Kessel mindestens bis zur Höhe des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes gefüllt ist.
6. Während des Anheizens ist das Dampfventil geschlossen und der Dampfraum mit der äußeren Luft in offener Verbindung zu erhalten. Auch das Nachziehen der Dichtungen hat während dieser Zeit zu erfolgen.
7. Die Wasserstandsvorrichtungen sind vor und während des Anheizens zu prüfen, das Manometer ist stetig zu beobachten.

### Betrieb des Kessels.

8. Hähne und Ventile sind langsam zu öffnen und zu schließen.
9. Der Wasserstand soll möglichst gleichmäßig gehalten werden und darf nicht unter die Marke des festgesetzten niedrigsten Standes sinken.
10. Die Wasserstandsvorrichtungen sind unter Benutzung aller Hähne oder Ventile, täglich recht oft zu prüfen. Unregelmäßigkeiten, insbesondere Verstopfungen sind sofort zu beseitigen.
11. Die Speisevorrichtungen sind täglich sämtlich zu benutzen und stets in brauchbarem Zustande zu erhalten.
12. Das Manometer ist zeitweise vorsichtig auf seine Gangbarkeit zu prüfen.
13. Der Dampfdruck soll die festgesetzte höchste Spannung nicht überschreiten.
14. Die Sicherheitsventile sind täglich durch vorsichtiges Anheben zu lüften. Jede Änderung der Belastung der Sicherheitsventile ist untersagt.
15. Beim jedesmaligen Öffnen der Feuertüren ist der Zug zu vermindern.
16. Vor und während Stillstandspausen ist der Kessel aufzuspeisen und der Zug zu vermindern.
17. Beim Schichtwechsel darf der abtretende Kesselwärter sich erst dann entfernen, wenn der antretende Wärter alles in ordnungsmäßigem Zustande übernommen hat.
18. Sinkt das Wasser unter die Marke des niedrigsten Standes, so ist die Einwirkung des Feuers aufzuheben und dem Vorgesetzten unverzüglich Anzeige zu erstatten.

19. Steigt der Dampfdruck zu hoch, so ist der Kessel zu speisen und der Zug zu vermindern. Genügt dies nicht, so ist die Einwirkung des Feuers aufzuheben.
20. Bei Beendigung des Kesselbetriebes hat der Kesselwärter den Dampf tunlichst wegzuarbeiten, das Feuer allmählich zu mäßigen und eingehen zu lassen bzw. vom Kessel abzusperren, den Rauchschieber zu schließen und den Kessel aufzuspeisen.
21. Bei außergewöhnlichen Erscheinungen, Undichtheiten, Beulen, Erglühen von Kesselteilen usw. ist die Einwirkung des Feuers sofort aufzuheben und dem Vorgesetzten unverzüglich Meldung zu erstatten.
22. Das Decken (Bänken) des Feuers nach Beendigung der Arbeitszeit ist nur gestattet, wenn der Kessel unter Aufsicht bleibt. Außerdem darf der Rauchschieber nicht ganz geschlossen und der Rost nicht ganz bedeckt werden.

#### Außerbetriebsetzung des Kessels.

23. Das vollständige Entleeren des Kessels darf erst vorgenommen werden, nachdem das Feuer entfernt und das Mauerwerk genügend abgekühlt ist. Muß die Entleerung unter Dampfdruck erfolgen, so darf dies nur mit höchstens 1 Atmosphäre Überdruck geschehen.
24. Das Einlassen von kaltem Wasser in den eben entleerten, heißen Kessel ist streng untersagt.
25. Bei Frostwetter sind außer Betrieb zu setzende Kessel und deren Rohrleitungen gegen Einfrieren zu schützen.

#### Reinigung des Kessels.

26. Kesselstein und Schlamm sind aus dem Kessel oft und gründlich zu entfernen. Das Abklopfen des Kesselsteins darf nicht mit zu scharfen Werkzeugen ausgeführt werden.
27. Die Züge und die Kesselwandungen sind oft und gründlich von Flugasche und Ruß zu reinigen.
28. Der zu befahrende Kessel muß von den mit ihm verbundenen und im Betriebe befindlichen Kesseln in allen Rohrverbindungen durch genügend starke Blindflanschen oder durch Abnehmen von Zwischenstücken sichtbar abgetrennt werden. Die Feuerungseinrichtungen sind sicher abzusperren.
29. Der Kesselwärter hat sich von der stattgehabten gründlichen Reinigung des Kessels und der Züge persönlich zu überzeugen. Dabei sind die Kesselwandungen genau zu besichtigen und ist der Zustand des Kesselmauerwerks zu untersuchen. Unregelmäßigkeiten sind sofort zur Anzeige zu bringen und zu beseitigen.

### 36. Gesetzliche Bestimmungen.<sup>1)</sup>

#### A. Allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Landdampfkesseln.<sup>2)</sup>

(Vom 17. Dezember 1908.)

Auf Grund des § 24 Abs. 2 der Gewerbeordnung hat der Bundesrat nachstehende „Allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Landdampfkesseln“ erlassen.

#### I. Geltungsbereich der Bestimmungen.

##### § 1.

1. Als Dampfkessel im Sinne der nachstehenden Bestimmungen gelten alle geschlossenen Gefäße, die den Zweck haben, Wasserdampf von höherer als der atmosphärischen Spannung zur Verwendung außerhalb des Dampfentwicklers zu erzeugen.

2. Als Landdampfkessel (Dampfkessel) gelten außer den an Land benutzten feststehenden und beweglichen Dampfkesseln auch die vorübergehend auf schwimmenden und im Wasser beweglichen Bauten aufgestellten Dampfkessel<sup>3)</sup>.

3. Den Bestimmungen für Landdampfkessel werden nicht unterworfen:

- a) Behälter, in denen Dampf, der einem anderen Dampfentwickler entnommen ist, durch Einwirkung von Feuer besonders erhitzt wird (Dampfüberhitzer);
- b) Kessel, die mit einer Einrichtung versehen sind, welche verhindert, daß die Dampfspannung  $\frac{1}{2}$  Atmosphäre Überdruck übersteigen kann (Niederdruckkessel). Als Einrichtungen dieser Art gelten:
  - α) ein unverschließbares, vom Wasserraum ausgehendes Standrohr von nicht über 5000 Millimeter Höhe und mindestens 80 Millimeter Lichtweite;

---

1) Ausführliche Vorschriften betr. die Anlegung, Untersuchung und den Betrieb von Land- und Schiffsdampfkesseln mit Bau- und Materialvorschriften und Polizeiverordnung betr. bewegliche Kraftmaschinen sind erschienen im Verlage von Otto Hammerschmidt in Hagen i. W. Preis 2 Mk.

2) Die hiervon abweichenden, für Schiffskessel erlassenen Bestimmungen sind in Fußanmerkungen enthalten.

3) Für Schiffsdampfkessel lauten die Bestimmungen hier:

2. Als Schiffsdampfkessel (Schiffskessel) gelten alle auf schwimmenden und im Wasser beweglichen Bauten aufgestellten, dauernd mit ihnen verbundenen Dampfkessel.

3. Den Bestimmungen für Schiffskessel werden nicht unterworfen:

- a) die Schiffskessel der Kriegsmarine; die Vorschriften über den Bau, die Ausrüstung, Prüfung und Aufstellung dieser Kessel erläßt der Staatssekretär des Reichs-Marineamts;
- b) Schiffskessel, die für das Ausland gebaut werden, auch wenn solche Kessel behufs ihrer Erprobung im Deutschen Reiche in Betrieb genommen werden;
- c) Schiffskessel fremder Staaten, die vorübergehend in deutschen Gewässern betrieben werden;
- d) Behälter, in denen Dampf, der einem anderen Dampfentwickler entnommen ist, durch Einwirkung von Feuer besonders erhitzt wird (Dampfüberhitzer);
- e) Wie bei Landkesseln unter b);
- f) Wie bei Landkesseln unter c).

- β) ein vom Dampfraum ausgehendes, nicht abschließbares Rohr in Heberform oder mit mehreren auf und ab steigenden Schenkeln, dessen aufsteigende Äste bei Wasserfüllung zusammen nicht über 5000 Millimeter, bei Quecksilberfüllung nicht über 370 Millimeter Länge haben dürfen, wobei die Lichtweite dieser Rohre so bemessen werden muß, daß auf 1 Quadratmeter Heizfläche (§ 3 Abs. 3) ein Rohrquerschnitt von mindestens 350 Quadratmillimeter entfällt. Die Lichtweite der Rohre muß mindestens 30 Millimeter betragen und braucht 80 Millimeter nicht zu überschreiten;
- γ) jede andere von der Zentralbehörde des zuständigen Bundesstaats genehmigte Sicherheitsvorrichtung.
- c) Zwergkessel, das heißt Dampfentwickler, deren Heizfläche  $\frac{1}{10}$  Quadratmeter und deren Dampfspannung 2 Atmosphären Überdruck nicht übersteigt, sofern sie mit einem zuverlässigen Sicherheitsventil ausgerüstet sind.

4. Für die Kessel in Eisenbahnlokomotiven bleiben die auf Grund der Artikel 42 und 43 der Reichsverfassung erlassenen besonderen Bestimmungen in Kraft.

Anmerkung. Die in Bäckereibetrieben benutzten Kleinkessel (Schwül-, Rasche- oder Dämpfeinrichtungen) unterliegen ohne Ansehung ihrer Größe den Bestimmungen über Dampfkesselanlagen, sobald sie absperrbar sind, so daß in ihnen ein höherer als der atmosphärische Druck entstehen kann. (Min.-Erl. v. 9. IX. 1908.) Ausgenommen würden nur sein die Zwergkessel gemäß vorstehendem § 1, Ziffer 3c.

## II. Bau.

### § 2. Kesselwandungen.

1. Jeder Dampfkessel muß in bezug auf Baustoff, Ausführung und Ausrüstung den anerkannten Regeln der Wissenschaft und Technik entsprechen. Als solche Regeln gelten bis auf weiteres die in den Anlagen I und II zusammengestellten Grundsätze, welche entsprechend den Bedürfnissen der Praxis und den Ergebnissen der Wissenschaft auf Antrag oder nach Anhörung einer durch Vereinbarung der verbündeten Regierungen anerkannten Sachverständigenkommission fortgebildet werden.

2. Die von den Heizgasen berührten Teile der Wandungen der Dampfkessel dürfen nicht aus Gußeisen oder Temperguß hergestellt werden; andere nur, sofern ihre lichten Querschnitte kreisförmig sind und ihre lichte Weite 250 Millimeter nicht übersteigt. Für höhere Dampfspannungen als 10 Atmosphären Überdruck ist Gußeisen oder Temperguß in keinem Teile der Kesselwandungen gestattet. Formflußeisen darf für alle nicht im ersten Feuerzuge liegenden Teile der Wandungen benutzt werden. Auf Gehäusewandungen von Dampfzylindern, die mit dem Dampfkessel verbunden sind, finden die vorstehenden Bestimmungen keine Anwendung.

3. Als Wandungen der Dampfkessel gelten die Wandungen derjenigen Räume, welche zwischen den Absperrventilen (§ 6 Abs. 1, 2 und 3) liegen. Den Kesselwandungen sind die mit ihnen verbundenen Anschlußteile gleich zu achten.

4. Die Verwendung von Messingblech ist nur für Feuerrohre gestattet, deren lichte Weite 80 Millimeter nicht übersteigt.

### § 3. Feuerzüge.

1. Die Feuerzüge der Dampfkessel müssen an ihrer höchsten Stelle mindestens 100 Millimeter unter dem festgesetzten niedrigsten Wasserstande liegen. Bei Dampfkesseln, deren Wasseroberfläche kleiner als das 1,3fache der gesamten Rostfläche ist, muß dieser Abstand mindestens 150 Millimeter betragen<sup>1)</sup>. Bei Innenzügen ist der Mindestabstand über den von den Heizgasen berührten Blechen zu messen.

2. Die Bestimmungen über die Höhenlage der Feuerzüge finden keine Anwendung auf Dampfkessel, deren von den Heizgasen berührte Wandungen ausschließlich aus Wasserrohren von weniger als 100 Millimeter Lichtweite oder aus derartigen Rohren und den zu ihrer Verbindung angewendeten Rohrstücken bestehen, sowie auf solche Feuerzüge, in welchen ein Erglühen des mit dem Dampfraum in Berührung stehenden Teiles der Wandungen nicht zu befürchten ist. Die Gefahr des Erglühens ist in der Regel als ausgeschlossen zu betrachten, wenn die vom Wasser bespülte Kesselfläche, welche von den Heizgasen vor Erreichung der vom Dampfe bespülten Kesselfläche bestrichen wird, bei natürlichem Luftzuge mindestens zwanzigmal, bei künstlichem Luftzuge mindestens vierzigmal so groß ist als die gesamte Rostfläche. Bei Dampfkesseln ohne Rost ist der 4fache Betrag des Querschnitts des ersten Feuerzugs, unter Ausschluß des verengten Querschnitts über der Feuerbrücke, als der Rostfläche gleichstehend zu erachten.

3. Als Heizfläche der Dampfkessel gilt der auf der Feuerseite<sup>2)</sup> gemessene Flächeninhalt der einerseits von den Heizgasen, andererseits vom Wasser berührten Wandungen.

4. Als künstlicher Luftzug gilt jeder durch andere Mittel als den Schornsteinzug erreichte Luftzug, welcher bei saugender Wirkung in der Regel mehr als 25 Millimeter Wassersäule, gemessen hinter dem letzten Feuerzuge, bei Preßluft mehr als 30 Millimeter Wassersäule, gemessen unter dem Roste, beträgt.

## III. Ausrüstung.

### § 4. Speisevorrichtungen.

1. Jeder Dampfkessel muß mit mindestens zwei zuverlässigen Vorrichtungen zur Speisung versehen sein, die nicht von derselben Betriebsvorrichtung abhängig sind. Mehrere zu einem Betriebe vereinigte Dampfkessel werden hierbei als ein Kessel angesehen.

2. Jede der Speisevorrichtungen muß imstande sein, dem Kessel doppelt soviel Wasser zuzuführen, als seiner normalen Verdampfungsfähigkeit entspricht. Bei Pumpen, die unmittelbar von der Hauptbetriebsmaschine angetrieben werden (Maschinenspeisepumpen), genügt das 1½fache der normalen Verdampfungsfähigkeit. Zwei oder mehrere Speisevorrichtungen, die zusammen die geforderte Leistung ergeben, sind als eine Speisevorrichtung anzusehen. Maschinenspeisepumpen werden, wenn die Kessel beim Stillstande der Maschine auch noch anderen Zwecken dienen, nur dann als zweite Speisevorrichtung angesehen, wenn es dem regelmäßigen Betrieb entspricht, daß die Maschinen zum Speisen in Gang gesetzt werden<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Bei den Bestimmungen für Schiffskessel ist hier eingeschaltet:

Die vorgeschriebenen Mindestabstände müssen auch dann noch gewahrt werden, wenn sich der Schiffskörper um 4° nach den Seiten neigt.

<sup>2)</sup> Bei Schiffskesseln: Wasserseite.

<sup>3)</sup> Bei Schiffskesseln folgt hier: Eine der Speisevorrichtungen der Hauptkessel kann auch als Speisevorrichtung für Hilfskessel dienen, wenn die Druckleitungen der Pumpe voneinander getrennt sind.

3. Handpumpen sind nur zulässig, wenn das Produkt aus der Heizfläche in Quadratmeter und der Dampfspannung in Atmosphären Überdruck die Zahl 120 nicht übersteigt.

4. Die unmittelbare Benutzung einer Wasserleitung an Stelle einer der Speisevorrichtungen ist zulässig, wenn der nutzbare Druck der Wasserleitung am Kessel jederzeit mindestens 2 Atmosphären höher als der genehmigte Dampfdruck im Kessel ist.

#### § 5. Speiseventile und Speiseleitungen.

1. In jeder zum Dampfkessel führenden Speiseleitung muß möglichst nahe am Kesselkörper ein Speiseventil (Rückschlagventil) angebracht sein, das bei Abstellung der Speisevorrichtungen durch den Druck des Kesselwassers geschlossen wird<sup>1)</sup>.

2. Die Speiseleitung muß möglichst so beschaffen sein, daß sich der Dampfkessel bei undichtem Rückschlagventil nicht durch die Speiseleitung entleeren kann. Haben Speisevorrichtungen gemeinschaftliche Saug- oder Druckleitung, so muß jede Speisevorrichtung von der gemeinschaftlichen Leitung abschließbar sein<sup>2)</sup>. Übereinanderliegende Verbundkessel mit getrennten Wasserräumen sowie Dampfkessel mit verschieden hohem Betriebsdrucke müssen je für sich gespeist werden können.

#### § 6. Absperr- und Entleerungsvorrichtungen.

1. Jeder Dampfkessel muß mit einer Vorrichtung versehen sein, durch die er von der Dampfleitung abgesperrt werden kann. Wenn mehrere Kessel, die für verschiedene Dampfspannung genehmigt sind, ihre Dämpfe in gemeinschaftliche Dampfleitungen abgeben, so müssen die Anschlüsse der Kessel mit niedrigerem Drucke an die gemeinsame Dampfleitung unter Zwischenschaltung eines Rückschlagventils erfolgen. Durch die Anwendung von Druckminderventilen oder Druckreglern wird das Rückschlagventil nicht entbehrlich gemacht.

2. Jeder Dampfkessel muß zwischen dem Speiseventil und dem Kesselkörper eine Absperrvorrichtung erhalten, auch wenn das Speiseventil abschließbar ist.

3. Jeder Dampfkessel muß mit einer zuverlässigen Vorrichtung versehen werden, durch die er entleert werden kann.

4. Die Speiseabsperrvorrichtungen und die Entleerungsvorrichtungen müssen gegen die Einwirkung der Heizgase geschützt sein und ebenso wie alle anderen Absperrvorrichtungen (§ 5 Abs. 2, § 6 Abs. 1) so angebracht werden, daß der verantwortliche Wärter sie leicht bedienen kann.

#### § 7. Wasserstandsvorrichtungen.

1. Jeder Dampfkessel muß mit mindestens zwei geeigneten Vorrichtungen zur Erkennung seines Wasserstandes versehen sein, von denen wenigstens die eine ein Wasserstandsglas sein muß. Schwimmer und Schmelz-

1) Bei Schiffskesseln ist diesem Satz vorgeschaltet:

Schiffskessel müssen mindestens zwei Speiseleitungen erhalten.

2) Von hier ab heißt es bei Schiffskesseln:

Speiseleitungen, die mit einer von der Hauptmaschine oder von einer Transmission aus angetriebenen Pumpe zusammenhängen, müssen mit einem Sicherheitsventile versehen sein. Schiffskessel mit verschieden hohem Betriebsdrucke müssen je für sich gespeist werden können.

pfropfen sowie Spindelventile, die nicht durchstoßbar sind oder sich ganz herausdrehen lassen, sind als zweite Vorrichtung nicht zulässig. Die Vorrichtungen müssen gesonderte Verbindungen mit dem Innern des Kessels haben. Es ist jedoch gestattet, sie an einem gemeinschaftlichen Körper anzubringen, oder, falls zwei Wasserstandsgläser gesondert voneinander durch Rohre mit dem Kessel verbunden werden, die Dampfrohre durch eine gemeinsame Öffnung in den Kessel zu führen, wenn die Öffnung mindestens dem Gesamtquerschnitte beider Rohre gleich ist<sup>1)</sup>.

2. Werden die Wasserstandsvorrichtungen an einem gemeinschaftlichen Körper angebracht, so müssen dessen Verbindungen mit dem Wasser- und Dampftraume mindestens je 6000 Quadratmillimeter lichten Querschnitt haben<sup>2)</sup>. Werden die Wasserstandsvorrichtungen einzeln durch Rohre mit dem Kessel verbunden, so müssen die Verbindungsrohre ohne scharfe Krümmungen geführt sein, unter Vermeidung von Wasser- und Dampfsäcken. Gerade, nach dem Kessel durchstoßbare Verbindungsrohre müssen mindestens 20 Millimeter, gebogene Verbindungsrohre bei Kesseln bis zu 25 Quadratmeter Heizfläche mindestens 35 Millimeter, über 25 Quadratmeter Heizfläche mindestens 45 Millimeter lichten Durchmesser haben. Verbindungsrohre sind gegen die Einwirkung der Heizgase zu schützen. Gebogene Zuleitungsrohre im Innern des Kessels zum Anschluß an die Wasserstandsvorrichtungen sind nicht gestattet.

3. Die Lichtweiten der Wasserstandsgläser sowie die Bohrungen der Wasserstandsvorrichtungen müssen mindestens 8 Millimeter betragen. Die Hähne und Ventile der Wasserstandsvorrichtungen müssen so eingerichtet sein, daß man während des Betriebs in gerader Richtung durch die Vorrichtungen hindurchstoßen kann. Wasserstandshahnköpfe müssen so ausgeführt sein, daß das Dichtungsmaterial nicht in das Glas gepreßt werden kann.

4. Alle Hahnkegel der Wasserstandsvorrichtungen müssen sich ganz durchdrehen lassen. Die Durchgangsrichtung muß bei allen Hähnen deutlich auf dem Hahnkopfe gekennzeichnet sein. Die Bohrung der Hahnkegel an Wasserstandsvorrichtungen muß so beschaffen sein, daß sich der Durchgangsquerschnitt beim Nachschleifen nicht vermindert.

1) Bei Schiffskesseln heißt es:

1. Jeder Schiffskessel muß mit mindestens drei geeigneten Vorrichtungen zur Erkennung seines Wasserstandes versehen sein, von denen wenigstens zwei Wasserstandsgläser sein müssen. Letztere sind in einer zur Längsrichtung des Schiffes rechtwinkligen Ebene in gleicher Höhe und Entfernung von der Kesselmitte, möglichst weit von ihr nach rechts und links abgehend, anzubringen. Bei Seeschiffskesseln kann der Abstand der Wasserstandsgläser voneinander bis auf 1000 Millimeter eingeschränkt werden, falls nicht der Kesseldurchmesser oder andere Verhältnisse ein noch geringeres Maß bedingen. Wird bei Schiffskesseln mit Feuerungen an beiden Enden nur eine der beiden Feuerungsseiten mit den vorgeschriebenen drei Wasserstandsvorrichtungen versehen, so muß an der anderen Seite mindestens ein Wasserstandsglas möglichst nahe der Kesselmitte angebracht werden. Schwimmer und Schmelzpfropfen werden nicht als Wasserstandsvorrichtungen gerechnet; Spindelventile, die nicht durchstoßbar sind oder sich ganz herausdrehen lassen, sind nicht zulässig.

2) Bei Schiffskesseln heißt es unter 2 bis hierher:

Die Vorrichtungen müssen gesonderte Verbindungen mit dem Kessel haben. Es ist jedoch gestattet, falls die Verbindung von Wasserstandsgläsern mit dem Dampftraume des Kessels durch Rohre hergestellt wird, diese durch eine gemeinsame Öffnung in den Kessel zu führen, wenn die Öffnung mindestens dem Gesamtquerschnitte beider Rohre gleich ist.

5. Werden Probierröhre oder Probierventile als zweite Vorrichtung angewendet, so ist die unterste dieser Vorrichtungen in der Ebene des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes anzubringen<sup>1)</sup>. Die Höhenlage der Wasserstandsgläser ist so zu wählen, daß der höchste Punkt der Feuerzüge mindestens 30 Millimeter unterhalb der unteren sichtbaren Begrenzung des Wasserstandsglases liegt<sup>2)</sup>. Dieses Erfordernis gilt nicht für Kessel, deren von den Heizgasen berührte Wandungen ausschließlich aus Wasserrohren von weniger als 100 Millimeter Lichtweite oder aus solchen Rohren und den zu ihrer Verbindung angewendeten Rohrstücken bestehen.

6. Es müssen Einrichtungen für ständige, genügende Beleuchtung der Wasserstandsvorrichtungen während des Betriebs der Dampfkessel vorhanden sein. Die Wasserstandsvorrichtungen müssen im Gesichtskreise des für die Speisung verantwortlichen Wärters liegen und von seinem Standorte leicht zugänglich sein.

### § 8. Wasserstandsmarke.

1. Der für den Dampfkessel festgesetzte niedrigste Wasserstand ist durch eine an der Kesselwandung anzubringende feste Strichmarke von etwa 30 Millimeter Länge, die von den Buchstaben N. W. begrenzt wird, dauernd kenntlich zu machen. Die Strichmarke ist bei der Bauprüfung des Dampfkessels unter Berücksichtigung des dem Kessel bei der Aufstellung etwa zu gebenden Gefälls festzulegen. Ihre Höhenlage ist durch Angabe ihres Abstandes von einem jederzeit erreichbaren Kesselteil in der über die Abnahmeprüfung aufzunehmenden Bescheinigung dann zu sichern, wenn die Marke nicht sichtbar bleibt.

2. Werden die Wasserstandsvorrichtungen unmittelbar an der Kesselwandung angebracht, so ist neben oder hinter jedem Wasserstandsglas in Höhe der Strichmarke ein Schild mit der Bezeichnung „Niedrigster Wasserstand“ mit einem bis nahe an das Wasserstandsglas reichenden wagerechten Zeiger anzubringen. Werden die Wasserstandsvorrichtungen an besonderen Wasserstandskörpern oder Rohren befestigt, so ist mit diesen in Höhe der Strichmarke neben oder hinter jedem Wasserstandsglase das vorbezeichnete Schild mit dem Zeiger zu verbinden<sup>3)</sup>. Für Dampfkessel mit weniger als

<sup>1)</sup> An Stelle dieses ersten Satzes steht bei Schiffskesseln:

Werden Probierröhre oder Probierventile angewendet, so müssen sie so am Kessel angebracht werden, daß sie in ihrer Wirksamkeit durch die Neigungen des Schiffes möglichst wenig beeinflusst werden.

<sup>2)</sup> Hier ist bei Schiffskesseln eingeschaltet:

Dabei darf der niedrigste Wasserstand nicht höher als in der Mitte des Glases liegen.

<sup>3)</sup> Von hier ab lauten die Bestimmungen für Schiffskessel:

3. An jedem Schiffskessel ist an der Außenwand oder, sofern die Wasserstandsgläser durch Rohre mit den Kesseln verbunden werden, an den Wasserstandskörpern die Lage der höchsten Feuerzüge nach der Richtung der Schiffsbreite in leicht erkennbarer, dauerhafter Weise durch die auf einem Schilde anzubringende Bezeichnung „Höchster Feuerzug“ kenntlich zu machen. Bei Kesseln, deren von den Heizgasen berührte Wandungen ausschließlich aus Wasserrohren von weniger als 100 Millimeter Lichtweite oder aus derartigen Rohren und den zu ihrer Verbindung angewendeten Rohrstücken bestehen, bedarf es der Anbringung eines Schildes nicht.

4. Für Schiffskessel mit weniger als 25 Quadratmeter Heizfläche kann, wenn es an Platz mangelt, die Bezeichnung „Niedrigster Wasserstand“ in N. W. und „Höchster Feuerzug“ in H. F. abgekürzt werden. Die Schilder sind dauerhaft, aber weder mit den Schrauben der Armaturegegenstände noch an der Bekleidung zu befestigen.

25 Quadratmeter Heizfläche kann, wenn es an Platz mangelt, die Bezeichnung „Niedrigster Wasserstand“ in N. W. abgekürzt werden. Die Schilder sind dauerhaft, aber weder mit den Schrauben der Armaturgegenstände noch an der Bekleidung zu befestigen.

### § 9. Sicherheitsventil.

1. Jeder feststehende Dampfkessel ist mit wenigstens einem<sup>1)</sup> zuverlässigen Sicherheitsventil, jeder bewegliche Dampfkessel mindestens mit zwei solchen Ventilen zu versehen. Die Sicherheitsventile müssen zugänglich und so beschaffen sein, daß sie jederzeit gelüftet und auf ihrem Sitz gedreht werden können. Bei Ventilen, die durch Hebel und Gewicht belastet werden, darf der auf jedes Ventil durch den Dampf ausgeübte Druck 600 Kilogramm nicht überschreiten. Die Belastungsgewichte der Ventile müssen je aus einem Stücke bestehen. Sind zwei Ventile vorgeschrieben, so muß ihre Belastung unabhängig voneinander erfolgen. Der Dampf darf den Ventilen nicht durch Rohre zugeführt werden, die innerhalb des Kessels liegen. Geschlossene Ventilgehäuse müssen in ihrem tiefsten Punkte mit einer nicht abschließbaren Entwässerungsvorrichtung versehen sein. Bei Hebelventilen ist die Stellung des Gewichts durch Splinte, bei Federventilen die Spannung der Federn durch Sperrhülsen oder feste Scheiben zu sichern<sup>2)</sup>.

2. Die Sicherheitsventile dürfen höchstens so belastet werden, daß sie bei Eintritt der für den Kessel festgesetzten Dampfspannung den Dampf entweichen lassen. Ihr Querschnitt<sup>3)</sup> muß bei normalem Betrieb imstande sein, so viel Dampf abzuführen, daß die festgesetzte Dampfspannung höchstens um  $\frac{1}{10}$  ihres Betrags überschritten wird. Sind zwei Sicherheitsventile vorgeschrieben oder bedingt die Größe des Kessels mehrere Ventile, so muß ihr Gesamtquerschnitt dieser Anforderung entsprechen. Änderungen in den Belastungsverhältnissen, die den Druck des Ventilkegels gegen den Sitz erhöhen, dürfen nur durch die amtlichen Sachverständigen vorgenommen werden<sup>4)</sup>. Über jede Änderung der bei der amtlichen Abnahme festgesetzten Belastung ist von dem dazu Berechtigten ein Vermerk in das Revisionsbuch (§ 19) aufzunehmen.

### § 10. Manometer.

Mit dem Dampftraume jedes Dampfkessels muß ein zuverlässiges nach Atmosphären (§ 12) geteiltes Manometer verbunden sein<sup>5)</sup>. Dieser Bestimmung wird auch durch Anschluß des Manometers an den Dampftraum eines dem § 7 Abs. 2 entsprechenden besonderen Wasserstandskörpers genügt. An dem Zifferblatte des Manometers ist die festgesetzte höchste

1) Bei Schiffskesseln „zwei“.

2) Bei Schiffskesseln kommt hierzu:

Geteilte Scheiben sind nur zulässig, wenn sie unter Verschuß gehalten werden.

3) Bei Schiffskesseln „Gesamtquerschnitt“.

4) Hier folgt bei Schiffskesseln:

jedoch dürfen auf Seeschiffen in längerer Fahrt federbelastete Ventile von dem leitenden Maschinisten unter Anwendung eines Kontrollmanometers berichtet werden. Der Maschinist ist jedoch verpflichtet, der zur regelmäßigen Beaufsichtigung des Kessels zuständigen Stelle hiervon ungesäumt schriftliche Mitteilung zu machen.

3. Wenigstens einem Ventil ist, mit Ausnahme der Kessel auf Seeschiffen, eine solche Stellung zu geben, daß die vorgeschriebene Belastung von Deck aus mit Leichtigkeit untersucht werden kann.

5) Für Schiffskessel werden zwei Manometer verlangt.

Dampfspannung durch eine unveränderliche, in die Augen fallende Marke zu bezeichnen. Das Manometer muß die Ableseung des bei der Druckprobe anzuwendenden Probedrucks (§§ 12 und 13) gestatten. Es muß so angebracht sein, daß es gegen die vom Kessel ausstrahlende Hitze möglichst geschützt ist und daß seine Angaben vom Kesselwärter jederzeit ohne Schwierigkeiten beobachtet werden können. Die Leitung zum Manometer muß mit einem Wassersack versehen und zum Ausblasen eingerichtet sein<sup>1)</sup>.

### § 11. Fabrik Schild.

1. An jedem Dampfkessel muß die festgesetzte höchste Dampfspannung, der Name und Wohnort des Fabrikanten, die laufende Fabriknummer und das Jahr der Anfertigung<sup>2)</sup> auf eine leicht erkennbare und dauerhafte Weise angegeben sein.

2. Diese Angaben sind auf einem metallenen Schilde (Fabrik Schild) anzubringen, das mit versenkt vernieteten kupfernen Stiftschrauben so am Kessel befestigt werden muß, daß es auch nach der Ummantelung oder Einmauerung des letzteren sichtbar bleibt.

## IV. Prüfung.

### § 12. Bauprüfung, Druckprobe und Abnahme neu oder erneut zu genehmigender Dampfkessel.

1. Jeder neu oder erneut zu genehmigende Dampfkessel ist vor der Inbetriebnahme von einem zuständigen Sachverständigen einer Bauprüfung, einer Prüfung mit Wasserdruck und der nach § 24 Abs. 3 der Gewerbeordnung vorgeschriebenen Abnahmeprüfung zu unterziehen. Die Bauprüfung und Druckprobe müssen vor der Einmauerung oder Ummantelung des Kessels ausgeführt werden; sie sind möglichst miteinander zu verbinden. Die Bauprüfung kann jedoch auf Antrag des Fabrikanten auch während der Herstellung des Dampfkessels vorgenommen werden. Bei neu zu genehmigenden Dampfkesseln kann, wenn seit der letzten inneren Untersuchung noch nicht zwei Jahre verflossen sind, nach dem Ermessen des Sachverständigen von der Durchführung dieser Bestimmungen insoweit abgesehen werden, als eine erneute Prüfung für die Erneuerung der Genehmigung nicht erforderlich ist.

2. Die Bauprüfung erstreckt sich auf die planmäßige Ausführung der Abmessungen, den Baustoff und die Beschaffenheit des Kesselkörpers. Bei ihrer Ausführung ist der Dampfkessel äußerlich und, soweit es seine Bauart gestattet, auch innerlich zu untersuchen. Vor Ausführung der Prüfung ist

<sup>1)</sup> Hier folgt bei Schiffskesseln noch:

2. Die Manometer müssen so angebracht werden, daß sich das eine im Gesichtskreise des Kesselwärters, das andere, mit Ausnahme bei Seeschiffen, an einer vom Deck aus leicht sichtbaren Stelle befinden muß. Sind auf einem Schiffe mehrere Kessel vorhanden, deren Dampf Räume miteinander in Verbindung stehen, so genügt es, wenn außer einem an jedem einzelnen Kessel befindlichen Manometer die miteinander verbundenen Dampf Räume ein gemeinsames Manometer erhalten, welches vom Deck — bei Seeschiffen vom Maschinenstand — aus sichtbar ist. Bei Schiffskesseln mit Feuerungen an beiden Enden muß an jedem Ende ein Manometer angebracht sein.

<sup>2)</sup> Für Schiffskessel kommt noch hinzu:

und der Mindestabstand des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes von der höchsten Stelle der Feuerzüge in Millimeter.

dem Sachverständigen bei neuen Dampfkesseln der Nachweis darüber zu erbringen, daß der zu den Wandungen des Kessels verwendete Baustoff nach Maßgabe der Anlage I<sup>1)</sup> geprüft worden ist. Über die Bauprüfung hat der Sachverständige ein Zeugnis nach Maßgabe der Anlage III<sup>1)</sup> auszustellen und mit diesem den Materialnachweis und — falls nicht eine bereits genehmigte Zeichnung vorgelegt wird — die den Abmessungen des Dampfkessels zugrunde gelegte Zeichnung zu verbinden. Vom Lieferer sind im letzten Falle zwei Zeichnungen des Dampfkessels zur Verfügung des Sachverständigen zu halten. Bei erneut zu genehmigenden Dampfkesseln hat der Sachverständige in dem Zeugnis über die Bauprüfung zugleich ein Gutachten darüber abzugeben, mit welcher Dampfspannung der Kessel zum Betriebe geeignet erscheint.

3. Die Wasserdruckprobe erfolgt bei Dampfkesseln bis zu 10 Atmosphären Überdruck mit dem  $1\frac{1}{2}$ fachen Betrage des beabsichtigten Überdrucks, mindestens aber mit 1 Atmosphäre Mehrdruck, bei Dampfkesseln über 10 Atmosphären Überdruck mit einem Drucke, der den beabsichtigten um 5 Atmosphären übersteigt. Die Kesselwandungen müssen während der ganzen Dauer der Untersuchung dem Probedrucke widerstehen, ohne undicht zu werden oder bleibende Formveränderungen aufzuweisen. Sie sind für undicht zu erachten, wenn das Wasser bei dem Probedruck in anderer Form als der von feinen Perlen durch die Fugen dringt. Über die Prüfung mit Wasserdruck hat der Sachverständige ein Zeugnis nach Maßgabe der Anlage IV<sup>2)</sup> auszustellen.

4. Unter dem Atmosphärendrucke wird der Druck von einem Kilogramm auf das Quadratcentimeter verstanden.

5. Nachdem die Bauprüfung und die Wasserdruckprobe mit befriedigendem Erfolge stattgefunden haben, sind die Nieten des Fabrikchildes (§ 11) von dem zuständigen Sachverständigen mit dem amtlichen Stempel zu versehen, der in dem Prüfungszeugnis über die Wasserdruckprobe (Anlage IV)<sup>2)</sup> abzudrucken ist. Einer Erneuerung des Stempels bedarf es bei alten, erneut zu genehmigenden Dampfkesseln nicht, wenn der alte Stempel noch gut erhalten ist und mit dem amtlichen Stempel des Sachverständigen übereinstimmt.

6. Die endgültige Abnahme der Dampfkesselanlage muß unter Dampf erfolgen. Dabei ist zu untersuchen, ob die Ausführung der Anlage den Bedingungen der erteilten Genehmigung entspricht. Nach dem befriedigenden Ausfalle dieser Untersuchung und der Behändigung der Abnahmebescheinigung (Anlage V)<sup>2)</sup> oder einer Zwischenbescheinigung darf die Kesselanlage ohne weiteres in Betrieb genommen werden, soweit die baupolizeiliche Abnahme der etwa zur Kesselanlage gehörigen Baulichkeiten stattgefunden und zu keinen Bedenken Anlaß gegeben hat.

### § 13. Druckproben nach Hauptausbesserungen.

1. Dampfkessel, die eine Hauptausbesserung erfahren haben oder durch Wassermangel oder Brandschaden überhitzt worden sind<sup>3)</sup>, müssen vor der

<sup>1)</sup> Die hierzu erforderlichen Vordrucke über die Bau- und Materialprüfung, sowie zur Wasserdruckprobe sind zum Preise von je 5 Pfg. zu beziehen von der Verlagsbuchhandlung von Otto Hammerschmidt, Hagen i. W.

<sup>2)</sup> Die hierzu erforderlichen Vordrucke sind zum Preise von je 5 Pfg. zu beziehen von der Verlagsbuchhandlung von Otto Hammerschmidt in Hagen i. W.

<sup>3)</sup> Für Schiffskessel kommt hinzu:  
oder plötzlich im Betrieb unter Wasser gesetzt und abgekühlt worden sind.

Wiederinbetriebnahme von einem zuständigen Sachverständigen einer Prüfung mit Wasserdruck in gleicher Höhe wie bei neu aufzustellenden Dampfkesseln unterzogen werden. Der völligen Bloßlegung des Kessels bedarf es in solchem Falle in der Regel nicht.

2. Von der Außerbetriebsetzung eines Dampfkessels zum Zwecke einer Hauptausbesserung des Kesselkörpers hat der Kesselbesitzer oder sein Stellvertreter der zur regelmäßigen Prüfung des Dampfkessels zuständigen Stelle Anzeige zu erstatten. Die gleiche Pflicht liegt dem Kesselbesitzer oder seinem Vertreter ob, wenn ein Dampfkessel durch Wassermangel oder Brandschaden überhitzt worden ist<sup>1)</sup>.

#### § 14. Prüfungsmanometer.

1. Der bei der Prüfung ausgeübte Druck muß durch ein von dem zuständigen Sachverständigen amtlich geführtes Doppelmanometer festgestellt werden.

2. An jedem Dampfkessel muß sich in der Nähe des Manometers (§ 10) am Manometerrohr ein mit einem Dreiweghahn versehener Stutzen zur Anbringung des amtlichen Manometers befinden. Dieser Stutzen muß bei beweglichen Kesseln einen ovalen Flansch von 60 Millimeter Länge und 25 Millimeter Breite besitzen. Die Weite der Schlitzes zur Einlegung der Befestigungsschrauben und die Öffnung des Stutzens muß 7 Millimeter, die Länge der Schlitzes 20 Millimeter betragen.

Anmerkung. Zu § 14 ist zu bemerken, daß es in Preußen mit Rücksicht auf die vorhandenen Kontrollmanometer auch bei feststehenden Dampfkesseln bei der bisher üblichen, nur für bewegliche und Schiffskessel einheitlich vereinbarten Form des Kontrollflansches sein Bewenden behalten muß. (Min.-Erl. v. 28. I. 1909, H.-M.-Bl. S. 102.)

### V. Aufstellung<sup>2)</sup>.

#### § 15. Aufstellungsort.

1. Dampfkessel für mehr als 6 Atmosphären Überdruck und solche, bei welchen das Produkt aus der Heizfläche (§ 3 Abs. 3) in Quadratmeter und der Dampfspannung in Atmosphären Überdruck für einen oder mehrere gleichzeitig in Betrieb befindliche Kessel zusammen mehr als 30 beträgt, dürfen unter Räumen, die häufig von Menschen betreten werden, nicht auf-

<sup>1)</sup> Hier heißt es bei den Bestimmungen für Schiffskessel weiter: oder plötzlich im Betrieb unter Wasser gesetzt und abgekühlt wird.

<sup>3)</sup> Auf Seeschiffskessel finden diese Bestimmungen mit der Maßgabe Anwendung, daß der leitende Maschinist bei Hauptausbesserungen oder Beschädigungen der im Abs. 1 genannten Art während der Fahrt oder bei dem Aufenthalte des Schiffes außerhalb des Deutschen Reiches zur Ausführung der Druckprobe verpflichtet ist, jedoch ungesäumt entsprechende Anzeige an die zur regelmäßigen Beaufsichtigung des Schiffskessels zuständige Stelle zu erstatten hat. Diese hat zu entscheiden, ob die Druckprobe nach Rückkehr des Schiffes in einen deutschen Hafen amtlich zu wiederholen ist.

<sup>2)</sup> In den Bestimmungen für Schiffskessel steht unter Aufstellung nur:

#### § 15.

Die Schiffskessel sind sorgfältig im Schiffe zu lagern und gegen seitliche Verschiebung und Drehung sowie gegen Verschiebung nach vorn und hinten gehörig zu sichern.

gestellt werden. Das gleiche gilt für die Aufstellung von Dampfkesseln über Räumen, die häufig von Menschen betreten werden, mit Ausnahme der Aufstellung über Kellerräumen. Innerhalb von Betriebsstätten und in besonderen Kesselräumen ist die Aufstellung solcher Dampfkessel unzulässig, wenn die Räume mit fester Wölbung oder fester Balkendecke versehen sind. Feste Konstruktionsteile über einem Teile des Kesselraums, die den Zwecken der Rostbeschickung dienen, sind nicht als feste Balkendecken anzusehen. Trockeneinrichtungen oberhalb des Dampfkessels sowie das Trocknen auf dem Kessel sind nicht zulässig. Bei eingemauerten Dampfkesseln, deren Plattform betreten wird, muß oberhalb derselben eine mittlere verkehrsfreie Höhe von mindestens 1800 Millimeter vorhanden sein.

2. Dampfkessel, die in Bergwerken unterirdisch oder auf Kraftfahrzeugen aufgestellt werden, und solche, welche ausschließlich aus Wasserrohren von weniger als 100 Millimeter Lichtweite oder aus derartigen Rohren und den zu ihrer Verbindung angewendeten Rohrstücken bestehen, unterliegen den vorstehenden Bestimmungen nicht, Dampfkessel letzterer Art auch dann nicht, wenn sie mit Schlammfassern und Oberkesseln, die nur als Dampfsammler dienen, versehen sind. Auf Wasserkammerrohrkessel mit Rohren unter 100 Millimeter Lichtweite finden die Bestimmungen des Abs. 1 dann keine Anwendung, wenn ihre Rohre nahtlos hergestellt sind, die Wandungen ihrer Oberkessel von den Heizgasen nicht berührt werden und ihr Dampfdruck 6 Atmosphären Überdruck nicht übersteigt.

#### § 16. Kesselmauerung.

Zwischen dem Mauerwerke, das den Feuerraum und die Feuerzüge feststehender Dampfkessel einschließt, und den dieses umgebenden Wänden muß ein Zwischenraum von mindestens 80 Millimeter verbleiben, der oben abgedeckt und an den Enden verschlossen werden darf. Die Feuerzüge müssen durch genügend weite Einfahröffnungen zugänglich und in der Regel so groß bemessen sein, daß sie befahrbar sind. Werden die Feuerzüge benachbarter Kessel durch eine gemeinsame Mauer getrennt, so ist diese mindestens 340 Millimeter dick herzustellen. Das Kesselmauerwerk darf nicht zur Unterstützung von Gebäudeteilen benutzt werden.

### VI. Bewegliche Dampfkessel und Kleinkessel.

#### § 17. Bewegliche Dampfkessel.

Als bewegliche Dampfkessel gelten solche, deren Benutzung an wechselnden Betriebsstätten erfolgt. Als bewegliche Dampfkessel dürfen nur solche Dampfentwickler betrieben werden, zu deren Aufstellung und Inbetriebnahme die Herstellung von Mauerwerk, das den Kessel umgibt, nicht erforderlich ist.

#### § 18. Kleinkessel.

Kleinkessel, das sind Dampfentwickler, bei denen das Produkt aus der Heizfläche in Quadratmeter und der Dampfspannung in Atmosphären Überdruck die Zahl 2 nicht übersteigt, gelten hinsichtlich ihres Aufstellungsorts als bewegliche Kessel, auch wenn sie von Mauerwerk umgeben sind und an einem Betriebsorte zu dauernder Benutzung aufgestellt werden.

## VII. Allgemeine Bestimmungen.

### § 19. Aufbewahrung der Kesselpapiere.

1. Zu jedem Dampfkessel gehören:
- a) eine Ausfertigung der Urkunde über seine Genehmigung nach Maßgabe der Anlage VI <sup>1)</sup> nebst den zugehörigen Zeichnungen und Beschreibungen <sup>2)</sup>.

Mit der Urkunde sind die Bescheinigungen über die Bauprüfung, die Wasserdruckprobe und die Abnahme (§ 12) zu verbinden. Letztere Bescheinigung muß einen Vermerk über die zulässige Belastung der Sicherheitsventile enthalten. Gelangen in einer Anlage mehrere Dampfkessel von gleicher Größe, Form, Ausrüstung und Dampfspannung gleichzeitig zur Aufstellung, so ist für diese nur eine Urkunde erforderlich.

- b) ein Revisionsbuch nach Maßgabe der Anlage VII <sup>3)</sup>, das die Angaben des Fabrikschildes (§ 11) enthält. Die Bescheinigungen über die im § 13 vorgeschriebenen Prüfungen und die periodischen Untersuchungen müssen in das Revisionsbuch eingetragen oder ihm derart beigefügt werden, daß sie nicht in Verlust geraten können.

2. Die Genehmigungsurkunde nebst den zugehörigen Anlagen oder beglaubigte Abschriften dieser Papiere sowie das Revisionsbuch sind an der Betriebsstätte des Dampfkessels aufzubewahren und jedem zur Aufsicht zuständigen Beamten oder Sachverständigen auf Verlangen vorzulegen. Auf die Dampfkessel von Kraftfahrzeugen und Feuerspritzen findet diese Bestimmung keine Anwendung, wenn ihr Betrieb den Polizeibehörden und den zuständigen Kesselsachverständigen ihres Heimatsorts angemeldet ist.

### § 20. Entbindung von einzelnen Bestimmungen.<sup>4)</sup>

1. Bei Kleinkesseln (§ 18) ist es zulässig:
- a) von der Anbringung einer zweiten Speisevorrichtung,
  - b) von dem Speiseventil (Rückschlagventil),
  - c) von der Anbringung einer zweiten Wasserstandsvorrichtung abzusehen,

<sup>1)</sup> Exemplare dieses Vordruckes zur Urkunde über die Genehmigung eines Dampfkessels sind in vorschriftsmäßiger Ausführung zum Preise von 5 Pfg. zu beziehen aus der Verlagsbuchhandlung von Otto Hammerschmidt in Hagen i. W.

<sup>2)</sup> Bei Schiffskesseln ist hier noch eingeschaltet:

Die Urkunde muß einen Lageplan über die Aufstellung des Schiffskessels im Schiffe enthalten, der wenigstens den Schiffsteil, der zum Einbau des Kessels dient, mit den benachbarten Räumen sowie die Art der Befestigung und Lagerung des Kessels und die Armaturen umfaßt.

<sup>3)</sup> Exemplare eines Revisionsbuches für Land- und Schiffskessel und für bewegliche Kessel (Lokomobile), letztere in der Mitte gebogen und in Etui gesteckt, sind in vorschriftsmäßiger Ausführung zum Preise von 1 Mk. zu beziehen aus der Verlagsbuchhandlung von Otto Hammerschmidt in Hagen i. W.

<sup>4)</sup> Bei den Bestimmungen über Schiffskessel ist dies § 17, welcher lautet:

1. Bei Schiffskesseln, deren Heizfläche 7,5 Quadratmeter nicht übersteigt, ist es zulässig:

- a) nur ein Speiseventil anzubringen,
- b) von dem zweiten Manometer abzusehen,
- c) nur ein Wasserstandsglas und Probierröhre oder Probierventile anzubringen,
- d) den Mindestabstand des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes über der höchsten

- d) nur ein Sicherheitsventil anzuwenden, auch wenn der Kessel beweglich betrieben wird,
  - e) die Lichtweiten der Wasserstandsgläser und die Bohrungen der Wasserstandsvorrichtungen auf 6 Millimeter zu ermäßigen.
2. Im übrigen sind die Zentralbehörden der einzelnen Bundesstaaten befugt, in einzelnen Fällen und für einzelne Kesselarten von der Beachtung der Bestimmungen der §§ 2 bis 19 und § 21 zu entbinden.

### § 21. Übergangsbestimmungen.

1. Bei Dampfkesseln, die zur Zeit des Inkrafttretens dieser Bestimmung auf Grund der bisher geltenden Vorschriften genehmigt sind, kann eine Abänderung ihres Baues, ihrer Ausrüstung oder Aufstellung nach Maßgabe dieser Bestimmungen so lange nicht gefordert werden, als sie einer erneuten Genehmigung nicht bedürfen.
2. Im übrigen finden die vorstehenden Bestimmungen für die Fälle der erneuten Genehmigung von Dampfkesseln mit der Maßgabe Anwendung, daß dabei von der Durchführung der Bestimmungen des § 2 Abs. 1 und 4 und des § 7 Abs. 5 zweiter Satz abgesehen werden kann. Bei der Genehmigung alter Dampfkessel, deren Materialbeschaffenheit nicht nachgewiesen wird, ist eine Festigkeit von höchstens 30 Kilogramm auf das Quadratmillimeter anzunehmen.

### § 22. Schlußbestimmungen.

1. Die Bekanntmachung, betreffend allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln, vom 5. August 1890, wird aufgehoben, insoweit sie nicht für bestehende Dampfkesselanlagen Geltung behält.
2. Die Bestimmungen des § 21 Abs. 2 über die zulässige Materialbeanspruchung alter Dampfkessel treten sofort in Kraft. Im übrigen treten die vorstehenden Bestimmungen erst ein Jahr nach ihrer Veröffentlichung in Wirksamkeit. Dampfkessel, die bereits vor diesem Zeitpunkte nach den vorstehenden Bestimmungen gebaut und angelegt werden, sind nicht zu beanstanden.

Berlin, den 17. Dezember 1908.

Der Reichskanzler.  
In Vertretung:  
von Bethmann Hollweg.

---

Stelle der Feuerzüge für Schiffskessel auf 100 Millimeter zu ermäßigen, wenn die Wasseroberfläche des Kessels größer als das 1,3fache der gesamten Rostfläche ist. Die gleichen Erleichterungen sind zulässig bei Schiffskesseln der in § 3 Abs. 2 bezeichneten Art, auch wenn sie mit Wasserkammern und Oberkessel versehen sind, sofern ihre Heizfläche 10 Quadratmeter nicht übersteigt.

2. Bei Schiffskesseln, deren Heizfläche 25 Quadratmeter nicht übersteigt, ist es zulässig:

- a) nur ein Speiseventil anzubringen,
- b) von der dritten Wasserstandsvorrichtung neben den beiden Wasserstandsgläsern abzusehen.

3. Für Dampfkessel auf Baggern, Prähmen, Schuten und dergleichen, deren Heizfläche 15 Quadratmeter nicht übersteigt, können die Materialvorschriften für Landdampfkessel Anwendung finden.

4. Die Zentralbehörden der einzelnen Bundesstaaten sind befugt, in einzelnen Fällen und für einzelne Kesselarten von der Beachtung der Bestimmung der §§ 2 bis 15 zu entbinden.

## B. Anweisung betreffend die Genehmigung und Untersuchung der Dampfkessel.<sup>1)</sup>

(Vom 16. Dezember 1909.)

Auszug.

### V. Regelmäßige technische Untersuchungen.

#### § 28.

I. Jeder zum Betrieb aufgestellte Dampfkessel, er mag unausgesetzt oder nur in bestimmten Zeitabschnitten oder unter gewissen Voraussetzungen (z. B. als Reservekessel) betrieben werden, ist von Zeit zu Zeit einer technischen Untersuchung zu unterziehen. Das gleiche gilt von den Reserveteilen (§ 7).

II. Dieser Vorschrift unterliegen Dampfkessel dann nicht mehr, wenn ihre Genehmigung durch dreijährigen Nichtgebrauch (§ 18) oder durch ausdrücklichen der Polizeibehörde und dem zuständigen Kesselprüfer erklärten Verzicht erloschen ist. Endlich ruhen die Untersuchungen in dem durch § 31 Abs. VII vorgesehenen Falle.

III. Eine Entbindung von den wiederkehrenden Untersuchungen, die dauernde Verlängerung der Prüfungsfristen oder die Genehmigung zu einmaligen Fristüberschreitungen über sechs Monate hinaus (§ 31 Abs. VI) kann nur durch Verfügung des Ministers für Handel und Gewerbe erfolgen.

#### § 29.

Die technische Untersuchung bezweckt die Prüfung:

1. der fortdauernden Übereinstimmung der Kesselanlage mit den bestehenden gesetzlichen und polizeilichen Vorschriften und mit dem Inhalte der Genehmigungsurkunde;
2. ihres betriebsfähigen Zustandes;
3. ihrer sachgemäßen Wartung.

#### § 31.

I. Die amtliche Untersuchung der Dampfkessel ist eine äußere oder eine innere oder eine Prüfung durch Wasserdruck. Für die nachgenannten Untersuchungsfristen sind die Etatsjahre, d. h. der Zeitraum zwischen dem ersten April des einen und des folgenden Jahres maßgebend.

II. Die regelmäßige äußere Untersuchung findet bei feststehenden Dampfkesseln alle zwei Jahre, bei beweglichen und Schiffsdampfkesseln alle Jahre statt. Bei letzteren muß der Kessel im Betriebe sein, bei feststehenden und beweglichen Dampfkesseln ist der Zeitpunkt der Untersuchung so zu wählen, daß der Kessel voraussichtlich im Betrieb angetroffen wird. Die regelmäßige äußere Untersuchung kommt bei den feststehenden und den beweglichen Kesseln in denjenigen Jahren, in denen eine regelmäßige innere Untersuchung oder Wasserdruckprobe vorgenommen wird, als selbständige Untersuchung in Fortfall.

III. Die regelmäßige innere Untersuchung ist bei feststehenden Kesseln alle vier Jahre, bei beweglichen alle drei Jahre und bei Schiffsdampfkesseln alle zwei Jahre vorzunehmen.

IV. Die regelmäßige Wasserdruckprobe findet bei feststehenden Kesseln mindestens alle acht Jahre, bei beweglichen und Schiffsdampfkesseln min-

<sup>1)</sup> Gilt für Preußen.

destens alle sechs Jahre statt und ist mit der in demselben Jahre fälligen inneren Untersuchung möglichst zu verbinden. Müssen die Revisionstermine aus besonderen Gründen einmal in verschiedene Jahre gelegt werden, so sind sie bei der nächsten Gelegenheit wieder zu vereinigen. Ausnahmen von letzterer Regel sind bei Kesseln von Mitgliedern solcher Dampfkesseleü-berwachungsvereine zulässig, welche für die inneren Untersuchungen Fristen einhalten, die mit der nach dem vorstehenden Absatz III vorgeschriebenen Frist für die innere Untersuchung nicht im Einklange stehen.

V. Die innere Untersuchung kann nach Ermessen des Prüfers durch eine Wasserdruckprobe ergänzt werden. Sie ist stets durch eine Wasserdruckprobe zu ergänzen bei Kesselkörpern, welche ihrer Bauart halber nicht genügend besichtigt werden können.

### 37. Tabellen.

#### 1. Auszug aus der Liste über schmiedeeiserne Siederöhren der Gelsenkirchener Bergwerks-Aktien-Gesellschaft, Abteilung: Düsseldorf, Röhrenwerke.

Außerer Durch- messer		Gewöhn- liche Wandstärke	Gewicht für 1 m	Außerer Durch- messer		Gewöhn- liche Wandstärke	Gewicht für 1 m
Zoll engl.	mm	mm	kg	Zoll engl.	mm	mm	kg
1 1/2	38	2 1/4	1,97	6 1/4	159	4 1/2	17,00
1 5/8	41 1/8	2 1/4	2,17	6 1/2	165	4 1/2	17,65
1 3/4	44 1/8	2 1/4	2,32	6 3/4	171	4 1/2	18,31
1 7/8	47 1/8	2 1/4	2,49	7	178	4 1/2	19,08
2	51	2 1/2	2,97	7 1/2	191	5 1/2	24,93
2 1/8	54	2 1/2	3,15	8	203	5 1/2	26,60
2 1/4	57	2 3/4	3,65	8 1/2	216	6 1/2	33,20
2 3/8	60	3	4,20	9	229	6 1/2	35,30
2 1/2	63 1/8	3	4,45	9 1/2	241	6 1/2	37,20
2 3/4	70	3	4,90	10	254	6 1/2	39,50
3	76	3	5,35	10 1/2	267	7	44,50
3 1/4	83	3 1/4	6,35	11	279	7 1/2	49,60
3 1/2	89	3 1/4	6,78	11 1/2	292	7 1/2	52,10
3 3/4	95	3 1/2	7,30	12	305	7 1/2	54,70
4	102	3 3/4	9,01	12 1/2	318	8	60,50
4 1/4	108	3 3/4	9,56	13	330	8	63,10
4 1/2	114	4	10,10	13 1/2	343	8	65,70
4 3/4	121	4	11,46	14	355	8	68,00
5	127	4	12,03	14 1/2	368	8	70,60
5 1/4	133	4	12,65	15	381	8	73,10
5 1/2	140	4 1/2	14,90	16	406	8	78,00
5 3/4	146	4 1/2	15,56				
6	152	4 1/2	16,22				

Die Röhre können mit beliebig stärkerer Wand geliefert werden und zwar die ersten 4 Röhre bis 7 mm, die übrigen bis 10 mm stärker, als in der Tabelle angegeben. Alle Röhre werden mit Wasserdruck, den Materialvorschriften entsprechend (siehe S. 134) geprüft und auf Verlangen an einem Ende gratis etwas aufgeweitet.

2. Umgezogene Kesselböden.

A) Vom Blechwalzwerk Schulz Knaut, Huckingen (Kreis Düsseldorf).

a) Glatte Böden.

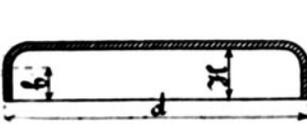


Fig. 213.

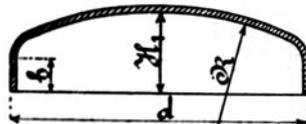


Fig. 214.

Äußerer Durchmesser <i>d</i> mm	Höhe des zylindrischen Teiles der Kreppe bei $\varnothing = 9$ mm und stärker		Radius der inneren Wölbung <i>R</i> mm	Normale Stärke <i>s</i> mm	Äußerer Durchmesser <i>d</i> mm	Höhe des zylindrischen Teiles der Kreppe bei $\varnothing = 9$ mm und stärker		Radius der inneren Wölbung <i>R</i> mm	Normale Stärke <i>s</i> mm		
	flach <i>H</i> mm	ge-wölbt <i>H</i> <sub>1</sub> mm				flach <i>H</i> mm	ge-wölbt <i>H</i> <sub>1</sub> mm				
										<i>h</i> mm	<i>h</i> mm
300	65	90	110	400	6—16	1550	80	125	280	1800	9—26
350	65	90	115	500	6—16	1600	80	125	290	2000	10—26
400	65	90	120	550	6—16	1650	80	125	295	2000	"
450	65	95	125	600	6—16	1700	80	125	300	2200	"
500	65	95	135	650	6—16	1750	80	130	300	2200	11—26
550	65	105	135	700	6—16	1800	80	130	310	2400	"
600	65	105	160	750	6—16	1850	85	130	310	2400	12—26
650	65	105	175	800	6—25	1900	85	130	315	2600	"
700	65	105	175	850	"	1950	85	130	315	2600	13—26
750	65	105	175	900	"	2000	90	130	320	2800	"
800	70	110	185	950	"	2100	90	130	325	3300	"
850	70	110	185	1000	"	2200	90	130	330	3300	14—26
900	70	110	200	1100	"	2300	90	130	345	3300	15—26
950	70	110	205	1200	"	2400	90	130	375	3300	"
1000	70	110	205	1300	"	2500	90	130	395	3300	"
1050	70	110	215	1400	"	2600	90	130	410	3300	"
1100	70	115	220	1400	"	2700	90	130	415	3500	"
1150	70	115	225	1450	"	2800	90	130	435	3500	"
1200	75	115	230	1500	"	2900	90	130	455	3500	"
1250	75	115	240	1600	7—26	3000	90	130	480	3500	"
1300	75	115	245	1600	7—26	3100	100	140	490	3800	"
1350	75	120	245	1700	8—26	3200	100	140	495	3800	"
1400	75	120	270	1700	"	3300	100	140	500	3800	"
1450	80	125	280	1700	"	3400	100	140	525	3800	"
1500	80	125	280	1800	9—26						

Die Wandstärken werden auch in anderen Größen ausgeführt, bedingen dann aber höhere Preise.

b) Gewölbte Böden mit Ein- und Aushalungen für Zweiflammrohrkessel (äußerer Bord für einfache Naht).

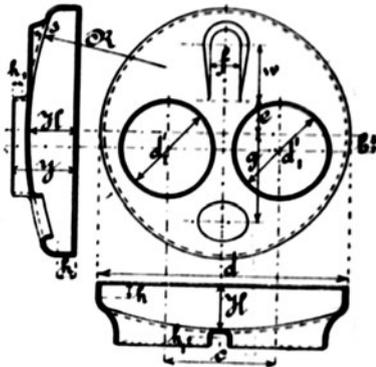


Fig. 21a.

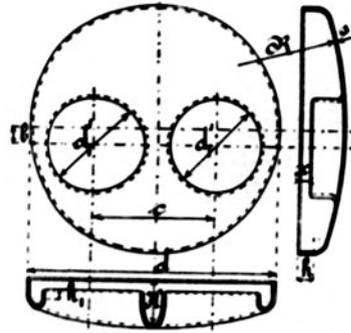


Fig. 21b.

$d =$	2500	2400	2300	2200	2100	2000	1900	1800	mm
$=$	975	925	875	825	775	750	725	650	"
$=$	950	900	850	800	750	725	700	625	"
$d_1 \left\{ \begin{array}{l} = \\ = \\ = \\ = \end{array} \right.$	925	875	825	775	725	700	675	600	"
	900	850	800	750	700	675	650	575	"
	875	825	775	725	675	650	600	—	"
$H =$	400	395	375	355	335	320	330	295	"

bei Einhalungen (Fig. 21b) beträgt  $H$

$H =$	360	355	340	320	305	295	310	285	"
$y =$	545	535	515	490	470	455	465	445	"
$h =$	90	90	90	90	90	90	90	90	"
$h_1 =$	80	80	80	75	75	75	75	75	"
$b =$	160	160	160	150	140	180	115	110	"
$c =$	1180	1140	1085	1040	970	925	875	825	"
$x =$	55	55	55	60	65	65	65	80	"
$e =$	470	425	390	350	260	260	230	220	"
$w =$	450	450	450	450	450	450	450	450	"
$f =$	240	240	240	240	240	240	240	240	"
$g =$	925	810	810	750	700	700	650	600	"
$R =$	3000	3000	3000	3000	3000	3000	2500	2400	"
$s =$	22—25	20—25	20—25	20—25	20—25	20—25	20—22	20—22	"

Die Böden, die den fettgedruckten Zahlen entsprechen, stellen die gangbarsten Sorten dar und werden von der Firma stets auf Lager gehalten.

Alle Böden werden mit gedrehten Kanten geliefert und genügen für einen Betriebsüberdruck von 12 Atm. Unter Beibehaltung des äußeren Durchmessers können die Lochdurchmesser und Mittelentfernungen nach Wunsch entsprechend geändert werden. Die Böden werden je nach Wunsch mit oder ohne Wasserstandsfläche, Speisestutzenfläche und Mannloch geliefert. Größe des Mannlochs 300 × 400 mm oder 320 × 425 mm. Die Böden werden auch für doppelte Naht geliefert. In diesem Falle sind die Abmessungen  $H$ ,  $h$ ,  $y$  und  $x$  um je 35 mm größer.

c) Gewölbte Böden mit Ein- und Aushalsungen für Einflammrohrkessel.

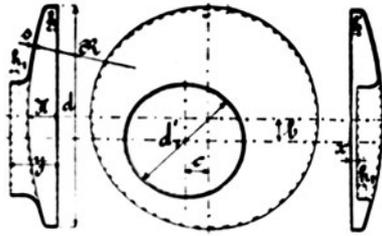


Fig. 217.

$d$ mm	$bc'd_1$ mm	$H$ mm	$y$ mm	$x$ mm	$h$ mm	$h_1$ mm	$R$ mm	$s$ mm
1300	beliebig, jedoch muß die lichte Weite zwischen Bord des Bodens und Bord des Rohrloches mindestens 100 mm betragen.	230	340	45	75	70	1600	15—20
1350		235	340	45	75	70	1700	15—20
1400		235	340	45	75	70	1700	15—20
1450		235	350	45	75	70	1700	15—20
1500		270	365	50	80	70	1800	16—23
1550		270	375	55	80	70	1800	16—23
1600		270	390	65	80	70	2000	17—23
1650		275	390	65	80	75	2000	17—23
1700		275	400	65	80	75	2200	17—24
1750		275	400	65	80	75	2200	17—24
1800		275	400	70	80	75	2400	18—25
1850		275	405	70	85	75	2400	18—25
1900		290	410	75	85	75	2600	18—25
1950		300	410	75	85	75	2600	18—25
2000		300	410	75	90	80	2800	18—25
2100		310	410	75	90	80	3000	18—25
2200		325	410	75	90	80	3000	18—25
2300		345	420	75	90	80	3000	18—25
2400	365	425	75	90	80	3000	18—25	
2500	385	430	75	90	80	3000	18—25	

Die Bodenkrempen können für doppelte Nietnaht erhöht werden.

d) Gewölbte Böden mit eingezogener Rohröffnung für Wellrohrkessel.

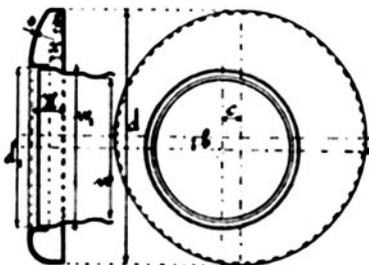


Fig. 218.

$d$	1400	1600	1800	2000	2200	2300
$d_1$	815	985	1140	1280	1430	1430
$w$	700	800	950	1100	1250	1300
$w_1$	800	900	1050	1200	1350	1400
$H$	230	250	255	255	300	320
$h$	80	80	80	80	80	80
$x$	100	125	125	125	160	160
$b$	105	125	100	100	140	140
$c$	105	125	145	150	180	180
$s$	18	19	19	23	23	23

Das gerade Stück der Einhalzung beträgt 70 mm.

Die Stemmkannten für Rohr- und Mantelflansch werden gedreht geliefert. Die Böden genügen für einen Betriebsüberdruck von 12 Atm.

Auf Wunsch kann der zylindrische Mantelflansch mit 125 mm Breite angefertigt werden, wodurch sich  $H$ ,  $h$  und  $x$  um 45 mm erhöht.

e) Gewölbte Böden für Dreiflammrohrkessel.

Hierzu Fig. 223 und 224 auf Seite 295.

$d =$	2500	2600	2700	2800	2900	3000
$R =$	3000	3000	3300	3300	3300	3300
$s =$	22—28	22—28	22—28	22—28	22—28	22—28

$d'_1$  und  $d'_2$  können nach Wunsch ausgeführt werden.

Die Kanten der Krepfen stehen parallel zur Nietnaht des Kesselmantels.

f) Spezial-Böden für Rauchröhrenkessel.

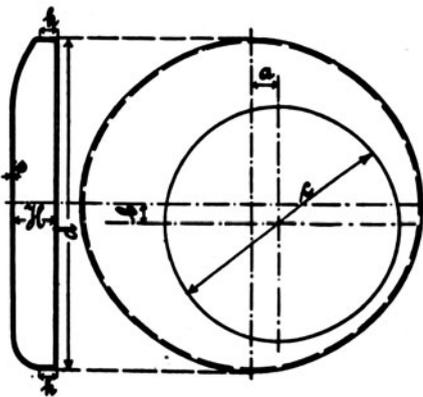


Fig. 219.

$d$	$H$	$h$	$s$	$a$	$b$	$c$	Gewicht ca. kg
1400	255	125	18	105	105	900	300
1600	275	125	19	125	125	1100	410
1800	280	125	19	145	100	1260	570
2000	280	125	23	150	100	1400	820
2200	325	125	23	180	140	1560	1000
2300	345	125	23	180	140	1680	1100

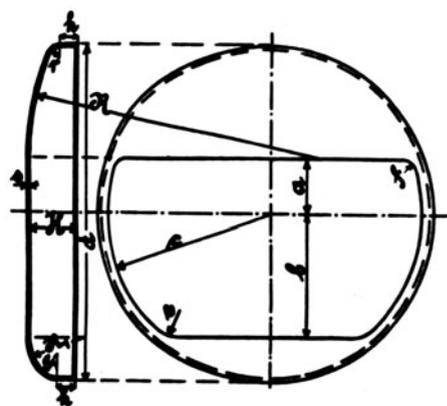


Fig. 220.

$d$	2000	2100	2200	2300	2400
$H$	310	350	355	360	360
$h$	135	135	140	145	145
$a$	450	475	500	525	550
$b$	825	825	850	850	900
$c$	875	925	975	1025	1075

Bloch- stärke:	Annäherndes Gewicht in kg:				
25	975	1050	1125	1200	1275
26	1015	1090	1170	1250	1325
27	1045	1130	1215	1300	1375
28	1080	1180	1260	1350	1425
29	1120	1220	1305	1400	1475
30	1160	1260	1350	1450	1525

B) Böden von Thyssen & Co., Mülheim a. d. Ruhr.  
 a) Gewölbte Böden mit Ein- und Aushaltungen für Zweifammrohrkessel. Fig. 221 u. 222.  
 (Äußerer Bord für einfache Naht.)

	d = 1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
$d_1$ aus- gehalst	= 675	725	775	825	875	925	1000	1075
	= 650	700	750	800	850	900	975	1050
	= 625	675	725	775	825	875	950	1025
	= 600	650	700	750	800	850	925	1000
	=	625	675	725	775	825	900	975
	=	600	650	700	750	800	—	—
	=	—	—	—	—	—	—	—
	=	650	700	775	800	825	925	1025
	=	625	675	725	775	825	900	1000
	=	575	625	675	725	775	850	975
$d_1$ ein- gehalst	=	600	650	700	750	825	850	925
	=	—	—	—	—	—	—	—
	=	—	—	—	—	—	—	—
	=	—	—	—	—	—	—	—
	=	—	—	—	—	—	—	—
	=	—	—	—	—	—	—	—
	=	—	—	—	—	—	—	—
	=	—	—	—	—	—	—	—
	=	—	—	—	—	—	—	—
	=	—	—	—	—	—	—	—
a	= 16—22	17—23	18—19	19—21	20—21	19—25	21—26	22—27
	H = 290	310	300	325	310	345	365	385
	h = 90	100	100	100	100	100	100	100
	h <sub>1</sub> = 75	75	80	80	80	80	90	90
	y = 420	435	425	455	450	470	510	525
	x = 50	60	55	60	65	60	55	45 <sup>1)</sup>
	c = 825	875	850	925	970	1040	1185	1225
	b = 110	115	115	130	145	150	140	100
	R = 2400	2500	2800	2700	3000	3000	3000	3300
	w = 750	800	780	825	855	895	950	1065
bei Aus- haltung	f = 230	240	240	240	240	240	265	265
	a = 570	580	620	650	720	720	725	800
	e = 570	580	610	650	685	730	775	800
	a = 575	625	650	700	775	785	775	810
	e = 575	625	650	700	775	785	775	810
	a = 515	535	570	590	600	640	700	810
bei Ein- haltung	e = 220	220	230	240	250	250	250	260
	g =							

19\*

1) Bei  $d_1' = 1025$  ist  $x = 55$ , bei  $d_1' = 925$ , 900 und 875 ist  $x = 70$ .





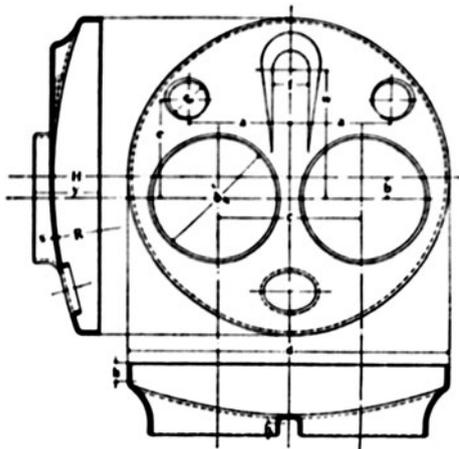


Fig. 221.

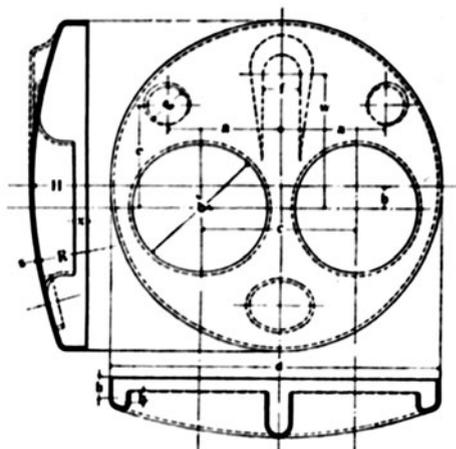


Fig. 222.

Die Böden auf Seite 291 werden auch für doppelte Rundnaht hergestellt, dabei wird  $H$ ,  $h$ ,  $x$  und  $y$  um je 30 mm größer.

Die Böden können alle mit ausgepreßter Wasserstandsfläche, ausgepreßter rechts- und linksseitiger Speisestutzenfläche (D. R. G. M.), eingehalstem Mannloch 320 · 425 mm groß, angefertigt werden.

Zu diesen Mannlöchern werden passende, aus Blech gepreßte Deckel und Bügel mit geliefert.

Alle Böden werden mit abgedrehten Stemmkanten und die Mannlocheinhalzung mit abgedrehter Dichtungsfläche geliefert.

c) Gewölbte Böden mit Ein- und Aushalsungen für Einflammrohrkessel.

Fig. 217. (Außerer Bord für einfache Naht.)

$d = 1300$	1400	1500	1600	1700	1800			
$d'_1$ {	725	775	750	825	800	875	850	900
aus-	700	750	—	800	—	850	—	875
gehalst {	675	725	—	775	—	825	—	825
—	—	—	—	—	—	—	—	—
$d'_1$ {	725	775	750	825	800	875	850	900
ein-	700	750	—	800	—	850	—	850
gehalst {	675	725	—	775	—	825	—	800
—	—	—	—	—	—	—	—	—
$s = 13-17$	14-18	14-18	15	15-19	16	16-20	17	18
$H = 270$	285	305	250	290	245	285	245	250
$h = 90$	90	90	90	90	90	90	90	90
$h_1 = 75$	75	75	75	75	75	75	75	75
$y = 395$	415	430	405	415	380	430	380	385
$x = 45$	45	50	50	60	60	50	55	60
$c = 130$	130	140	150	150	150	160	160	170
$b = 130$	140	150	160	160	160	170	170	180
$R = 1400$	1500	1800	2000	2000	2200	2200	2700	2800

Dieselben Böden werden auch für doppelte Rundnaht hergestellt, dabei wird  $H$ ,  $h$ ,  $x$  und  $y$  um je 30 mm größer. Sie werden auf Wunsch auch mit seitlich angebrachtem eingehalsten Mannloch 320 · 425 mm groß versehen und werden dazu passende, aus Blech gepreßte Deckel und Bügel geliefert.

d) Böden für Dreiflammrohrkessel.  
Ausgehalst, Fig. 223.

$d$ mm	$s$ mm	$d'_1$ mm	$d'_2$ mm	$H$ mm	$h$ mm	$h_1$ mm	$y$ mm	$a$ mm	$b$ mm	$c$ mm	$w$ mm	$f$ mm	$R$ mm
2500	22—26	900	725	400—445	100—145	80	550—595	750	30	1280	910	265	3000

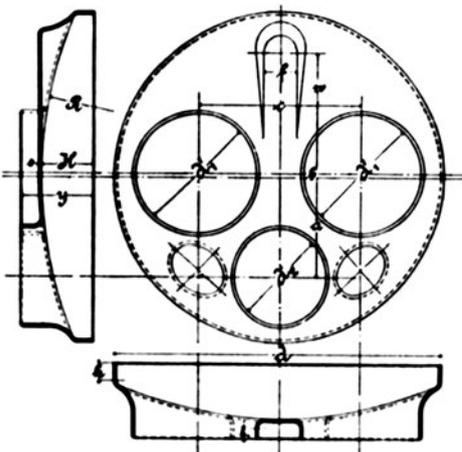


Fig. 223.

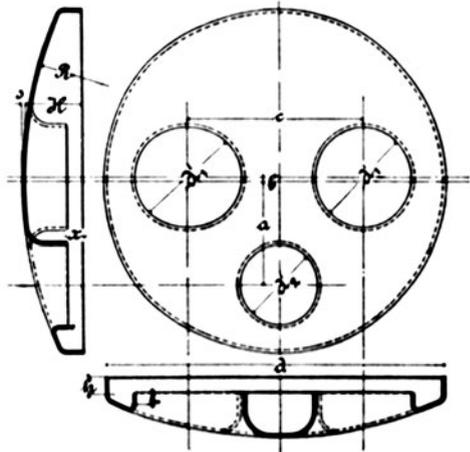


Fig. 224.

Eingehalst, Fig. 224.

$d$ mm	$s$ mm	$d'_1$ mm	$d'_2$ mm	$H$ mm	$h$ mm	$h_1$ mm	$x$ mm	$a$ mm	$b$ mm	$c$ mm	$R$ mm
2500	22—26	725	580	420—445	100—145	80	95—140	750	30	1280	3000

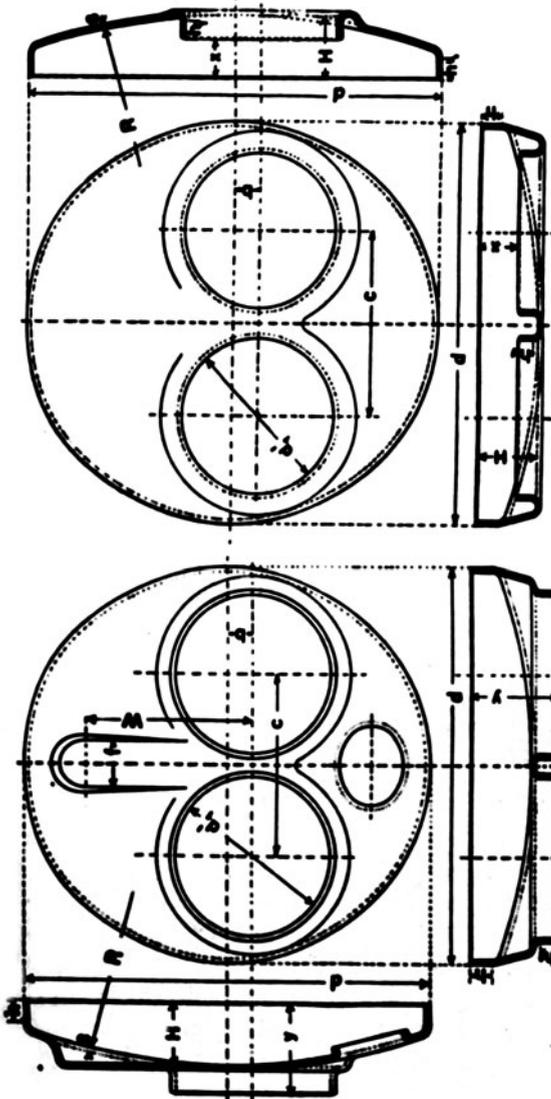
Die Böden können mit eingehalstem rechts-, links- oder beiderseitigem Mannloch 320 · 425 mm groß, die ausgehalsten Böden auch mit ausgepreßter Wasserstandsfläche geliefert werden.

Alle Böden werden mit abgedrehten Stemmkanten und die Mannlocheinhalstungen mit abgedrehter Dichtungsfläche geliefert.

Sämtliche Böden für Ein-, Zwei- und Dreiflammrohrkessel können auch mit Mannloch oder Reinigungsloch 300 · 405 mm mit Deckel und Bügel, oder 280 · 380 mm, 250 · 350 mm, 240 · 340 mm ohne Deckel und Bügel geliefert werden.

e) Spezialböden für Rauchröhrenkessel. Fig. 220.

d	s	H	h	R	R <sub>1</sub>	r	r <sub>1</sub>	a	b	c	e	f
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2000	25	315—335	130—150	1200	190	45	0	475	775	925	100	200
2100	25	310—330	130—150	2000	380	45	140	300	780	980	200	100
2200	25	340—360	130—150	1450	250	50	160	320	800	1000	200	100
2300	26	340—360	130—150	2000	400	50	160	510	850	1075	200	100
2400	26	345—365	130—150	1375	400	50	160	650	920	1100	200	100



C. Kropfböden der Aktiengesellschaft „Phönix“. Abteilung: Hörder Verein in Hörde i. W.

Der Phönix liefert zunächst glatte Kesselböden und solche für Ein- und Zweiflammrohrkessel in ganz ähnlichen Abmessungen wie die unter A und B aufgeführten, dann aber als Spezialität

Kropfböden nach den Fig. 225 und 226. Durch diese soll vermieden werden, daß zwischen Flammrohr und Aushalsung des Bodens ein langer, enger, oft nur fugenartiger Raum entsteht, der sich allmählich mit Kesselstein zusetzt, so daß die Flammrohre an diesen Stellen oft nicht genügend durch das Wasser gekühlt werden.

$d = 2000$		2100	2200	2300	2400	2500
$d_1$ aus- gehalst	= 800	850	900	925	1000	1075
	= 775	825	875	900	975	1050
	= 750	800	850	875	950	1025
	= 725	775	825	850	925	1000
	= 700	750	800	825	900	975
	= 675	725	775	800	875	950
	= 650	700	750	—	850	925
	= —	—	—	—	825	900
	= —	—	—	—	800	—
$d_1$ ein- gehalst	= 775	825	875	900	1000	1025
	= 750	800	850	875	975	1000
	= 725	775	825	850	950	975
	= 700	750	800	825	925	950
	= 675	725	775	800	900	925
	= 650	700	750	775	875	900
	= —	675	725	750	850	875
	= —	—	—	—	825	—
	= —	—	—	—	—	—
$H = 315$	340	350	355	386	405	
$h = 100$	100	100	100	100	100	
$h_1 = 80$	80	80	80	90	90	
$y = 450$	475	490	510	530	550	
$x = 205$	225	235	240	265	285	
$c = 920$	970	1040	1085	1180	1225	
$b = 130$	140	150	140	100	100	
$W = 820$	850	890	905	920	1025	
$f = 240$	240	260	260	260	260	
$R = 2800$	3000	3000	3000	3000	3000	

#### D. Domböden mit eingepreßtem Mannloch.

Die Firma Schulz Knautd & Co., Huckingen (Kreis Düsseldorf), liefert solche Böden nach Fig. 97, und zwar nach folgender Tabelle ( $d =$  äußerer Durchmesser,  $R =$  innerer Krümmungsradius):

$d = 500$	600	650	700	750	800	850	900	950
$R = 650$	750	800	850	900	950	1000	1100	1200

Die Dichtungsfläche am Boden wird abgedreht. Domböden mit hiervon abweichenden Abmessungen werden durch Handarbeit hergestellt.

Die Firma Thyssen & Co. in Mülheim a. d. Ruhr liefert jeden gewünschten Domboden mit Mannloch  $320 \cdot 425$  mm und dazu passenden gepreßten Deckeln und Bügeln in den Größen ihrer Normalböden von 600 mm Durchmesser aufwärts. Auf Verlangen werden die Domböden auch mit eingehalstem Mannloch  $300 \cdot 405$  mm oder  $280 \cdot 380$  mm oder  $250 \cdot 350$  mm oder  $240 \cdot 340$  mm groß geliefert; für die erste Größe können passende Deckel und Bügel mitgeliefert werden, für die anderen Größen dagegen nicht.

Da durch das Auspressen die Mannlocheinhalzung mehrere Millimeter in der Blechdicke verliert, wird empfohlen, die Böden nicht allzu dünn zu nehmen, damit die Dichtungsfläche nicht zu schmal wird.

3. Tabelle für gesättigte Wasserdämpfe nach Dr. R. Mollier<sup>1)</sup>.

Dampfspannung $p$ in Atm.		Temperatur $t$ in Gradon Celsius	Flüssig- keits- wärme $q$	Verdampfungs- wärme		Gesamt- wärme $z$	Spez. Volumen $v$ in cbm pro 1 kg	$\gamma$ Gewicht von 1 cbm Dampf in kg
abs. in kg	Über- druck pro gem			Innere $e$	Äußere $Apu$			
0,1		45,58	45,7	535,4	34,94	616,0	14,920	0,0670
0,2		59,76	59,9	526,1	36,42	622,4	7,777	0,1286
0,3		68,74	68,9	520,2	37,34	626,4	5,316	0,1881
0,4		75,47	75,7	515,6	38,02	629,4	4,060	0,2463
0,5		80,90	81,2	512,0	38,56	631,7	3,294	0,3036
0,6		85,48	85,8	508,8	39,01	633,7	2,777	0,3601
0,7		89,47	89,9	506,1	39,39	635,3	2,404	0,4160
0,8		93,00	93,5	503,6	39,73	636,8	2,1216	0,4713
0,9		96,19	96,7	501,4	40,03	638,1	1,9003	0,5262
1,0		99,09	99,6	499,4	40,30	639,3	1,7220	0,5807
1,1	0,1	101,8	102,3	497,5	40,55	640,7	1,5751	0,6349
1,2	0,2	104,2	104,8	495,7	40,78	641,3	1,4621	0,6887
1,4	0,4	108,7	109,4	492,6	41,18	643,1	1,2571	0,7955
1,6	0,6	112,7	113,4	489,7	41,54	644,7	1,1096	0,9013
1,8	0,8	116,3	117,1	487,1	41,85	646,0	0,9939	1,0062
2,0	1,0	119,6	120,4	484,7	42,14	647,2	0,9006	1,1104
2,5	1,5	126,7	127,7	479,4	42,74	649,9	0,7310	1,3680
3,0	2,0	132,8	133,9	474,9	43,23	652,0	0,6163	1,6224
3,5	2,5	138,1	139,4	470,8	43,65	653,8	0,5335	1,8743
4,0	3,0	142,8	144,2	467,2	44,01	655,4	0,4708	2,1239
4,5	3,5	147,1	148,6	463,9	44,33	656,8	0,4217	2,3716
5,0	4,0	151,0	152,6	460,8	44,61	658,1	0,3820	2,6177
5,5	4,5	154,6	156,3	458,0	44,87	659,2	0,3494	2,8624
6,0	5,0	157,9	159,8	455,3	44,10	660,2	0,3220	3,1058
6,5	5,5	161,1	163,0	452,8	45,32	661,1	0,2987	3,3481
7,0	6,0	164,0	166,1	450,4	45,51	662,0	0,2786	3,5891
7,5	6,5	166,8	168,9	448,2	45,67	662,8	0,2611	3,8294
8,0	7,0	169,5	171,8	446,0	45,86	663,5	0,2458	4,0683
8,5	7,5	172,0	174,3	443,9	46,02	664,2	0,2322	4,3072
9,0	8,0	174,4	176,8	441,9	46,17	664,9	0,2200	4,5448
9,5	8,5	176,7	179,2	440,0	46,30	665,5	0,2091	4,7819
10,0	9,0	178,9	181,5	438,2	46,43	666,1	0,1993	5,018
11,0	10,0	183,1	185,8	434,6	46,67	667,1	0,1822	5,489
12,0	11,0	186,9	189,9	441,3	46,88	668,1	0,1678	5,960
13,0	12,0	190,6	193,7	428,2	47,08	668,9	0,15565	6,425
14,0	13,0	194,0	197,3	425,2	47,26	669,7	0,14515	6,889
15,0	14,0	197,2	200,7	422,4	47,43	670,5	0,13601	7,352
16,0	15,0	200,3	203,9	419,7	47,58	671,2	0,12797	7,814
18,0	17,0	206,1	210,0	414,6	47,85	672,4	0,11450	8,734
20,0	19,0	211,3	215,5	409,8	48,08	673,4	0,10365	9,648

<sup>1)</sup> Vergleiche Dr. R. Mollier, Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf.  
Berlin 1906. Verl. J. Springer.

## VI. Abschnitt.

### Berechnungen ganzer Kessel.

#### 38. Mehrfacher Walzenkessel. (Hierzu Tafel 10, Fig. 1.)

Es ist ein mehrfacher Walzenkessel zu entwerfen, der bei mäßigem Betriebe in einer Stunde  $D = 900$  kg Dampf von  $p = 10$  Atm. Überdruck liefert.

##### 1. Berechnung der Heizfläche $H$ .

Man kann hier rechnen, daß bei mäßigem Betriebe 1 qm Heizfläche in 1 Stunde 13 kg Dampf liefert. Es ergibt sich daher die Heizfläche zu:

$$H = \frac{D}{13} = \frac{900}{13} = 69,2 = \sim 70 \text{ qm.}$$

##### 2. Berechnung der Rostfläche $R$ .

Man findet diese Kessel mit  $\frac{H}{R} = 25$  bis 30 ausgeführt.<sup>1)</sup>

Wir wählen  $\frac{H}{R} = 28$ , dann ist:

$$R = \frac{H}{28} = \frac{70}{28} = 2,5 \text{ qm.}$$

Nehmen wir die Breite des Rostes zu 1,5 m an, so wird seine Länge:

$$l_r = \frac{2,5}{1,5} = \sim 1,65 \text{ m.}$$

##### 3. Berechnung der Durchmesser und der Längen des Kessels.

Es werde ein Kessel mit zwei Oberkesseln und zwei Unterkesseln angenommen. Der Durchmesser des Oberkessels kann genommen werden zu:

$$d_1 = 0,12 \sqrt{H} = 0,12 \sqrt{70} = 0,12 \cdot 8,366 = 1,004$$

$$d_1 = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm.}$$

<sup>1)</sup> Eine genauere Berechnung der Rostfläche nach der Zusammensetzung und der Art des Brennstoffes siehe beim Beispiele über Zweiflammrohrkessel.

Der Durchmesser des Unterkessels wird:

$$d_2 = d_1 - 200 \text{ mm} = 800 \text{ mm.}$$

Die Entfernung von Mitte Oberkessel bis Mitte Oberkessel wird:

$$d_1 + 150 = 1150 \text{ mm.}$$

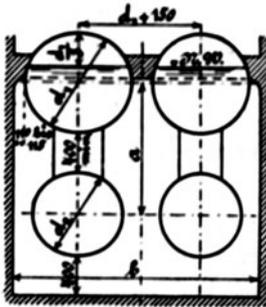


Fig. 227.

Der Abstand der Längsmauern voneinander wird:

$$b = 2d_1 + 400 = 2400 \text{ mm.}$$

Die kleinste Entfernung von Mitte Oberkessel zu Mitte Unterkessel wird:

$$\frac{d_1 + d_2}{2} + 400 = 1300 \text{ mm.}$$

Die Breite der Feuerbrücke sei: 0,38 m.

Es sei nun  $l_1$  die Länge des Mantels des Oberkessels und  $l_2$  die Länge des Mantels des Unterkessels, gerechnet bis Hinterkante des Mantels des Oberkessels.

Von der Feuerbrücke bis zum Mantel des Unterkessels nehmen wir 0,4 bis 0,5 m, hier der Abrundung wegen 0,47 m, dann ist die Länge des Unterkessels

$$l_2 = l_1 - 1,65 - 0,38 - 0,47$$

$$l_2 = l_1 - 2,5 \text{ m.}$$

Die Entfernung vom Niedrigwasserspiegel bis zum Scheitel des Kessels sei  $\frac{1}{2} d_1 = \frac{1}{2} 1000 = 333$ , dafür rund 335 mm, dann ist von Mitte Kessel bis Niedrigwasserspiegel  $500 - 335 = 165$  mm. Da die Oberkante des Zuges 100 mm unter diesem Wasserspiegel liegen soll, so bleibt von Mitte Kessel bis Oberkante Zug 65 mm. Dann ist der von den Gasen bestrichene Umfang des Oberkessels:

$$U_1 = \frac{d_1 \pi}{2} + 2 \cdot 0,065 = 1,57 + 0,130 = 1,7 \text{ m}$$

und der entsprechende Umfang des Unterkessels:

$$U_2 = d_2 \pi = 0,8 \pi = 2,513 \text{ m.}$$

Vorläufig kann man nun recht gut die vom Mauerwerke verdeckten Flächen gegen die Flächen der Verbindungsstützen und der Böden vernachlässigen und bekommt für die eine Kesselhälfte:

$$\frac{H}{2} = 35 = U_1 l_1 + U_2 l_2 = 1,7 l_1 + 2,513 (l_1 - 2,5)$$

$$35 = 4,213 l_1 - 2,513 \cdot 2,5 = 4,213 l_1 - 6,283 .$$

Daraus ergibt sich:

$$l_1 = \frac{35 + 0,283}{4,213} = \frac{41,283}{4,213} = 9,8 \text{ m}$$

und

$$l_2 = 9,8 - 2,5 = 7,3 \text{ m.}$$

#### 4. Festigkeitsberechnungen.

**Oberkessel:** Material: Flußeisen, Blechsorte I,  $K_2 = 3600 \text{ kg pro qcm.}$

Die Blechstärke wird bei Annahme einer zweireihigen, von Hand genieteten Überlappungslängsnaht:

$$s_1 = \frac{d \cdot p \cdot \zeta}{2 K_2 \cdot \varphi} + 0,1 = \frac{100 \cdot 10 \cdot 4,75}{2 \cdot 3600 \cdot 0,7} + 0,1 = 0,942 + 0,1 = 1,042 \text{ cm,}$$

dafür:

$$s_1 = 1,1 \text{ cm;}$$

die Feuerplatte bekomme eine Stärke von 1,2 cm.

Die Nietstärke wird:

$$\delta = s_1 + 0,8 = 1,9 \text{ cm,}$$

dafür nehmen wir:

$$\delta = 2 \text{ cm.}$$

Ferner wird die Entfernung der Niete vom Blechrande:

$$e = 1,5 \delta = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ cm,}$$

die Teilung der doppelten Längsnaht:

$$t_2 = 2,6 \delta + 1,5 = 6,7 \text{ cm,}$$

der Nietquerschnitt:

$$\frac{\delta^2 \pi}{4} = \frac{2^2 \pi}{4} = 3,14 \text{ qcm.}$$

Die auf 1 qcm Nietquerschnitt entfallende Kraft ist:

$$Q = \frac{d \cdot l_2 \cdot p}{2 n \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{100 \cdot 6,7 \cdot 10}{2 \cdot 2 \cdot 3,14} = 533 \text{ kg,}$$

was gering genug ist, da der Gleitungswiderstand hier 550 bis 650 kg gerechnet werden kann.

Die Entfernung der beiden Nietreihen voneinander ist:

$$e_1 = 0,6 t_2 = 4 \text{ cm,}$$

die Teilung der einreihigen Quernaht:

$$t_1 = 2 \delta + 0,8 = 4,8 \text{ cm.}$$

**Unterkessel:** Die Blechstärke wird:

$$s_2 = \frac{80 \cdot 10 \cdot 4,75}{2 \cdot 3600 \cdot 0,7} + 0,1 = 0,753 + 0,1 = 0,85 .$$

Dafür wegen der Schwächung durch die Ausschnitte für die Verbindungsstutzen:

$$s_2 = 0,95 \text{ cm.}$$

Die Nietstärke wird:

$$\delta = s + 0,8 \text{ cm} = 1,75 = \sim 1,8 \text{ cm,}$$

die Entfernung der Nietnaht vom Blehrande:

$$e = 1,5 \cdot 1,8 = 2,7 \text{ cm,}$$

die Teilung der doppelten Längsnaht:

$$t_2 = 2,6 \delta + 1,5 = 6,18 = \sim 6,2 \text{ cm,}$$

der Nietquerschnitt:

$$\frac{\delta^2 \pi}{4} = 2,54 \text{ qcm.}$$

Die auf 1 qcm Nietquerschnitt entfallende Kraft ist:

$$Q = \frac{d \cdot t_2 \cdot p}{2 n \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{80 \cdot 6,2 \cdot 10}{4 \cdot 2,54} = 488 \text{ kg,}$$

was nicht zuviel ist.

Die Teilung der einreihigen Quernaht wird:

$$t_1 = 2 \delta + 0,8 = 4,4 \text{ cm,}$$

die Entfernung der beiden Nietreihen der Längsnaht:

$$e_1 = 0,6 t_2 = 0,6 \cdot 6,2 = 3,7 \text{ cm.}$$

**Die Böden des Oberkessels** (Tafel 10, Fig. 1d). Nach der Tabelle von Thyssen & Co. ergibt sich ein Krümmungsradius  $R = 1200$  mm, die innere Höhe zu 195 mm, die Höhe des zylindrischen Randes zu 70 mm. Rechnen wir 10 mm für Abdrehen, so bekommen wir die Höhen 185 mm bzw. 60 mm. Die Blechstärke des aus Flußeisen hergestellten Bodens wird:

$$s_3 = \frac{p \cdot R}{2 k_z} = \frac{10 \cdot 120}{2 \cdot 650} = 0,92 \text{ cm,}$$

dafür nehmen wir

$$s_3 = 1,2 \text{ cm.}$$

**Hinterer Boden des Unterkessels.** Nach Tabelle S. 292 erhalten wir die in Fig. 1e, Tafel 10 angegebenen Maße. Es ist dann:

$$s_4 = \frac{p \cdot R}{2 k_z} = \frac{10 \cdot 90}{2 \cdot 650} = 0,69 \text{ cm,}$$

wir wollen jedoch dafür wegen der Anbringung des Mannloches  $s_4 = 1,2$  cm nehmen. Ebenso stark werde der vordere Boden, da dieser unter der Einwirkung der heißen Gase am meisten leidet.

**Der Dampfsammler.** Dieser verbindet die Dampf Räume der beiden Oberkessel miteinander. Die Wandstärke wird bei doppelter, von Hand genieteteter Längsnaht:

$$s_5 = \frac{70 \cdot 10 \cdot 4,75}{2 \cdot 3600 \cdot 0,7} + 0,1 = 0,66 + 0,1 = 0,76 = \approx 0,8 \text{ cm.}$$

Die Nietstärke wird:

$$d = s + 0,8 \text{ cm} = 0,8 + 0,8 = 1,6 \text{ cm,}$$

die Entfernung der Nietnaht vom Blechrande:

$$e = 1,5 \cdot 1,6 = 2,4 \text{ cm,}$$

die Teilung der doppelten Längsnaht:

$$t_2 = 2,6 \delta + 1,5 \text{ cm} = 2,6 \cdot 1,6 + 1,5 = 4,16 = \approx 4,2 \text{ cm.}$$

Der nötige Gleitwiderstand ist hier sicher vorhanden.

Für die Rundnaht wird:

$$t_1 = 2 \delta + 0,8 \text{ cm} = 2 \cdot 1,6 + 0,8 = 4 \text{ cm.}$$

Die Stärke des Bodenbleches werde aus praktischen Gründen  $s_6 = 1$  cm genommen, während die Rechnung nur

$$s_6 = \frac{10 \cdot 80}{2 \cdot 650} = 0,615 \text{ cm}$$

ergibt.

**Die Verbindungsstutzen** zur Verbindung der Ober- und Unterkessel und zur Verbindung der Oberkessel mit dem Dampfsammler bekommen eine Wandstärke von  $1,2$  cm.

### 5. Schußeinteilung.

**Oberkessel:** Die Feuerplatte direkt über dem Feuer rage noch etwa  $0,8$  m über die Feuerbrücke hinaus, dann wird ihre Länge:  $l_r +$  Breite der Feuerbrücke  $+ 0,8 = 1,65 + 0,38 + 0,8 = 2,83 \text{ m} = 2830 \text{ mm}$ . Oder von Mitte bis Mitte Rundnaht  $2,83 - 2 \cdot 0,03 = 2,77 \text{ m} = 2770 \text{ mm}$ . Nun ist die Mantellänge von erster bis letzter Rundnaht:

$$9,8 - 0,06 = 9,74 \text{ m} = 9740 \text{ mm,}$$

es bleibt also für die übrigen Schüsse eine Länge:

$$9740 - 2770 = 6970 \text{ mm.}$$

Wird die Schußlänge vorläufig etwa 1600 mm angenommen, so gibt es  $\frac{6970}{1600} = 4,35$  Schüsse, dafür nehmen wir vier Schüsse. Macht man den ersten Schuß nun noch 10 mm länger, also im ganzen 2840 mm, oder von Mitte zu Mitte Rundnaht 2780 mm lang, so bekommt einer von den letzten Schüssen von Mitte zu Mitte Rundnaht:

$$\frac{6960}{4} = 1740 \text{ mm.}$$

Mit Überlappung wird ein Schuß  $1740 + 60 = 1800$  mm lang. An die 2840 mm lange Feuerplatte schließen sich nach oben zwei Bleche an, die von Mitte Rundnaht bis Mitte Rundnaht je die Länge

$$\frac{2840 - 60}{2} = \frac{2780}{2} = 1390 \text{ mm}$$

und von Rand zu Rand die Länge:

$$1390 + 60 = 1450 \text{ mm}$$

bekommen.

**Unterkessel.** Die Unterkessel schließen etwa mit dem hinteren Mauerwerke ab und bekommen daher nach der Zeichnung von Mitte des vorderen Stützens ab gerechnet eine Länge von 6800 mm. Vorn gilt diese Länge bereits bis Mitte Nietnaht, hinten müssen wir noch 27 mm abziehen und bekommen die Länge von vorderer Nietnaht bis hinterer Nietnaht  $6800 - 27 = 6773$  mm.

Man könnte nun vier Schüsse nehmen, dann würde jeder etwa 1700 mm lang, was passend wäre, jedoch findet man in diesem besonderen Falle dann keinen guten Platz für den hinteren Verbindungsstutzen, der möglichst in der Nähe des größeren Durchmessers der konischen Schüsse sitzen soll. Wir wählen also 5 Schüsse und zwar 4 Schüsse zu 1355, zusammen 5420 mm lang, und 1 Schuß 1353 mm lang. Mit Überlappung gibt es also 4 Schüsse zu 1409 und 1 Schuß zu 1407 mm.

### 6. Die Züge.

Der Fuchs bekommt einen Querschnitt gleich  $\frac{1}{4}$  der Rostfläche  $= \frac{2,5}{4} = 0,625$  qm. Die Höhe nehmen wir daher gleich 0,9 m, die Breite gleich 0,7 m. Nun ist die Entfernung zwischen der Feuerbrücke und der hinteren Mauerwand 8020 mm. Nimmt man nun in der Länge des Kessels 6 Zwischenwände (Kulissen) an, drei oben, drei unten, von je 120 mm Stärke, so wird eine dadurch abgeteilte Kammer etwa

$$\frac{8020 - 6 \cdot 120}{7} = \sim 1043 \text{ mm}$$

lang. Dafür wollen wir 6 Kammern 1040 mm und 1 Kammer 1060 mm lang machen, denn es ist:

$$6 \cdot 1040 + 1060 + 6 \cdot 120 = 8020 .$$

Es ist dann der Zug an der engsten Stelle in der Höhe der Mitte des Unterkessels:

$$1,04 (2,4 - 2 \cdot 0,8) = 1,04 \cdot 0,8 = 0,832 \text{ qm},$$

also  $\frac{0,832}{0,63} = 1,32$  mal so groß als der Fuchsquerschnitt. Etwa ebensoviel oder etwas mehr betrage der Querschnitt über den Zwischenwänden. Rechnen wir nur bis Mitte Oberkessel, geben das darüber liegende Stück also zu, so bekommt die Querschnittsfläche des Zuges mit den Querschnittsflächen der Oberkessel zusammen die Größe:

$$0,832 + \frac{1^2 \pi}{4} = 0,832 + 0,785 = 1,617 \text{ qm}.$$

Dividieren wir dieses durch die Breite des Zuges, so wird die Höhe des fraglichen Zuges:

$$\frac{1,617}{2,4} = 0,674 = \sim 0,7 \text{ m}.$$

### 7. Die Armaturen.

**Das Sicherheitsventil:** Nach Tabelle auf S. 180 ist  $f = 64$  qmm also hier die Querschnittsfläche des Ventiles  $64 \cdot 70 = 4480$  qmm. Dem entspricht ein Durchmesser:

$$d = 75 \text{ mm}.$$

**Das Absperrventil:** Nehmen wir an, daß bei flottem Betriebe 1 qm Heizfläche 16 kg Dampf liefert, so ist hier:

$$D = 16 \cdot 70 = 1120 \text{ kg}.$$

Nach Tabelle auf S. 298 ist  $\gamma = 5,489 = \sim 5,5$ , also:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{30 D}{\gamma} = \frac{30 \cdot 1120}{5,5} = 6110 \text{ qmm},$$

also  $d = 88,2$  mm, dafür wählen wir  $d = 90$  mm.

**Das Speiseventil:** Nach obigem ist bei flottem Betriebe  $D = 1120$  kg, also:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{D}{c} = \frac{1120}{0,5} = 2240 \text{ qmm}$$

und

$$d = 53,4 = \sim 55 \text{ mm}.$$

**Der Abblaßstutzen:** Es sind hier zwei Abblaßstutzen vorhanden, die zusammen etwa ebensoviel Querschnittsfläche haben können wie das

Speiseventil. Dieses besitzt einen Querschnitt von 2240 qmm, ein Abfluß bekommt also eine Querschnittsfläche:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{2240}{2} = 1120 \text{ qcm,}$$

und es wird der Durchmesser:

$$d = 37,8 = \sim 40 \text{ mm.}$$

### 8. Genaue Berechnung der Heizfläche.

Da alle Schüsse mit Ausnahme desjenigen über dem Roste konisch sind, so können wir rechnen:

für den äußeren Durchmesser des Oberkessels durchweg 1,011 m,

für den äußeren Durchmesser des Unterkessels hinten 0,8095 m,

für den Durchmesser des ersten Schusses am Unterkessel 0,770 m.

Es soll nun zuerst die Heizfläche der einen Hälfte des Kessels berechnet werden.

Es ist die Heizfläche des Mantels des Oberkessels:

$$\left( \frac{1,011 \pi}{2} + 2 \cdot 0,065 \right) 9,8 = 16,827 ,$$

des Mantels des Unterkessels, hinten:

$$0,8095 \cdot \pi (6,8 - 0,45) = 16,142 ,$$

des Mantels des Unterkessels, vorderer Schuß:

$$0,770 \pi \cdot 1,2 = 2,902 ,$$

der Mäntel der Verbindungsstutzen:

$$(0,45 + 2 \cdot 0,012) \pi \cdot 0,88 = 1,310 ,$$

des Oberkesselbodens:

$$\frac{1^2 \pi}{4 \cdot 2} + 0,065 \cdot 1 = 0,457 ,$$

des Unterkesselbodens:

$$\frac{0,7^2 \pi}{4} = 0,385$$

---

zusammen 38,023 qm.

Hiervon geht die Fläche ab, die durch die Verbindungsstutzen fortgenommen wird, und die Fläche, die von dem Mauerwerke<sup>1)</sup> der Zwischenwände und der Schutzkappe am Vorderschusse des Unterkessels verdeckt wird:

<sup>1)</sup> Gehen die Zwischenwände, wie es recht gut ist, nicht bis unmittelbar an den Kessel heran, so ist für sie natürlich nichts abzuziehen.

Es geht also ab:  
durch die Verbindungsstutzen:

$$4 \cdot \frac{0,474^4 \pi}{4} = 0,705 ,$$

durch Verdecken am Oberkessel:

$$3 \cdot 0,12 \left( \frac{1,011 \pi}{2} + 2 \cdot 0,065 \right) = 0,618 ,$$

durch Verdecken am Unterkessel:

$$4 \cdot 0,120 \cdot 0,8095 \pi = 1,220 ,$$

$$\frac{1}{2} \cdot 0,120 \cdot 0,770 \pi = 0,157 ,$$

$$\frac{0,65 \cdot 0,2}{1} = 0,130$$

zusammen 2,830 qm.

Es bleiben also:

$$38,023 - 2,830 = 35,193 \text{ qm,}$$

und für den ganzen Kessel ergibt sich die Heizfläche zu:

$$H = 2 \cdot 35,193 = 70,386 \text{ qm.}$$

### 39. Einflammrohrkessel. (Hierzu Tafel 12.)

Es ist ein Einflammrohrkessel zu berechnen und zu entwerfen, der in einer Stunde  $D = 575$  kg Dampf von  $p = 8$  Atm. Überdruck liefert. Der Einfachheit halber soll auch bei diesem Beispiele die Rostfläche mit Hilfe des Verhältnisses  $\frac{H}{R}$  berechnet werden.

#### 1. Berechnung der Heizfläche $H$ .

Man kann bei Flammrohrkesseln rechnen, daß bei mäßigem Betriebe 1 qm Heizfläche 16 kg Wasser in 1 Stunde verdampft.

Es ergibt sich daher die Heizfläche zu:

$$H = \frac{D}{16} = \frac{575}{16} = \approx 36 \text{ qm.}$$

#### 2. Berechnung der Rostfläche $R$ .

Bei Flammrohrkesseln kann man für  $\frac{H}{R} = 28$  bis 35 rechnen.

Nehmen wir hier  $\frac{H}{R} = 28$ , so wird:

$$R = \frac{H}{28} = \frac{36}{28} = 1,29 = \approx 1,3 \text{ qm.}$$

### 3. Berechnung des Durchmessers und der Länge des Kessels.

Wenn nicht besondere Bedingungen wegen des Platzes gestellt sind, so kann man den Durchmesser eines Einflammrohrkessels zu

$$d = 0,26 \sqrt{H} \text{ Meter}$$

annehmen.

Hier wird dann:

$$d = 0,26 \sqrt{36} = 1,56 = \approx 1,6 \text{ m.}$$

Der Flammrohrdurchmesser kann dann zu

$$d_1 = \frac{d}{2} = \frac{1,6}{2} = 0,8 \text{ m}$$

angenommen werden. Wir nehmen gewölbte Böden und wählen solche mit Einhalsung nach der Tabelle von Thyssen & Co. (37, 2, B, c), mit

$$d'_1 = 800 \text{ mm}; s = 16 \text{ mm}; H = 245 \text{ mm}; h = 90 \text{ mm}; h_1 = 75 \text{ mm}; \\ x = 60 \text{ mm}; c = 150 \text{ mm}; b = 160 \text{ mm}; R = 2200 \text{ mm.}$$

Der innere Durchmesser der Einhalsung bzw. Aushalsung und somit der äußere Durchmesser des Flammrohres ist also:

$$d'_1 = 800 \text{ mm.}$$

Den inneren Flammrohrdurchmesser können wir dann vorläufig zu:

$$d_1 = 800 - 25 = 775 \text{ mm} = 0,775 \text{ m}$$

ansetzen. Hiermit wird die Rostlänge:

$$l_r = \frac{1,3}{0,775} = 1,675 = \approx 1,7 \text{ m.}$$

Setzen wir die Feuerbrückenlänge  $l_f = 0,25 \text{ m}$ , so wird die Länge des Rostes mit Feuerbrücke:

$$l_r = l_r + l_f = 1,95 \text{ m.}$$

Die Zugführung sei nun folgende:

- I. Flammrohr,
- II. eine Seite des Mantels nach vorn,
- III. andere Seite des Mantels nach hinten.

Der Niedrigwasserspiegel liege um

$$\frac{d}{4} = \frac{1600}{4} = 400 \text{ mm}$$

über der Mitte des Kessels. Die Oberkanten der Seitenzüge liegen um 100 mm tiefer, also 300 mm über Kesselmitte. Zeichnet man nun den Querschnitt des Kessels in einfachen Linien im Maßstabe 1 : 10 auf, so

findet man, daß von der Kesselmitte bis zur Oberkante der Seitenzüge noch eine Manteloberfläche von etwa 310 mm Höhe liegt.

Die Größe des letzten Zuges kann man zu

$$\frac{1}{4}R = \frac{1}{4} \cdot 1,3 = 0,32 \text{ qm}$$

annehmen.

Ist der Zwischenraum zwischen Kessel und Sohle der Züge 350 mm hoch, so wird der vorn unter dem Kessel durchgehende Verbindungskanal der beiden Seitenzüge, dem wir die Größe  $\approx 0,35$  qm geben wollen, die

Breite  $\frac{0,35 \text{ qm}}{0,35 \text{ m}} = 1 \text{ m}$  bekommen.

Ist  $L$  die Länge des Kessels<sup>1)</sup> und berücksichtigt man, daß vorn eine Mantellänge von 0,38 m, hinten eine solche von  $\frac{0,25}{2} = 0,125$ , also zusammen

$$0,38 + 0,125 = 0,505 \text{ m}$$

vom Mauerwerk verdeckt wird, so kann man genau genug die Heizfläche des Mantels rechnen:

$$\begin{aligned} H_m &= 0,6 d \pi (L - 0,505) = 0,6 \cdot 1,6 \pi L - 0,6 \cdot 1,6 \pi \cdot 0,505 \\ &= (3,02 L - 1,52) \text{ qm.} \end{aligned}$$

Die Heizfläche des Flammrohres wird, wenn man die vom Roste und von der Feuerbrücke verdeckte Fläche abzieht, etwa:

$$H_f = d_1 \pi L - \frac{d_1 \pi}{2} l_r = 0,775 \cdot \pi \cdot L - \frac{0,775 \pi}{2} 1,95 = (2,43 L - 2,37) \text{ qm.}$$

Die Heizfläche des hinteren Bodens kann man rechnen zu:

$$H_b = 0,75 \frac{d^2 \pi}{4} - \frac{d_1^2 \pi}{4} = 0,75 \frac{1,6^2 \pi}{4} - \frac{0,775^2 \pi}{4} = (1,51 - 0,47) \text{ qm.}$$

Dann ist die ganze Heizfläche:

$$H = 36 = H_m + H_f + H_b,$$

also

$$\begin{aligned} 36 &= 3,02 L - 1,52 + 2,43 L - 2,37 + 1,51 - 0,47 = 5,45 L - 2,85 . \\ 5,45 L &= 38,85 . \end{aligned}$$

$$L = \frac{38,85}{5,45} = 7,13 \text{ m} = \approx 7,15 \text{ m.}$$

<sup>1)</sup> Der Einfachheit halber rechnen wir als Länge  $L$  immer die eigentliche Mantellänge, dann wird allerdings bei gewölbten Böden die Heizfläche des Kessels etwas größer als bei ebenen Böden.

Genauer würde man folgendermaßen rechnen:

Es ist:

der Umfang des Mantels bis Oberkante Kanal:

$$\begin{array}{r} 0,5 \cdot 1,6 \cdot \pi = 2,51 \\ + 2 \cdot 0,31 = 0,62 \\ \hline U_m = 3,13 \text{ m,} \end{array}$$

der Umfang des Flammrohrs:

$$U_f = 0,775 \pi = 2,43 \text{ m,}$$

die Heizfläche des hinteren Bodens:

$$\begin{array}{r} \frac{1,6^2 \pi}{4} \cdot 0,5 = 1,00 \text{ qm} \\ + 1,55 \cdot 0,3 = 0,46 \text{ ,,} \\ \hline 1,46 \text{ qm} \\ - \frac{0,775^2 \cdot \pi}{4} = 0,47 \text{ ,,} \\ \hline H_b = 0,99 \text{ qm.} \end{array}$$

Die vom Roste verdeckte Fläche ist:

$$H_r = 0,5 \cdot 0,775 \cdot \pi \cdot 1,95 = 2,37 \text{ qm.}$$

Vom äußeren Mantel wird verdeckt:

Vorn eine Mantellänge von 0,38 m, hinten eine solche von

$$\frac{0,25}{2} = 0,125 \text{ m,}$$

außerdem unten durch die Mauerwerkszunge von der Breite 0,12 m eine Fläche:

$$H_z = 0,12 (L - 0,38 - 1 - 0,125) = 0,12 (L - 1,505) \text{ qm.}$$

Dann ist:

$$\begin{aligned} H = 36 &= U_m (L - 0,38 - 0,125) + U_f \cdot L - H_r + H_b - H_z, \\ 36 &= 3,13 (L - 0,505) + 2,43 L - 2,37 + 0,99 - 0,12 (L - 1,505), \\ 36 &= (3,13 + 2,43 - 0,12) L - 0,505 \cdot 3,13 - 2,37 + 0,99 + 1,505 \cdot 0,12, \\ 36 &= 5,44 L - 2,7, \\ 5,44 L &= 36 + 2,7 = 38,7, \\ L &= 7,12 \text{ m} = \approx 7,15 \text{ m.} \end{aligned}$$

In diesem Falle erhalten wir also durch beide Rechnungen dasselbe. Gehen jedoch die Gase in einem zweiten Zuge am ganzen wasserberührten Mantel entlang und im dritten Zuge über den Kessel, so wird die Differenz etwas größer.

## 4. Festigkeitsberechnungen.

**Kesselmantel:** Material: Flußeisen, Blechsorte I mit  $K_z = 3600$  kg pro qcm.

Angenommen zweireihige mit Maschine genietete Überlappungs-nietung in der Längsnaht.

Blechstärke:

$$s = \frac{d \cdot p \cdot \zeta}{2 K_z \cdot \varphi} + 0,1 = \frac{160 \cdot 8 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,7} + 0,1 = 1,24 \text{ cm,}$$

dafür

$$s = 1,3 \text{ cm.}$$

Nietstärke:

$$\delta = 1,3 + 0,8 = 2,1 = \approx 2,2 \text{ cm.}$$

Nietquerschnitt:

$$\frac{\delta^2 \pi}{4} = 3,8 \text{ qcm.}$$

Nietteilung für doppelreihige Längsnaht:

$$t_2 = 2,6 \delta + 1,5 \text{ cm} = 2,6 \cdot 2,2 + 1,5 = 7,2 \text{ cm.}$$

Dann kommt auf 1 qcm Nietquerschnitt die ein Gleiten anstrebende Kraft:

$$Q = \frac{d \cdot t_2 \cdot p}{2n \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{160 \cdot 7,2 \cdot 8}{2 \cdot 2 \cdot 3,8} = 605 \text{ kg,}$$

was zulässig ist.

Die Teilung für die einreihige Rundnaht:

$$t_1 = 2 \delta + 0,8 \text{ cm} = 2 \cdot 2,2 + 0,8 = 5,2 \text{ cm.}$$

Für die Rundnaht würde die auf 1 qcm Nietquerschnitt entfallende Kraft sein:

$$Q_1 = \frac{d \cdot t_1 p}{4n \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{160 \cdot 5,2 \cdot 8}{4 \cdot 1 \cdot 3,8} = 483 \text{ kg,}$$

während bis 700 kg zulässig ist.

Die Entfernung der Nietreihen bei der doppelten Naht:

$$e_1 = 0,6 t_2 = 0,6 \cdot 7,2 = 4,3 \text{ cm.}$$

Die Überlappung:

$$e = 1,5 \delta = 1,5 \cdot 2,2 = 3,3 \text{ cm.}$$

**Flammrohr:** Material: Flußeisen, Blechsorte I. Das Flammrohr werde durch die Adamsonsche Versteifung in Abständen von etwa 1,2 m versteift und mit Längsschweißnaht versehen.

Blechstärke:

$$s_1 = \frac{p \cdot d_1}{2400} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{a}{p} \cdot \frac{l}{l + d_1}} \right) + 0,2 .$$

Die Entfernung von wirksamer Versteifung zu wirksamer Versteifung sei:

$$l = 120 \text{ cm.}$$

Dann wird:

$$s_1 = \frac{8 \cdot 77,5}{2400} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{80}{8} \cdot \frac{120}{120 + 77,5}} \right) + 0,2 = 0,95 + 0,2 = 1,15 ,$$

dafür

$$s_1 = 1,2 \text{ cm.}$$

Nietstärke:

$$\delta = 1,2 + 0,8 = 2 \text{ cm.}$$

Nietteilung:

$$t_1 = 2 \delta + 0,8 = 2 \cdot 2 + 0,8 = 4,8 \text{ cm.}$$

Überlappung:

$$e = 1,5 \delta = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ cm.}$$

**Kesselböden:** Material: Flußeisen, Blechsorte I.

Blechstärke:

$$s_2 = \frac{p \cdot R}{2 \cdot k_x} = \frac{8 \cdot 220}{2 \cdot 650} = 1,36 \text{ cm, } ^1)$$

dafür aber nach Tabelle von Thyssen & Co.:

$$s_2 = 1,6 \text{ cm.}$$

**Dom:** Material: Flußeisen, Blechsorte I mit  $K_x = 3600 \text{ kg pro qcm.}$

Es werde der Durchmesser  $d_2 = 650 \text{ mm}$ , die Höhe des Dombantels =  $700 \text{ mm}$  genommen.

Blechstärke:

$$s_3 = \frac{d_2 \cdot p \cdot \ominus}{2 K_x \varphi} + 0,1 = \frac{65 \cdot 8 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,56} + 0,1 = 0,68 \text{ cm,}$$

dafür

$$s_3 = 1,0 \text{ cm.}$$

Nietstärke:

$$\delta = s_3 + 0,8 \text{ cm} = 1,8 \text{ cm.}$$

Nietteilung:

$$t_1 = 2 \delta + 0,8 \text{ cm} = 4,4 \text{ cm.}$$

Überlappung:

$$e = 1,5 \delta = 2,7 \text{ cm.}$$

Der erforderliche Widerstand gegen Gleiten ist hier sicher vorhanden.

**Domböden:** Material: Flußeisen, Blechsorte I.

<sup>1)</sup> Nach den Bauvorschriften für Landkessel, Absatz VII, kann man bei solchen durch Aus- oder Einhalzung versteiften Böden mit  $k_x$  bis  $750 \text{ kg}$  gehen.

Der Boden werde mit einer Umbördelung des Mannlochrandes versehen und bekomme die Blechstärke:

$$s_4 = 20 \text{ mm.}$$

**Versteifungsring am Mannloch im Kesselmantel.** (Fig. 95.)

Das Mantelblech war mit  $\varphi = 0,7$  berechnet, also wird:

$$2b \cdot c = a \cdot \varphi \cdot s.$$

Mit  $c = 20$  mm wird:

$$2 \cdot b \cdot 20 = 300 \cdot 0,7 \cdot 13,$$

$$b = \frac{300 \cdot 0,7 \cdot 13}{40} = 68,3 = \sim 68 \text{ mm.}$$

Wegen der Schwächung des Ringes durch die Nietlöcher muß man

$$b = 68 + 22 = 90 \text{ mm}$$

machen.

Anzahl der Niete im halben Ringe:

$$n = \frac{d \cdot a \cdot p}{1000 \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{160 \cdot 30 \cdot 8}{1000 \cdot 3,8} = 10,1 \text{ dafür } 10.$$

Man macht nun vielleicht (Fig. 66):

$$e = 30 ; e_1 = 30 .$$

**5. Einteilung der Mantelschüsse.**

Der Kessel hat eine Mantellänge von  $L = 7150$  mm, daraus ergibt sich die Länge von erster bis letzter Rundnaht (Tafel 14, Fig. 5) zu

$$L' = 7150 - 66 = 7084 \text{ mm.}$$

Nimmt man 5 Schüsse an, so bekommt einer die Länge

$$\frac{7084}{5} = 1416,8 \text{ mm,}$$

dafür

$$4 \text{ Schüsse zu } 1417 = 5668 \text{ mm}$$

und

$$1 \text{ Schuß zu } 1416 = 1416 \text{ mm}$$

$$\hline 7084 \text{ mm}$$

Oder man nimmt gleich 5 Schüsse zu 1417, da es auf das eine Millimeter nicht ankommt.

Mit Überlappung bekommen die Schüsse die Längen  $1417 + 66 = 1483$  und  $1416 + 66 = 1482$  mm.

Nimmt man für einen Schuß ein Blech, so erhält man von Mitte Längsnaht bis Mitte Längsnaht:

a) Bei einem großen Schusse

$$\pi(1600 + 13) = 5068 \text{ mm.}$$

b) Bei einem kleinen Schusse

$$\pi(1600 - 13) = 4976 \text{ mm.}$$

Somit beträgt die Blechlänge im bearbeiteten Zustande:

für a)

$$5068 + 43 + 2 \cdot 33 = 5177 \text{ mm,}$$

für b)

$$4976 + 43 + 2 \cdot 33 = 5085 \text{ mm.}$$

### 6. Einteilung des Flammrohres.

Nach Fig. 5, Tafel 14 wird die ganze Länge des Flammrohres:

$$L_f = 7084 - 2 \cdot 33 + 2 \cdot 60 + 2 \cdot 60 = 7258 .$$

Wählt man 6 Schüsse, so bekommt man 5 Zwischenlagen zu 12 mm mit zusammen  $5 \cdot 12 = 60$  mm Länge.

Mithin bleiben:

$$7258 - 60 = 7198 \text{ mm.}$$

Ein Schuß würde dann die Länge

$$\frac{7198}{6} = 1199,66 \text{ mm}$$

bekommen, dafür nehmen wir:

$$5 \text{ Schüsse zu } 1200 = 6000 \text{ mm,}$$

$$1 \text{ Schuß zu } 1198 = \underline{1198 \text{ mm,}}$$

$$7198 \text{ mm.}$$

### 7. Die Armaturen.

**Sicherheitsventil:** Bei  $p = 8$  Atm. Überdruck ist der Querschnitt für 1 qm Heizfläche  $f = 79$  qmm, also für 36 qm Heizfläche:

$$F = 36 \cdot 79 = 2840 \text{ qmm,}$$

entsprechend dem Durchmesser:

$$d = \sim 60 \text{ mm.}$$

**Absperrventil:** Die stündliche Dampfmenge bei flottem Betriebe kann gerechnet werden:

$$D = 20 \cdot H = 20 \cdot 36 = 720 \text{ kg.}$$

Dann ist mit  $c = 20$  m:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \sim \frac{30 \cdot D}{\gamma} = \frac{30 \cdot 720}{4,55} = 4750 \text{ qmm,}$$

also

$$d = 77,8 = \sim 80 \text{ mm.}$$

**Speiseventil:** Man kann rechnen  $c = 0,5$  m, dann ist:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{D}{c} = \frac{720}{0,5} = 1440 \text{ qmm}$$

und

$$d = 42,8 = \sim 40 \text{ mm};$$

oder

$$d = \frac{H}{2} + 20 \text{ mm}$$

$$= \frac{36}{2} + 20 = 18 + 20 = 38 = \sim 40 \text{ mm.}$$

**Ablaßvorrichtung:** Der Durchmesser des Ablaßstutzens wird gleich dem Durchmesser des Speiseventiles genommen, also hier

$$d = 40 \text{ mm.}$$

#### 40. Zweiflammrohrkessel. (Hierzu Tafel 13.)

Für eine stündliche Dampfmenge von 950 kg ist ein Zweiflammrohrkessel zu berechnen und zu entwerfen. Die Dampfspannung soll 8,5 kg/qcm Überdruck und die Leistung eines Quadratmeters Heizfläche nicht über 16 kg Dampf in der Stunde betragen. Die zur Verwendung kommende Kohle habe eine Zusammensetzung von 70,6% C, 5,1% H, 0,7% S, 16,4% O, 3% hygroskopisches Wasser und 4,3% Asche. Der Wirkungsgrad der Feuerung werde zu  $\eta_1 = 0,8$  und der der Heizfläche zu  $\eta_2 = 0,8$  angenommen. Das Speisewasser wird auf  $t_0 = 60^\circ$  vorgewärmt.

##### 1. Berechnung der Heizfläche H.

Verdampft 1 qm Heizfläche pro Stunde 16 kg Wasser, so ergibt sich die Größe der Heizfläche aus der verlangten Dampfmenge  $D = 950$  kg zu

$$H = \frac{D}{16} = \frac{950}{16} = 59,3 = \sim 60 \text{ qm.}$$

##### 2. Berechnung der Rostfläche R.<sup>1)</sup>

Die Größe der Rostfläche hängt von der Brennstoffmenge ab, die in der Stunde darauf verbrannt werden soll, und diese wiederum von der Leistung des Brennstoffes, d. i. von der Dampfmenge, die mit 1 kg Brennstoff gebildet werden kann. Letztere bestimmt sich wie folgt:

<sup>1)</sup> Es ist hier ein genauerer Weg zur Berechnung der Rostfläche gewählt, um einmal zu zeigen, welchen Einfluß die Zusammensetzung der Kohle, die Temperatur des Speisewassers, das Mitreißen von Wasser, die Zugverhältnisse und schließlich das anwendbare Verhältnis der freien Rostfläche zur Gesamtrostfläche auf die erforderliche Größe der ganzen Rostfläche ausüben. In den meisten Fällen der Praxis wird man die Zusammensetzung der Kohle nicht kennen. Dann wird

Um 1 kg Wasser von  $t_0^\circ$  in Dampf von  $t^\circ$  — entsprechend der Dampfspannung in Atm. absolut — zu verwandeln, sind

$$\lambda_0 = \lambda - t_0 \text{ WE}$$

notwendig. Berücksichtigt man noch das mit jedem Kilogramm Dampf mitgerissene Wasser  $w = 2$  bis 6%, so erhält man genauer:

$$\lambda_0 = \lambda - t_0 + w(t - t_0) \text{ WE} .$$

Von dem Heizwerte  $W$  der Kohlen werden nun  $\eta W$  Cal. benutzt ( $\eta$  der Wirkungsgrad des Dampfkessels), folglich ergibt sich die Anzahl der Kilogramme Dampf, die mit 1 kg Brennstoff gebildet werden können, aus  $\eta \cdot W = \lambda_0 x$  zu:

$$x = \frac{\eta \cdot W}{\lambda_0}$$

Für unser Beispiel beträgt:  
der Heizwert der Kohlen:

$$W = 8100 \cdot 0,706 + 29000 \left( 0,051 - \frac{0,164}{8} \right) + 2500 \cdot 0,007 - 600 \cdot 0,03$$

$$W = 6602,6 = \sim 6600 \text{ Cal.},$$

der Wirkungsgrad des Kessels:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,8 \cdot 0,8 = 0,64 ,$$

die Speisewassertemperatur:

$$t_0 = 60^\circ,$$

die Gesamtwärme des Dampfes:

$$\lambda = 665,5 .$$

Ist der Prozentsatz an mitgerissenem Wasser  $w = 0,03$  kg, dann wird:

$$\lambda_0 = 665,5 - 60 + 0,03 (176,7 - 60) = 609 \text{ Cal.}$$

und die Verdampfungsziffer:

$$x = \frac{0,64 \cdot 6600}{609} = 6,94 = \sim 7 \text{ kg.}$$

Der gesamte Kohlenverbrauch beträgt mithin in der Stunde:

$$B = \frac{950}{7} = 136 \text{ kg.}$$

---

es genügen, als praktisch erforderliche Luftmenge für 1 kg Steinkohle 18 bis 20 kg Luft anzunehmen. Der Heizwert ist zuweilen ungefähr bekannt, sonst muß man ihn schätzen. (Siehe Beispiel unter 43.)

Bei ganz normalen Verhältnissen wird man diese genauere Berechnung wohl entbehren und mit dem Verhältnis der Heizfläche zur Rostfläche (16) rechnen können.

Die zu 1 kg Kohle theoretisch erforderliche Luftmenge ergibt sich zu:

$$L = \frac{2,67c + 8h + s - o}{0,23} \text{ kg Luft.}$$

Für unser Beispiel wird:

$$L = \frac{2,67 \cdot 0,706 + 8 \cdot 0,051 + 0,007 - 0,164}{0,23} = 9,3 \text{ kg.}$$

Erfahrungsgemäß beträgt die zuzuführende Luftmenge etwa das 1,9 fache der theoretischen, also

$$mL = 1,9L = 1,9 \cdot 9,3 = \sim 17,7 \text{ kg.}$$

Zur Umrechnung dieser Kilogramme in Kubikmeter benutzt man die Zustandsgleichung der Gase, oder man beachtet, daß 1 cbm Luft von 0° bei 760 mm Barometerstand 1,29 kg wiegt. Man erhält, wenn die Kesselhaustemperatur  $t = 270^\circ$  ist

$$mL_1 = \frac{GRT}{p} = \frac{17,7 \cdot 29,272 (273 + 27)}{10\,333} = 15 \text{ cbm Luft}$$

für 1 kg Brennstoff.

Für 136 kg Brennstoff sind mithin erforderlich:

$$B \cdot mL_1 = 136 \cdot 15 = 2040 \text{ cbm Luft.}$$

Diese Luft muß in der Stunde durch die Summe der Rostspalten hindurch. Die Geschwindigkeit  $v$  der durch die Rostspalten ziehenden Luft kann zu 0,75 bis 1,6 m angenommen werden. Hier sei bei mäßigem Betriebe  $v = 0,85$ , so ergibt sich die freie Rostfläche aus der Beziehung

$$R_f \cdot v \cdot 3600 = B \cdot mL_1$$

zu:

$$R_f = \frac{B \cdot mL_1}{v \cdot 3600} = \frac{2040}{0,85 \cdot 3600} = 0,67 \text{ qm.}$$

Das Verhältnis der freien Rostfläche zur Gesamtrostfläche beträgt für Steinkohle  $n = \frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$ . Wir wählen hier bei Verwendung einer ziemlich feinen Kohle  $n = \frac{1}{3}$ .

Hiermit wird die totale Rostfläche:

$$R = \frac{R_f}{n} = \frac{0,67}{\frac{1}{3}} = 2,01 = \sim 2 \text{ qm.}$$

Demnach ist das Verhältnis von

$$\frac{H}{R} = \frac{60}{2} = 30,$$

was ausgeführten Kesselanlagen entspricht.

### 3. Berechnung des Durchmessers und der Länge des Kessels.

Den Durchmesser eines Zweiflammrohrkessels wählt man vorteilhaft:

$$d = 0,24 \sqrt{H}$$

Hiernach wird:

$$d = 0,24 \sqrt{60} = 1,86 \text{ m} = \approx 1,9 \text{ m.}$$

Der äußere Flammrohrdurchmesser wird:

$$d_1 = \frac{d}{2} - 0,25 = 0,95 - 0,25 = 0,70 \text{ m.}$$

Werden gepreßte Böden mit Ein- oder Aushalsungen für die Flammrohre genommen, so kann man die Flammrohrdurchmesser aus den Tabellen der Hüttenwerke entnehmen.

Rechnet man vorläufig auf eine Flammrohrwandstärke von 10 mm, so ist der innere Flammrohrdurchmesser:

$$d_1 = 0,70 - 0,02 = 0,68 \text{ m.}$$

Hiermit wird die Rostlänge:

$$l_r = \frac{2}{2 \cdot 0,68} = 1,47, \quad \text{dafür } 1,5 \text{ m.}$$

Setzt man die Feuerbrückenlänge  $l_f = 0,25 \text{ m}$ , so wird die Länge des Rostes mit Feuerbrücke  $l'_r = l_r + l_f = 1,75 \text{ m}$ .

Die Zugführung sei nun folgende:

I. Beide Flammrohre, II. eine Seite des Mantels nach vorn, III. andere Seite des Mantels nach hinten.

Die Böden werden nach Tabelle von Thyssen & Co. in Mülheim a. d. Ruhr genommen mit

$$b = 115 \text{ mm}; \quad c = 850 \text{ mm}; \quad R = 2800 \text{ mm}; \quad w = 780 \text{ mm}; \\ H = 300 \text{ mm}; \quad h_1 = 75 \text{ mm}; \quad h = 100 \text{ mm}; \quad y = 425 \text{ mm.}$$

Für den hinteren Boden ergibt sich noch  $x = 55 \text{ mm}$ . Eine Speisestützenfläche soll nicht angepreßt sein. Setzt man den oberen Wasserstandsstützen um  $w$  über die Mitte der Flammrohre<sup>1)</sup> und rechnet von dort bis zum Niedrigwasserspiegel 220 mm, so wird die Entfernung von Mitte Kessel bis zum Niedrigwasserspiegel:

$$w - b - 220 = 780 - 115 - 220 = 445 \text{ mm.}$$

Die Seitenzüge liegen 100 mm tiefer als der Niedrigwasserspiegel, also über Mitte Kessel:  $445 - 100 = 345 \text{ mm}$ .

Mitten unter dem Kessel liegt eine Mauerzunge von 0,12 m Stärke, diese ist vorn auf eine gewisse Länge ausgespart, damit die Gase vom

<sup>1)</sup> Es ist nicht durchaus nötig, daß die Mitte des oberen Wasserstandsstützen um  $w$  (siehe Fig. 221) über der Mitte der Flammrohre, also gerade auf der Mitte der Abrundung der Wasserstandsfläche des Bodens liegt.

einen zum anderen Seitenzuge gehen können. Soll der Querschnitt dieser Öffnung

$$\frac{1}{4} R = \frac{1}{4} 2 = 0,50 \text{ qm}$$

groß sein, so wird bei 0,40 m Höhe die Breite der Öffnung

$$\frac{0,50}{0,40} = 1,25 \text{ m.}$$

Die Heizfläche des Kessels setzt sich zusammen:

1. Heizfläche des Mantels:

$$\begin{aligned} H_m &= 0,6 d \pi (L - 0,38 - 0,125) = 0,6 \cdot 1,9 \pi L - 0,6 \cdot 1,9 \pi \cdot 0,505 \\ &= 3,58 L - 1,81 . \end{aligned}$$

2. Heizfläche der Flammrohre:

$$H_f = 2 d_1 \pi L - d_1 \pi (l_f + l_b) = 2 \cdot 0,68 \pi L - 0,68 \pi \cdot 1,75 = 4,27 L - 3,74 .$$

3. Heizfläche des hinteren Bodens:

$$H_b = 0,75 \frac{d^2 \pi}{4} - 2 \frac{d_1^2 \pi}{4} = 0,75 \frac{1,9^2 \pi}{4} - 2 \frac{0,68^2 \pi}{4} = 2,12 - 0,73 .$$

Es ist also:

$$H = 60 = H_m + H_f + H_b ;$$

also:

$$60 = 3,58 L - 1,81 + 4,27 L - 3,74 + 2,12 - 0,73 = 7,85 L - 4,16$$

$$7,85 L = 60 + 4,16$$

$$L = \frac{64,16}{7,85} = 8,18 = \sim 8,2 \text{ m.}$$

Oder man rechnet wie folgt:

Es ist der Umfang des Mantels bis Oberkante Kanal

$$0,5 \cdot 1,9 \pi = 2,98$$

$$+ 2 \cdot 0,345 = 0,69$$

$$\hline U_m = 3,67 \text{ m,}$$

der Umfang der Flammrohre:

$$U_f = 2 \cdot 0,68 \cdot \pi = 4,27 \text{ m.}$$

Ferner ist die Heizfläche des hinteren Bodens:

$$\frac{1,9^2 \pi}{4} \cdot 0,5 = 1,42 \text{ qm}$$

$$+ 1,85 \cdot 0,345 = 0,64 \text{ ,,}$$

$$\hline 2,06 \text{ qm}$$

$$- \frac{0,68^2 \pi}{4} \cdot 2 = 0,73 \text{ ,,}$$

$$\hline H_b = 1,33 \text{ qm.}$$

Die vom Roste verdeckte Fläche ist:

$$H_r = 2 \cdot 0,5 \cdot 0,68 \cdot \pi \cdot 1,75 = 3,74 \text{ qm.}$$

Vom äußeren Mantel wird verdeckt:

Vorn eine Mantellänge von 0,38 m, hinten eine solche von

$$\frac{0,25}{2} = 0,125 \text{ m,}$$

also zusammen eine Länge von

$$0,38 + 0,125 = 0,505 \text{ m,}$$

außerdem unten durch die Mauerwerkszunge, wenn  $L$  die Länge des Kesselmantels ist, eine Fläche

$$H_z = 0,12(L - 0,38 - 1,25) = 0,12(L - 1,63) .$$

Damit ist:

$$H = 60 = U_m(L - 0,505) + U_f L - H_r + H_b - H_z$$

$$60 = 3,67(L - 0,505) + 4,27L - 3,74 + 1,33 - 0,12(L - 1,63)$$

$$60 = (3,67 + 4,27 - 0,12)L - 0,505 \cdot 3,67 - 3,74 + 1,33 + 0,12 \cdot 1,63$$

$$60 = 7,82L - 4,07$$

$$L = \frac{60 + 4,07}{7,82} = \sim 8,2 \text{ m.}$$

#### 4. Festigkeitsberechnungen.

**Kesselmantel:** Material: Flußeisen, Blechsorte I mit  $K_z = 3600$  kg pro qcm. Angenommen zweireihige mit Maschine genietete Überlappungsnietung in der Längsnaht.

Blechstärke:

$$s = \frac{d \cdot p \cdot \odot}{2 K_z \cdot \varphi} + 0,1 = \frac{190 \cdot 8,5 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,7} + 0,1 = 1,44 + 0,1 = 1,54 \text{ cm,}$$

dafür

$$s = 1,6 \text{ cm.}$$

Nietstärke:

$$\delta = \sqrt{5s} - 0,4 \text{ cm} = \sqrt{5 \cdot 1,6} - 0,4 = 2,4 \text{ cm}$$

oder

$$\delta = s + 0,8 = 1,6 + 0,8 = 2,4 \text{ cm.}$$

Nietquerschnitt:

$$\frac{\delta^2 \pi}{4} = 4,52 \text{ qcm.}$$

Nietteilung für die doppelreihige Längsnaht:

$$t_2 = 2,6 \delta + 1,5 \text{ cm} = 6,24 + 1,5 = 7,74 = \sim 7,8 \text{ cm.}$$

Dann kommt auf 1 qcm Nietquerschnitt die ein Gleiten anstrebende Kraft:

$$Q = \frac{d \cdot t_2 \cdot p}{2n \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{190 \cdot 7,8 \cdot 8,5}{2 \cdot 2 \cdot 4,52} = 697 \text{ kg,}$$

während bei zweireihiger Nietnaht diese Kraft nur 550 bis 650 kg betragen sollte.

Es dürfte daher hier besser sein, ein stärkeres Niet zu wählen. Nehmen wir an, wir hätten auf Lager alle vorkommenden Niete von 2 zu 2 mm steigend in geraden Zahlen, so nehmen wir hier nicht  $\delta = 2,5$  cm, sondern  $\delta = 2,6$  cm. Da nun die Kraft  $Q$  nicht sehr viel zu groß ist, so können wir die Teilung nach der größeren Nietstärke  $\delta = 2,6$  cm nehmen und bekommen:

$$\frac{\delta^2 \pi}{4} = 5,3; \quad t_2 = 2,6 \cdot 2,6 + 1,5 = 8,2 \text{ cm;}$$

damit wird:

$$Q = \frac{190 \cdot 8,2 \cdot 8,5}{2 \cdot 2 \cdot 5,3} = 625 \text{ kg,}$$

was zulässig ist.

Die Teilung für die einreihige Rundnaht wird:

$$t_1 = 2 \delta + 0,8 \text{ cm} = 6 \text{ cm,}$$

damit die auf 1 qcm Nietquerschnitt kommende Kraft:

$$Q_1 = \frac{d \cdot t_1 \cdot p}{4 \cdot n \cdot \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{190 \cdot 6 \cdot 8,5}{4 \cdot 1 \cdot 5,3} = 457 \text{ kg,}$$

also sehr wenig.

Ferner wird die Entfernung der Nietreihen bei der doppelten Längsnaht:

$$e_1 = 0,6 t_2 = 0,6 \cdot 8,2 = 4,9 \text{ cm} = \sim 5 \text{ cm,}$$

die Überlappung:

$$e = 1,5 \delta = 3,9 \text{ cm} = \sim 4 \text{ cm.}$$

**Flammrohr:** Material: Flußeisen, Blechsorte I.

Blechstärke: Für eine ungefähre Länge  $l = 1$  m von wirksamer Versteifung zu wirksamer Versteifung und bei Annahme geschweißter Rohre wird:

$$s_1 = \frac{p \cdot d_1}{2400} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{a}{p} \frac{l}{l + d_1}} \right) + 0,2,$$

$$s_1 = \frac{8,5 \cdot 68}{2400} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{80}{8,5} \frac{100}{100 + 68}} \right) + 0,2 = 0,86 + 0,2 = 1,06 = \sim 1,1 \text{ cm.}$$

Nietstärke:

$$\delta = s_1 + 0,8 \text{ cm} = 1,1 + 0,8 = 1,9 = \sim 2 \text{ cm.}$$

Nietteilung:

$$t_1 = 2 \delta + 0,8 \text{ cm} = 2 \cdot 2 + 0,8 \text{ cm} = 4,8 \text{ cm.}$$

Überlappung:

$$e = 1,5 \delta = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ cm.}$$

**Kesselboden:** Material: Flußeisen, Blechsorte I.

Blechstärke:

$$s_2 = \frac{p \cdot R}{2 \cdot k_z} = \frac{8,5 \cdot 280}{2 \cdot 650} = 1,83 = \sim 1,9 \text{ cm.}^1)$$

**Dom:** Material: Flußeisen, Blechsorte I mit  $K_z = 3600 \text{ kg pro qcm}$ .  
Es werde der Durchmesser  $d_2 = 800 \text{ mm}$ , die Höhe des Dommantels auch =  $800 \text{ mm}$  genommen.

Blechstärke:

$$s_3 = \frac{d_2 \cdot p \cdot \xi}{2 K_z \cdot \varphi} + 0,1 = \frac{80 \cdot 8,5 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,56} + 0,1 = 0,86 \text{ cm,}$$

dafür

$$s_3 = 1 \text{ cm.}$$

Nietstärke:

$$\delta = s_3 + 0,8 \text{ cm} = 1,8 \text{ cm.}$$

Nietteilung:

$$t_1 = 2 \delta + 0,8 \text{ cm} = 4,4 \text{ cm.}$$

Überlappung:

$$e = 1,5 \delta = 2,7 \text{ cm.}$$

Die auf 1 qcm Nietquerschnitt in der Längsnaht kommende Kraft wird:

$$Q = \frac{d_2 \cdot t_1 \cdot p}{2 \cdot n \cdot \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{80 \cdot 4,4 \cdot 8,5}{2 \cdot 1 \cdot 2,54} = 590 \text{ kg,}$$

also sehr wenig.

Eine Untersuchung der Rundnaht am Boden ist nicht erforderlich.

**Domboden:** Material: Flußeisen, Blechsorte I. Der Krümmungsradius des Bodens ist nach Tabelle von Thyssen & Co.  $R = 900 \text{ mm}$ .

Blechstärke:

$$s_4 = \frac{p \cdot R}{2 \cdot k_z} = \frac{8,5 \cdot 90}{2 \cdot 650} = 0,588 = \sim 0,6 \text{ cm.}$$

Dafür mit Rücksicht auf Herstellung und bessere Dichtung am Mannloche:

$$s_4 = 1,2 \text{ cm.}$$

<sup>1)</sup> Siehe Anmerkung auf Seite 312.

**Versteifungsring am Mannloch im Kesselmantel** (siehe Fig. 95):

Das Mantelblech war mit  $\varphi = 0,7$  berechnet, also wird:

$$2b \cdot c = a \cdot \varphi \cdot s,$$

mit  $c = 20$  mm

$$2b \cdot 20 = 300 \cdot 0,7 \cdot 16,$$

$$b = \frac{300 \cdot 0,7 \cdot 16}{40} = \sim 84 \text{ mm.}$$

Wegen der Schwächung des Ringes durch die Nietlöcher muß sein:

$$b = 84 + 26 = 110 \text{ mm.}$$

Anzahl der Niete im halben Ringe:

$$n = \frac{d \cdot a \cdot p}{1000 \cdot \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{190 \cdot 30 \cdot 8,5}{1000 \cdot 5,3} = 9,1,$$

dafür

$$n = 9.$$

Es kann

$$e = 40 \text{ mm, } e_1 = 30 \text{ mm}$$

gemacht werden.

**Versteifungsring am Mannloch im Domboden:**

$$2 \cdot b \cdot c = a \cdot s.$$

Hier muß wegen der Kugelform  $a = 400$  genommen werden.

Für  $s$  ist hier die durch Rechnung gefundene Wandstärke 6 mm einzusetzen, nehmen wir noch  $c = 15$  mm an, so wird:

$$2b \cdot 15 = 400 \cdot 6$$

und

$$b = \frac{400 \cdot 6}{2 \cdot 15} = 80 \text{ mm.}$$

Die Nietstärke nimmt man am besten nach der ausgeführten Blechstärke von 12 mm zu:

$$d = 1,2 + 0,8 \text{ cm} = 2 \text{ cm};$$

also wird die schließliche Breite des Ringes:

$$b = 8 + 2 = 10 \text{ cm} = 100 \text{ mm.}$$

Dann ist die erforderliche Anzahl der Niete im halben Ringe:

$$n = \frac{R \cdot p \cdot a}{2 \cdot 500 \cdot \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{90 \cdot 8,5 \cdot 40}{1000 \cdot 3,14} = 9,75 = \sim 10 \text{ Stück.}$$

## 5. Schußteilung.

a) **Mantel:** Der Kessel hat eine Mantellänge von 8200 mm, daraus ergibt sich die Länge von erster bis letzter Rundnaht mit Rücksicht auf Tafel 14, Fig. 6 zu

$$L' = 8200 - 80 = 8120 \text{ mm.}$$

Nimmt man 5 Schüsse an, so bekommt einer von Naht zu Naht die Länge:

$$\frac{8120}{5} = 1624 \text{ mm}$$

und mit Überlappung

$$1624 + 80 = 1704 \text{ mm.}$$

Nimmt man für einen Schuß ein Blech, so erhält man von Mitte Längsnaht bis Mitte Längsnaht:

Bei einem großen Schusse

$$\pi \cdot 1916 = 6019 \text{ mm.}$$

Somit beträgt die Blechlänge im bearbeiteten Zustande

$$6019 + 50 + 2 \cdot 40 = 6149 \text{ mm.}$$

Bei einem kleinen Schusse

$$\pi \cdot 1884 = 5919 .$$

Somit beträgt die Blechlänge im bearbeiteten Zustande

$$5919 + 50 + 2 \cdot 40 = 6049 \text{ mm.}$$

b) **Flammrohre:** Es war:

$$s_1 = 11 \text{ mm; } \delta = 20 \text{ mm; } e = 30 \text{ mm; } s_2 = 19 \text{ mm;}$$

$$y = 425 \text{ mm; } x = 55 \text{ mm.}$$

Ferner ist zu setzen (Tafel 14, Fig. 6):

$$b \text{ vorläufig} = \sim 30 \text{ mm; } e' = 1,7 s_2 = 32,3 = \sim 33 \text{ mm;}$$

$$r_1 = 1,5 s_1 = 16,5 = \sim 16 \text{ mm.}$$

Hiermit wird die Länge des Flammrohres:

$$L_f = 8120 - 2 \cdot 40 + 425 + 30 + 55 + 33 + 30 = 8613 \text{ mm.}$$

Wählt man 8 Schüsse, so bekommt man 7 Zwischenlagen zu 11 mm mit zusammen  $7 \cdot 11 = 77$  mm Länge.

Mithin bleiben:  $8613 - 77 = 8536$  mm,

dafür rund 8540 mm, dann wird  $b$  4 mm größer, also  $b = 34$  mm und  $L_f = 8613 + 4 = 8617$  mm.

Das gibt 6 Schüsse zu 1060 = 6360 mm

$$1 \text{ Schuß zu } 1040 = 1040 \text{ ,,}$$

$$1 \text{ Schuß zu } 1140 = 1140 \text{ ,,}$$

$$\hline 8540 \text{ mm.}$$

Bei dem einen Flammrohre ist dann der erste Schuß 1040 mm und der letzte Schuß 1140 mm lang, beim zweiten Flammrohre ist es umgekehrt, so daß alle Flanschen der beiden Rohre um  $1140 - 1040 = 100$  m versetzt sind.

Die Änderung der Flammrohrschußlänge von 1000, wie zuerst angenommen, auf 1140 mm hat auf die Wandstärke keinen bemerkenswerten Einfluß.

#### 6. Die Armaturen<sup>1)</sup>.

<b>Sicherheitsventil:</b>	$d = 80$ mm.
<b>Absperrventil:</b>	$d = 100$ mm (mit $c = 20$ m).
<b>Speiseventil: Mit</b>	$c = 0,6$ m
wird	$d = 50$ mm.
<b>Ablaßvorrichtung:</b>	$d = 50$ mm.

#### 41. Zweiflammrohrkessel. (Hierzu Tafel 14, Fig. 1 bis 4).

Der unter 40 behandelte Zweiflammrohrkessel soll mit ebenen Stirnwänden versehen werden. Damit die Flammrohre in der Längsrichtung elastisch werden, soll der erste Schuß jedes Rohres als Wellrohr ausgeführt werden.

1. *Berechnung der Heizfläche.* Wie unter 40.

2. *Berechnung der Rostfläche.* Wie unter 40.

#### 3. *Berechnung des Durchmessers und der Länge des Kessels.*

Wie unter 40. Die Zugführung ist hier anders angenommen und zwar: I. Beide Flammrohre, II. unter dem Kessel und an den Seiten nach vorn, III. über dem Kessel nach hinten. Deshalb brauchte bei der Länge die Mauerzunge unter dem Kessel nicht berücksichtigt zu werden, da sie hier fehlt, doch bringt das keinen großen Unterschied. Auch die größere Heizfläche im Wellrohre spielt keine große Rolle. Bei der genauen Nachrechnung muß jedoch alles berücksichtigt werden.

#### 4. *Festigkeitsrechnungen.*

**Kesselmantel:** Wie unter 40.

**Flammrohr:** Wie unter 40.

1) Berechnung wie beim Einflammrohrkessel.

Für das Wellrohr nehmen wir die Durchmesser  $\frac{700}{800}$ , wobei die normale Wandstärke 10 mm beträgt. Die Rechnung ergibt:

$$s_1 = \frac{p d}{1200} + 0,2 = \frac{8,5 \cdot 70}{1200} + 0,2 = 0,5 + 0,2 = 0,7 \text{ cm.}$$

Es soll jedoch die normale Wandstärke

$$s_1 = 10 \text{ mm}$$

genommen werden.

**Kesselboden:** Nach Gleichung (6) auf S. 141 ist die Bodenstärke:

$$s_2 = 0,017 e \sqrt{p},$$

in diesem Falle ist  $e = 40$  cm, also:

$$s_2 = 0,017 \cdot 40 \sqrt{8,5} = 1,955 = 2 \text{ cm.}$$

**Winkleisen** zur Befestigung des Bodens: Die Schenkelstärke wird

$$1,2 s = 1,2 \cdot 16 = 1,92 = \sim 2 \text{ cm.}$$

Die Schenkellänge wird

$$2 e + 2 = 2 \cdot 4,0 + 2 = 10 \text{ cm.}$$

Wegen der Bearbeitung nehmen wir dann ein Winkleisen 110·110·20.

**Dom:** Wie unter 40.

**Domboden:** Der Domboden sei eben, aus Flußeisen, Blechsorte I mit  $K_s = 3600$  kg pro qcm. Nehmen wir vorläufig die Wandstärke zu 2 cm,  $r$  nach der Tabelle von Thyssen & Co. zu 4 cm an, so ist:

$$s_4 = \frac{1}{98} \left[ d'_1 - r \left( 1 + \frac{2 \cdot r}{d'_1} \right) \right] \sqrt{p},$$

$$s_4 = \frac{1}{98} \left[ 76 - 4 \left( 1 + \frac{2 \cdot 4}{76} \right) \right] \sqrt{8,5} = \sim 2,3 \text{ cm.}$$

**Versteifungsring am Mannloch im Kesselmantel.** Wie unter 40.

**Versteifungsring am Mannloch im Domboden.** Berechnet kann der Ring nicht werden, wir nehmen ihn mit Anzahl und Stärke der Niete genau so wie denjenigen am Mannloch im Kesselmantel.

### 5. Schußenteilung. (Tafel 14, Fig. 7.)

a) **Mantel:** Wie unter 40.

b) **Flammrohre:** Es ist:

$$L_f = 8200 + 20 + 45 + 114 + 33 - 12 = 8400 \text{ mm.}$$

Dazu paßt folgende Einteilung bei dem einen Flammrohre:

1 Wellrohr	zu	2520 =	2520 mm
4 Schüsse	zu	1140 =	4560 „
1 Schuß	zu	1270 =	1270 „
5 Zwischenräume	zu	10 =	50 „
			8400 mm.

Beim zweiten Flammrohre ist der Wellrohrschuß 2320 mm, der letzte Schuß 1470 mm lang. Die Flanschen sind also um 200 mm, gleich etwa einer Wellenlänge, versetzt. Daß die Schüsse etwas länger, als angenommen, geworden sind, hat auf die Wandstärke keinen erkennbaren Einfluß. Die letzten Schüsse, die merklich länger sind, haben einen viel geringeren Durchmesser, weshalb auch hier die Wandstärke vollständig genügt.

6. Die Armaturen. Wie unter 40.

#### 42. Zweiflammrohrkessel mit Überhitzer. (Hierzu Tafel 15.)

Zur Erzeugung einer stündlichen Dampfmenge von  $D = 1800$  kg soll ein Zweiflammrohrkessel entworfen werden. Der höchste Betriebsüberdruck betrage 10 Atm. Der Dampf werde auf  $t' = 300^\circ$  überhitzt. Die zur Verwendung kommende Steinkohle habe einen Heizwert von  $W = 7500$  WE, und es gebrauche 1 kg derselben zur vollständigen Verbrennung  $m \cdot L = 16,5$  kg Luft (2,2 kg für je 1000 Cal. Heizwert). Das Speisewasser werde auf  $t_0 = 75^\circ$  vorgewärmt. Der Wirkungsgrad der Feuerung werde zu  $\eta_1 = 0,85$ , der der Heizfläche zu  $\eta_2 = 0,80$  angenommen.

##### 1. Bestimmung der Heizfläche $H$ des Kessels.

Mit jedem Kilogramm Dampf werde  $w = 0,02$  kg Wasser mitgerissen, welches im Überhitzer zunächst verdampft werden muß. Es sei nun  $D_1$  die Menge des gesättigten trockenen Dampfes, die die Kesselheizfläche in einer Stunde erzeugen soll, dann ist:

$$\begin{aligned} D_1 + w D_1 &= D, \\ D_1(1 + w) &= D, \\ D_1 &= \frac{D}{1 + w} = \frac{1800}{1,02} = 1765 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Es wird dann die Heizfläche  $H$  bei einer stündlichen Verdampfung von 18 kg für 1 qm Heizfläche:

$$H = \frac{1765}{18} = 98 = \infty 100 \text{ qm.}$$

Es kommt dann auf 1 qm Heizfläche:

$$\frac{1765}{100} = 17,65 = \infty 17,7 \text{ kg Dampf.}$$

##### 2. Berechnung der Rostfläche.

Die zur Erzeugung von 1 kg überhitzten Dampfes erforderliche Gesamtwärme hat die Größe:

$$\lambda'_0 = \lambda + c_p(t' - t) - t_0.$$

Das vom Dampf mitgerissene Wasser nimmt hier keine Wärme unnütz mit, da es im Überhitzer verdampft wird. Es ist dann:

$$\lambda'_0 = 667,1 + 0,54(300 - 183) - 75 = \infty 655 \text{ WE.}$$

Damit wird die Verdampfungsziffer:

$$x = \frac{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot W}{\lambda'_0} = \frac{0,85 \cdot 0,80 \cdot 7500}{655} = 7,80.$$

Die Brennstoffmenge wird:

$$B = \frac{1800}{7,80} = \infty 230 \text{ kg.}$$

Die für 1 kg Kohle erforderliche Luftmenge in cbm wird bei einer Lufttemperatur von 17°:

$$m L_1 = \frac{16,5 \cdot 29,27(273 + 17)}{10333} = \infty 13,6 \text{ cbm.}$$

Damit wird die freie Rostfläche:

$$R_f = \frac{m L_1 \cdot B}{v \cdot 3600} = \frac{13,6 \cdot 230}{1 \cdot 3600} = 0,87 \text{ qm}$$

und die Gesamtrostfläche bei einem Verhältnis  $n = \frac{R_f}{R} = \frac{1}{3}$ :

$$R = 3 \cdot R_f = 3 \cdot 0,87 = 2,61 = \infty 2,6 \text{ qm.}$$

### 3. Bestimmung der Überhitzerheizfläche $H'$ .

Die Heizfläche des Überhitzers kann man genau genug nach folgender Formel<sup>1)</sup> berechnen, die von den Kesselfabriken vielfach angewandt wird:

$$H' = \frac{D [c_p(t' - t) + r \cdot w]}{k \left( \frac{t_e + t_a}{2} - \frac{t' + t}{2} \right)},$$

worin bedeutet:

- $D$  die stündlich zu überhitzende Dampfmenge in kg,
- $t'$  die Temperatur des überhitzten Dampfes,
- $t$  „ „ „ gesättigten „
- $t_e$  „ „ der Gase beim Eintritt in den Überhitzer,
- $t_a$  „ „ „ „ „ Austritt aus dem „
- $c_p$  „ mittlere spez. Wärme des überhitzten Dampfes,
- $r = \rho + A \cdot p \cdot u$  die Verdampfungswärme des mitgerissenen Wassers,
- $w$  die Anzahl kg Wasser, die 1 kg Dampf mitreißt,
- $k$  den Wärmedurchgangskoeffizient (15 ÷ 20).

1) Vgl. S. 228.

Man kann annehmen

$$\begin{aligned} t_e &= 575 \div 675^\circ, \\ t_a &= t_e - 125^\circ \text{ bis } t_e - 200^\circ, \\ \frac{t_e + t_a}{2} &= 500^\circ \div 600^\circ. \end{aligned}$$

Wir wählen in diesem Falle:

$$\begin{aligned} t_e &= 600^\circ, \\ t_a &= 450^\circ, \\ k &= 18; \end{aligned}$$

ferner ist nach Tabelle auf Seite 7:

$$c_p = \infty 0,54.$$

Damit wird:

$$H' = \frac{1800 [0,54(300 - 183) + 477 \cdot 0,02]}{18 \left( \frac{600 + 450}{2} - \frac{300 + 183}{2} \right)} = 25,6 = \infty 26 \text{ qm.}$$

#### 4. Berechnung des Durchmessers und der Länge des Kessels.

Da die Flammrohre als Wellrohre ausgeführt werden sollen, kann man für den Kesseldurchmesser nehmen  $d = 0,22 \sqrt{H}$  bis  $0,23 \sqrt{H}$ , hier sei

$$d = 0,22 \sqrt{H} = 0,22 \sqrt{100} = 2,2 \text{ m}$$

und der Durchmesser des Flammrohrs:

$$d_1 = \frac{d}{2} - 0,25 = \frac{2,2}{2} - 0,25 = 0,85 \text{ m.}$$

Es sei dieses der innere Durchmesser der Wellrohre, dann wird die Heizfläche dieser Rohre verhältnismäßig groß und der Kessel trotz des verhältnismäßig kleinen Manteldurchmessers mäßig lang. Die Rostlänge wird:

$$l_r = \frac{2,6}{2 \cdot 0,85} = 1,53 = \infty 1,5 \text{ m.}$$

Die Länge der Feuerbrücke sei:

$$l_f = 0,3 \text{ m.}$$

Es wird also die Länge des Rostes und der Feuerbrücke:

$$l'_r = l_r + l_f = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ m.}$$

Durch die Einmauerung geht vorn am Kessel eine Länge des Mantels von  $0,38 + 0,12 = 0,5 \text{ m}$  für die Heizfläche verloren.

Der Niedrigwasserspiegel würde normal um  $\frac{d}{4} = 550$  mm über die Mitte des Kessels zu liegen kommen. Legen wir ihn hier einmal 600 mm über Mitte Kessel, so wird der der Heizfläche gegebene Umfang des Mantels etwa gleich 0,64 mal dem ganzen Umfang.

Die Heizfläche des Kessels setzt sich dann zusammen aus:

1. Heizfläche des Mantels:

$$H_m = 0,64 d \pi (L - 0,5) = 0,64 \cdot 2,2 \cdot \pi L - 0,64 \cdot 2,2 \pi \cdot 0,5 = 4,42 L - 2,21$$

2. Heizfläche des Flammrohrs:

Das Wellrohr hat eine Heizfläche gleich dem 1,14fachen der Oberfläche eines glatten Rohres vom mittleren Durchmesser  $d_1$  des Wellrohres. Dieser mittlere Durchmesser ist hier  $d'_1 = \frac{850 + 950}{2} = 900$  mm. Es ist daher die Heizfläche des Flammrohrs:

$$\begin{aligned} H_f &= 2 d'_1 \pi \cdot 1,14 L - d'_1 \pi \cdot 1,14 l_r = 2 \cdot 0,9 \pi \cdot 1,14 L - 0,9 \pi \cdot 1,14 \cdot 1,8 \\ &= 6,48 L - 5,83 . \end{aligned}$$

Die Böden geben keine Heizfläche.

Es ist dann:

$$\begin{aligned} H &= 98 = H_m + H_f \\ 98 &= 4,42 L - 2,21 + 6,48 L - 5,83 = 10,9 L - 8 \\ 10,9 L &= 98 + 8 = 106 \\ L &= \frac{106}{10,9} = \approx 9,7 \text{ m.} \end{aligned}$$

### 5. Festigkeitsrechnungen.

Ähnlich wie unter 40.

Es muß hier dreireihige Doppellaschennietung für die Längsnaht und zweireihige Überlappungsnietung für die Rundnaht genommen werden.

### 6. Schußenteilung.

Ähnlich wie unter 40.

### 7. Die Armaturen.

Ähnlich wie unter 40.

### 8. Unterbringung der Überhitzerheizfläche.

Die Entfernung der Längswände des Kesselmauerwerks sei 2610 mm. In der Überhitzerkammer seien die Wände aber um  $2 \cdot 130 = 260$  mm weiter voneinander entfernt, also hat die Überhitzerkammer eine Breite

2610 + 260 = 2870 mm. Beim Aufzeichnen findet man, daß man die Weite der beiden Kanäle, durch die die Gase vom Überhitzer kommend abwärts gehen, 405 mm machen kann. Wird der Querschnitt dieser Kanäle etwa

$$\frac{R}{3,5} = \frac{2,6}{3,5} = \approx 0,75 \text{ qm,}$$

so wird ihre Tiefe:

$$\frac{0,75}{2 \cdot 0,405} = \approx 0,93 \text{ m} = 930 \text{ mm.}$$

Die Tiefe der Überhitzerkammer werde noch um 130 mm größer, so daß der Querschnitt dieser Kammer die Größe erhält:

$$(930 + 130) \cdot 2870 = 1060 \cdot 2870 .$$

Nimmt man die Entfernung von Mitte Überhitzerrohr bis zur Mauerwand etwa 80 mm, so gehen von 2870 zunächst  $2 \cdot 80 = 160$  ab, es bleibt dann  $2870 - 160 = 2710$  vom äußeren Rohr der einen Schlange bis zum äußeren Rohr der nächsten Schlange. Ist  $m$  die Anzahl der geraden Stücke einer Schlange und haben die einzelnen Stücke eine Entfernung von ca. 200 mm, so muß

$$(m - 1 + \frac{1}{2}) \cdot 200 = (m - \frac{1}{2}) 200 = 2710$$

sein, also wird:

$$m = \frac{2710 + 100}{200} = 14,05 .$$

Dafür nehmen wir 14 Stück, dann wird die ganze Länge einer Schlange  $13 \cdot 200 = 2600$  mm, dazu kommt bis zum äußeren Rohr der nächsten Schlange noch  $\frac{200}{2} = 100$  mm, das gibt zusammen  $2600 + 100 = 2700$  mm, und für die Entfernung der äußeren Rohrstücke bis zur Mauerwand bleibt dann  $\frac{2870 - 2700}{2} = 85$  mm.

Die Bogenstücke der Schlange bekommen einen Radius von 100 mm. Ist die Entfernung der Bogenstücke von der Wand auch 80 mm, so bekommen die geraden Stücke der Schlange eine Länge von:

$$1060 - 2 \cdot 80 - 2 \cdot 100 = 700 \text{ mm.}$$

Eine Überhitzerschlange hat eine Länge:

$$\begin{aligned} 14 \cdot 0,7 \text{ m} &= 9,80 \text{ m,} \\ + \frac{13 \cdot 0,2 \pi}{2} &= 4,08 \text{ m,} \\ &13,88 \text{ m,} \end{aligned}$$

dazu kommt an den Enden  $2 \cdot 0,18 = 0,36 \text{ m,}$

gibt zusammen 14,24 m Länge.

Bei 0,042 m Durchmesser hat das Rohr einen Umfang:

$$0,042 \cdot 3,14 = 0,132 \text{ m.}$$

Eine Schlange hat also eine Heizfläche:

$$0,132 \cdot 14,24 = 1,88 \text{ qm.}$$

Dann wird die erforderliche Anzahl der Rohrschlangen:

$$n = \frac{26}{1,88} = 13,8 = \infty 14 .$$

Die Rohrschlangen sollen in den Schleifen aufeinander liegen, dann ist die Höhe des Überhitzers von Mitte unterer bis Mitte oberer Schlange  $(n - 1) \cdot 42$  oder wegen geringer Ungenauigkeit der Schlangen besser

$$(n - 1) 43 = 13 \cdot 43 = 559 \text{ mm.}$$

### 43. Flammrohrkessel mit Heizrohrkessel, übereinander liegend.

(Hierzu Tafel 23.)

Es ist eine Dampfkesselanlage zu entwerfen, die in einer Stunde bei mäßigem Betriebe 4700 kg Dampf von  $p = 11,5$  Atm. Überdruck erzeugt. Da der Platz beschränkt ist, sollen Doppelkessel (Flammrohrkessel mit Heizrohrkessel, übereinander liegend) gewählt werden. Die zur Verwendung stehende Steinkohle habe einen Heizwert von 7500 WE, und es erfordere 1 kg Kohle praktisch 20 kg Luft zur Verbrennung. Der Wirkungsgrad der Feuerung werde zu  $\eta_1 = 0,9$ , derjenige der Heizfläche zu  $\eta_2 = 0,8$  angenommen. Das Speisewasser werde auf  $t_0 = 50^\circ$  vorgewärmt. Die Temperatur der Kesselhausluft werde zu  $17^\circ$  angenommen. Die Luft gehe mit einer Geschwindigkeit von 1 m in der Sekunde durch den Rost.

#### 1. Berechnung der Heizfläche $H$ .

Angenommen  $\frac{D}{H} = 13$ , dann ist die Gesamtheizfläche:

$$H = \frac{4700}{13} = 362 \text{ qm,}$$

diese werden auf zwei Kessel verteilt, so daß einer die Heizfläche

$$H = \frac{362}{2} = 181 = \infty 180 \text{ qm}$$

bekommt.

## 2. Berechnung der Rostfläche $R$ .

Ein Kessel hat die Dampfmenge:

$$D = \frac{4700}{2} = 2350 \text{ kg}$$

zu liefern.

Es ist die Gesamtwärme:

$$\lambda = 668,5.$$

Bei  $50^\circ$  Speisewassertemperatur und einem Feuchtigkeitsgehalte des Dampfes von  $w = 0,03$  wird die für 1 kg Dampf erforderliche Wärmemenge:

$$\lambda_0 = 668,5 - 50 + 0,03 (188,75 - 50) = 618,66$$

und die Verdampfungsziffer bei  $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72$ :

$$x = \frac{\eta \cdot W}{\lambda_0} = \frac{0,72 \cdot 7500}{618,66} = 8,7 \text{ kg.}$$

Die erforderliche Kohlenmenge ist also für einen Kessel:

$$B = \frac{2350}{8,7} = 270 \text{ kg.}$$

Aus den 20 kg Luft, die zur Verbrennung erforderlich sind, ergibt sich:

$$m L_1 = \frac{G \cdot R \cdot T}{p} = \frac{20 \cdot 29,27 (273 + 17)}{10333} = 16,4 \text{ cbm Luft.}$$

Die freie Rostfläche wird:

$$R_f = \frac{m L_1 B}{v \cdot 3600} = \frac{16,4 \cdot 270}{1 \cdot 3600} = 1,23 \text{ qm.}$$

Das Verhältnis  $\frac{R_f}{R} = n$  kann bei Steinkohlen  $n = 0,25$  bis  $0,5$  genommen werden, hier werde  $n = 0,4$  genommen. Wir erhalten damit die ganze Rostfläche:

$$R = \frac{R_f}{n} = \frac{1,23}{0,4} = 3,08 = \sim 3 \text{ qm.}$$

Es wird hier demnach das Verhältnis:

$$\frac{H}{R} = \frac{180}{3} = 60.$$

3. Berechnung des Durchmessers und der Länge des Kessels.

Die Länge des Rostes sei  $l_r = 2$  m, dann ist die erforderliche Breite  $\frac{3}{2} = 1,5$  m. Sind zwei Flammrohre vorhanden, so bekommt jedes den Durchmesser  $\frac{1,5}{2} = 0,75$  m.

Wir nehmen den äußeren Flammrohrdurchmesser daher vorläufig zu 0,775 m an und können dazu einen Kesseldurchmesser  $d = 2,1$  m nehmen. Der Durchmesser des Oberkessels werde ebenso groß genommen.

Nun verzeichnen wir uns zunächst den Querschnitt des Kessels etwa im Maßstab  $\frac{1}{10}$  (Fig. 228). Die Abmessungen für die Böden sollen den Normalien von Schulz Knautd in Essen entnommen werden.

Die Entfernung des Niedrigwasserspiegels von der Kesselmitte nehmen wir etwa

$$\frac{d}{4} = \frac{2100}{4} = 525 \text{ mm.}$$

Beim Oberkessel wollen wir diese Entfernung um etwa 50 mm geringer nehmen, also gleich

$$525 - 50 = 475 \text{ mm.}$$

Dadurch wird der Dampfraum im Oberkessel größer, was wegen der größeren Heizfläche gut ist.

In der Mitte des Oberkessels nehmen wir die lichte Entfernung zwischen den Heizrohren etwa 360 mm. Der äußere Durchmesser der Rohre sei 95 mm, die Entfernung von senkrechter

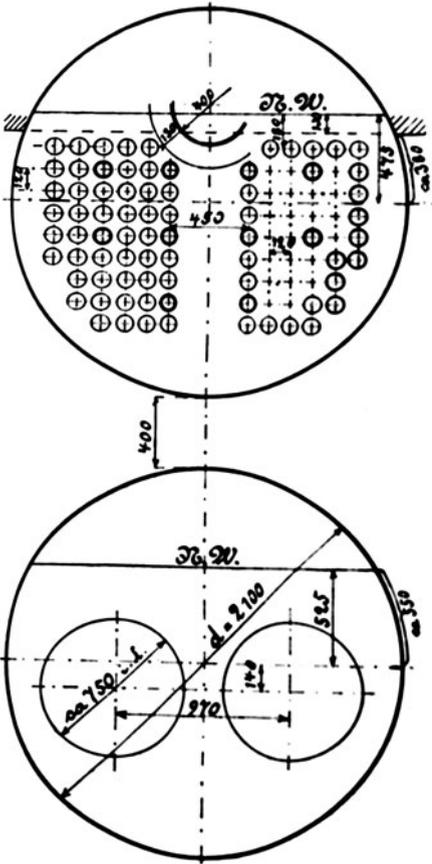


Fig. 228.

dann ist in der Mitte des Oberkessels die Entfernung von senkrechter Rohrreihe zu senkrechter Rohrreihe

$$360 + 95 = 455 ,$$

dafür 450 mm.

Vom Niedrigwasserspiegel bis zu den Rohren nehmen wir 130 mm, bis Mitte Rohr ist dann die Entfernung

$$130 + \frac{95}{2} = 177,5 \approx 180 \text{ mm.}$$

Die Entfernung der einzelnen Rohrreihen sei

$$95 + 25 = 120 \text{ mm (oder } 1,25 \cdot 95 = 119 \approx 120).$$

Aus der Fig. 228 ergibt sich dann, daß man 98 Rohre unterbringen kann.

Die Bestimmung der Kessellänge kann nun wie folgt geschehen. Es ist beim Unterkessel:

der Mantelumfang  $U_m = \frac{2,1 \cdot \pi}{2} + 2 \cdot 0,55 = 3,3 + 1,1 = 4,40 \text{ m,}$

der Umfang der beiden Flammrohre  $U_f = 2 \cdot 0,75 \cdot \pi = 4,71 \text{ m.}$

---

Summe  $U_1 = 9,11 \text{ m.}$

Es ist beim Oberkessel:

der Mantelumfang  $U'_m = \frac{2,1 \pi}{2} + 2 \cdot 0,38 = 4,06 \text{ m,}$

der innere Umfang eines Heizrohres  
bei  $3\frac{1}{4}$  mm Wandstärke  
 $0,0885 \cdot \pi = 0,278,$

der Umfang der 98 Rohre also  $U_r = 27,24 \text{ m.}$

---

Summe  $U_2 = 31,30 \text{ m.}$

Wird eine Einmauerung gewählt, wie sie auf Tafel 23 angegeben ist, so wird von der Heizfläche verdeckt:

vom Roste  $2 \cdot 0,75 \pi (2 + 0,17) = 5,1 \text{ qm,}$

am Mantel des Unterkessels vorn 0,38,  
hinten 0,12 m, zusammen 0,5 m  
Länge, entsprechend der Fläche  $0,5 \cdot 4,4 = 2,2 \text{ qm,}$

am Mantel des Oberkessels hinten 0,12 m  
Länge, entsprechend der Fläche  $0,12 \cdot 4,06 = 0,49 \text{ qm,}$

---

im ganzen verdeckt  $7,79 \text{ qm,}$   
oder rund 7,8 qm.

Die Zungen, die beim Unterkessel die Seitenzüge vom Unterzuge trennen, sollen nicht berücksichtigt werden, ebenso nicht die Mantelflächen, die vom Verbindungsstutzen verdeckt werden. Dafür rechnen wir aber auch die Böden des Oberkessels nicht. Der hintere Boden des Unterkessels bietet der Zeichnung nach keine Heizfläche.

Wir rechnen nun wegen der 7,8 qm, die von der Heizfläche verdeckt werden,  $180 + 7,8 = 187,8$  qm Heizfläche. Da die zu bestimmenden Längen der Kessel für die zylindrischen Mäntel der Kessel gerechnet werden sollen, so kann man für die Heizrohre bei gewölbten Böden noch eine Länge von mindestens 0,33 m im Mittel besonders rechnen, entsprechend einer Heizfläche  $0,33 \cdot 27,24 = 8,99$  qm  $\approx 9$  qm, die noch von den 187,8 qm in Abzug kommen. Es bleiben  $187,8 - 9 = 178,8$  qm. Den Unterkessel macht man in der Regel 1,1 m länger als den Oberkessel. Bei diesem Kessel würde der Länge 1,1 m des Unterkessels eine Heizfläche  $1,1 \cdot 9,11 = 10$  qm entsprechen, so daß sich als Länge des Oberkessels ergibt:

$$L_2 = \frac{178,8 - 10}{U_1 + U_2} = \frac{168,8}{40,41} = 4,18$$

$$L_2 = \approx 4,2 \text{ m.}$$

Die Länge des Unterkessels ist dann:

$$L_1 = 4,20 + 1,10 = 5,3 \text{ m.}$$

Es ist nun recht gut, wenn man die Heizfläche um einige qm größer macht, wenn es der Platz gestattet. Es ist das leicht in bestimmter Weise durchzuführen, wenn man berücksichtigt, daß die Verlängerung des Kessels um 1 m eine Vergrößerung der Heizfläche von  $(U_1 + U_2) \cdot 1 = 40,41$  qm bewirkt. Lassen wir also eine Verlängerung von 0,1 m eintreten, so bekommen wir eine Vergrößerung der Heizfläche von 4,04 qm.

#### 4. Festigkeitsberechnungen.

**Kesselmantel:** Material: Flußeisen, Blechsorte I mit  $K_z = 3600$  kg pro qcm.

**Blechstärke:** Wir nehmen hier dreireihige Doppellaschenietung an, die mit der Maschine genietet ist, dann ist:

$$s = \frac{d \cdot p \cdot \zeta}{2 \cdot K_z \cdot \varphi} + 0,1 = \frac{210 \cdot 11,5 \cdot 4}{2 \cdot 3600 \cdot 0,85} + 0,1 = 1,58 + 0,1 = 1,68 \text{ cm,}$$

dafür

$$s = 1,7 \text{ cm.}$$

Nietstärke:

$$\delta = \sqrt{5s} - 0,7 = 2,2 \text{ cm}$$

oder

$$\delta = s + 0,5 = 2,2 \text{ cm.}$$

Nietquerschnitt:

$$\frac{\delta^2 \pi}{4} = 3,8 \text{ qcm.}$$

Nietteilung für die dreireihige Laschenietung:

$$t'_3 = 6 \delta + 2 \text{ cm} = 6 \cdot 2,2 + 2 = 15,2 \text{ cm.}$$

Laschenstärke:

$$s_0 = 0,8 \cdot s = 0,8 \cdot 1,7 = 1,36 = \approx 1,4 \text{ cm.}$$

Die zulässige, größte Entfernung der Niete der äußeren Nietreihe ist dann:  $8 \cdot 1,4 = 11,2$  cm, während  $t'_3 = 15,2$  ist. Wir lassen daher die äußere Lasche die äußere Nietreihe nicht mitfassen. Es ist dann die Anzahl der Nietquerschnitte, die auf eine Teilung entfallen,  $n = 9$ .

Dann kommt auf 1 qcm Nietquerschnitt die ein Gleiten anstrebende Kraft:

$$Q = \frac{d \cdot t'_3 \cdot p}{2 n \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{210 \cdot 15,2 \cdot 11,5}{2 \cdot 9 \cdot 3,8} = 536 \text{ kg,}$$

was zulässig ist, da  $Wg$  bis 550 kg angenommen werden kann.

Die Entfernung der Nietreihen der dreireihigen Naht:

$$e_1 = \frac{3}{8} t'_3 = \frac{3}{8} 15,2 = 5,7 \text{ cm.}$$

Die Überlappung:

$$e = 1,5 \delta = 1,5 \cdot 2,2 = 3,3 \text{ cm.}$$

Damit die äußere Lasche und die Nietköpfe der äußersten Nietreihe gut verstemmt werden können, machen wir die Entfernung der beiden äußersten Nietreihen voneinander  $= 2e = 66$  mm, oder auch  $2 \cdot 0,9 e = 60$  mm.

Nehmen wir einreihige Rundnaht, so wird  $t_1 = 5,2$  und die auf 1 qcm Nietquerschnitt entfallende Kraft:

$$Q_1 = \frac{d \cdot t_1 \cdot p}{4 \cdot n \cdot \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{210 \cdot 5,2 \cdot 11,5}{4 \cdot 1 \cdot 3,8} = 825 \text{ kg,}$$

was zuviel ist. Wir müssen daher doppelreihige Rundnaht nehmen.

Querteilung:

$$t_2 = 2,6 \delta + 1,5 = 2,6 \cdot 2,2 + 1,5 = 7,22 \text{ cm.}$$

Auf 1 qcm Nietquerschnitt kommt dann:

$$Q_1 = \frac{210 \cdot 7,22 \cdot 11,5}{4 \cdot 2 \cdot 3,8} = 573 \text{ kg,}$$

was zulässig ist:

Entfernung der Nietreihen der Quernaht:

$$e_1 = 0,6 t_2 = 0,6 \cdot 7,22 = 4,33 = \approx 4,4 \text{ cm.}$$

Überlappung:

$$e = 1,5 \cdot 2,2 = 3,3 \text{ cm.}$$

**Flammrohr:** Material: Flußeisen, Blechsorte I.

Blechstärke: Für eine ungefähre Länge  $l = 1,4$  m von wirksamer Versteifung zu wirksamer Versteifung und bei Annahme geschweißter Rohre wird die Blechstärke:

$$s_1 = \frac{11,5 \cdot 75}{2400} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{80}{11,5} \cdot \frac{140}{140 + 75}} \right) + 0,2 = 1,21 + 0,2 = 1,41 \text{ cm,}$$

dafür

$$s_1 = 1,4 \text{ cm.}$$

Nietstärke:

$$d = 1,4 + 0,8 = 2,2 \text{ cm.}$$

Nietteilung:

$$t_1 = 2 \cdot 2,2 + 0,8 = 5,2 \text{ cm.}$$

Überlappung:

$$e = 1,5 \cdot 2,2 = 3,3 \text{ cm.}$$

**Kesselboden:** Material: Flußeisen, Blechsorte I.  
Für den Unterkessel gilt:  
Blechstärke:

$$s_2 = \frac{p \cdot R}{2 k_z} = \frac{11,5 \cdot 300}{2 \cdot 750} = 2,3 \text{ cm.}$$

Für den Oberkessel gilt:

Blechstärke:

$$s_2 = \frac{11,5 \cdot 300}{2 \cdot 650} = 2,65 = \approx 2,7 \text{ cm.}$$

**Dom:** Material: Flußeisen, Blechsorte I mit  $K_z = 3600$  kg pro qcm.  
Es sei der Durchmesser  $d_2 = 800$  mm, die Höhe = 900 mm. Angenommen einreihige mit Maschine genietete Überlappungsnaht.

Blechstärke:

$$s_3 = \frac{11,5 \cdot 80 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,56} + 0,1 = 1,13 \text{ cm,}$$

dafür

$$s_3 = 1,2 \text{ cm.}$$

Nietstärke:

$$\delta = 1,2 + 0,8 = 2 \text{ cm.}$$

Nietteilung:

$$t_1 = 2 \cdot 2 + 0,8 = 4,8 \text{ cm.}$$

Die auf 1 qcm Nietquerschnitt in der Längsnaht kommende Kraft wird:

$$Q = \frac{d_2 \cdot t_1 \cdot p}{2n \cdot \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{80 \cdot 4,8 \cdot 11,5}{2 \cdot 1 \cdot 3,14} = 703 \text{ kg,}$$

während nur bis 700 kg zulässig ist. Wir nehmen daher lieber zwei-reihige Längsnaht, dann wird:

$$s_3 = \frac{11,5 \cdot 80 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,7} + 0,1 = 0,92 = \infty 1 \text{ cm.}$$

Es soll aber  $s_3 = 1,2 \text{ cm}$  genommen werden, weil einerseits beim Umbördeln etwas verloren geht, andererseits bei der größeren Wandstärke die Dichtung besser erreicht wird.

Nietstärke:

$$d = 1,2 + 0,8 = 2 \text{ cm.}$$

Nietteilung:

$$t_2 = 2,6 \cdot 2 + 1,5 \text{ cm} = 5,2 + 1,5 = 6,7 \text{ cm.}$$

Die auf 1 qcm Nietquerschnitt in der Längsnaht kommende Kraft wird:

$$Q = \frac{80 \cdot 6,7 \cdot 11,5}{2 \cdot 2 \cdot 3,14} = 490 \text{ kg,}$$

während bis 650 kg zulässig ist.

Entfernung der Nietreihen:

$$e_1 = 0,6 \cdot 6,7 = 4,02 = \infty 4 \text{ cm.}$$

Überlappung:

$$e = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ cm.}$$

Für die Rundnaht wählen wir einreihige Naht.

Nietteilung:

$$t_1 = 2 \cdot 2 + 0,8 = 4,8 \text{ cm,}$$

Die auf 1 qcm Nietquerschnitt in der Rundnaht kommende Kraft wird:

$$Q_1 = \frac{80 \cdot 4,8 \cdot 11,5}{4 \cdot 1 \cdot 3,14} = 351,5 \text{ kg,}$$

also sehr wenig.

Die Befestigung des Domes am Kessel (Tafel 23, Fig. 4) geschieht hier des ziemlich hohen Druckes und des großen Durchmessers des Domes wegen am besten mit doppelreihiger Nietnaht.

**Domboden:** Material: Flußeisen, Blechsorte I.

Blechstärke:

$$s_4 = \frac{p \cdot R}{2 k_s} = \frac{11,5 \cdot 95}{2 \cdot 650} = 0,84 \text{ cm,}$$

dafür gewählt

$$s_4 = 1,2 \text{ cm.}$$

**Versteifungsring am Mannloch im Kesselmantel:**

Das Mantelblech war mit  $\varphi = 0,85$  berechnet, also wird, wenn man außerdem  $c = 25 \text{ mm}$  annimmt:

$$\begin{aligned}
 2b \cdot c &= a \cdot \varphi \cdot s, \\
 2b \cdot 25 &= 300 \cdot 0,85 \cdot 17, \\
 b &= \frac{300 \cdot 0,85 \cdot 17}{50} = 86,5 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Die Nietstärke werde hier zu 24 mm angenommen, dann wird:

$$b = 86 + 24 = 110 \text{ mm.}$$

Anzahl der Niete im halben Ringe:

$$n = \frac{d \cdot a \cdot p}{2 \cdot 500 \cdot \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{210 \cdot 30 \cdot 11,5}{1000 \cdot 4,52} = 16 \text{ Niete.}$$

Es kann sein:  $e = 36$ ;  $e_1 = 38$  (Fig. 95).

**Versteifungsring am Mannloch im Domboden:**

$$2b \cdot c = a \cdot s_4.$$

Hier muß  $a = 400$  genommen werden; ferner nehmen wir:

$$s_4 = 0,84 \text{ cm,}$$

wie berechnet, dann wird mit  $c = 20$  mm:

$$2b \cdot 20 = 400 \cdot 8,4$$

$$b = \frac{400 \cdot 8,4}{40} = 84.$$

Nimmt man die Nietstärke nach der Blechstärke des Bodens, so wird hier  $\delta = 1,2 + 0,8 = 2$  cm, also die schließliche Breite des Ringes:

$$b = 84 + 20 = 104 \text{ mm.}$$

Die erforderliche Anzahl der Niete im halben Ringe:

$$n = \frac{R \cdot a \cdot p}{2 \cdot 500 \cdot \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{95 \cdot 40 \cdot 11,5}{1000 \cdot 3,14} = 13,9 = \approx 14.$$

Die innere Nietreihe muß innen versenkte Nietköpfe bekommen. Man kann nehmen:

$$e = 30; \quad e_1 = 44. \quad (\text{Fig. 95.})$$

### 5. Einteilung der Schüsse.

a) **Unterkessel:** Der Mantel hat eine Länge von 5300 mm, daraus ergibt sich die Länge von erster Nietreihe der ersten Rundnaht bis zu erster Nietreihe der letzten Rundnaht mit Rücksicht auf Tafel 23, Fig. 2:

$$L_1 = 5300 - (33 + 77) = 5190.$$

Bei drei Schüssen bekommt einer die Länge:

$$\frac{5190}{3} = 1730 \text{ mm}$$

und mit Überlappung:

$$1730 + 110 = 1840 \text{ mm.}$$

Der mittlere Schuß muß der Lagerung des Kessels wegen konisch gemacht werden.

Die Länge des Flammrohres wird:

$$L_f = 5300 - 2 \cdot 110 + 505 + 50 + 100 + 73 = 5808 .$$

Wählt man vier Schüsse, so bekommt man drei Zwischenlagen zu 12 mm mit zusammen 36 mm, mithin bleiben

$$5808 - 36 = 5772 \text{ mm.}$$

Wir nehmen:

$$\begin{array}{r} 3 \text{ Schüsse zu } 1410 = 4230 \text{ mm} \\ 1 \text{ Schuß zu } 1542 = 1542 \text{ ,,} \\ \hline 5772 \text{ mm.} \end{array}$$

Bei dem einen Flammrohre ist der erste Schuß 1542 mm lang, beim zweiten Flammrohre der letzte, so daß die Flanschen um  $1542 - 1410 = 132$  mm versetzt sind.

**b) Oberkessel:** (Tafel 23, Fig. 3). Der Mantel hat eine Länge  $L_2 = 4200$  mm, daraus ergibt sich:

$$L'_2 = 4200 - 110 = 4090 \text{ mm.}$$

Bei drei Schüssen bekommt einer die Länge:

$$\frac{4090}{3} = 1363\frac{1}{3} ,$$

dafür

$$\begin{array}{r} 2 \text{ Schüsse zu } 1360 = 2720 \text{ mm} \\ 1 \text{ Schuß zu } 1370 = 1370 \text{ ,,} \\ \hline 4090 \text{ mm;} \end{array}$$

oder mit Überlappungen 2 Schüsse zu 1470 und 1 Schuß zu 1480 mm.

## 6. Die Armaturen.

**Sicherheitsventil:** Bei  $p = 11,5$  Atm. Überdruck ist der Querschnitt für 1 qm Heizfläche  $f = 56,5$  qmm, also für 180 qm Heizfläche:

$$F = 180 \cdot 56,5 = \sim 10\,200 \text{ qmm,}$$

entsprechend einem Durchmesser von etwa 114 mm.

Das ist zuviel, daher empfiehlt es sich, zwei Sicherheitsventile anzuwenden mit je einer Querschnittsfläche von

$$\frac{F}{2} = \frac{10\,200}{2} = 5100 \text{ qmm,}$$

entsprechend einem Durchmesser

$$d = 80,6 = \sim 80 \text{ mm.}$$

Der gemeinsame Stutzen bekommt den Durchmesser **120 mm**.

**Absperrventil:** Man kann die stündliche Dampfmenge bei flottem Betriebe zu:

$$D = 16 H = 16 \cdot 180 = 2880 \text{ kg}$$

rechnen.

Dann ist mit  $c = 20 \text{ m}$ :

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{30 \cdot D}{\gamma} = \frac{30 \cdot 2880}{6,19} = 13\,950 \text{ qmm,}$$

also  $d = 133,5$ ; dafür

$$d = 130 \text{ mm.}$$

**Speiseventil:** Bei einer Wassergeschwindigkeit im Ventile von  $c = 0,6 \text{ m}$  wird:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{D}{c} = \frac{2880}{0,6} = 4800 \text{ qmm}$$

und

$$d = 78,2 = \sim 80 \text{ mm.}$$

Sowohl der Oberkessel als auch der Unterkessel bekommen je eine Speiseleitung mit Speiseventil. Der Oberkessel bekommt eine Speiseleitung mit Ventil, für den ganzen Kessel genügend, also mit dem Durchmesser  $d = 80 \text{ mm}$ . Dem Unterkessel könnte man zwar eine kleinere Leitung geben, da die Heizfläche nur etwa  $\frac{1}{3}$  so groß ist, als die des Oberkessels, es ist aber üblich, hier dasselbe Ventil zu nehmen.

**Ablaßvorrichtung:** Es sind zwei Ablaßvorrichtungen erforderlich, je eine an der tiefsten Stelle jedes Kessels. Man wird hier passende Abmessungen bekommen, wenn man den Querschnitt einer Vorrichtung reichlich halb so groß nimmt als den Querschnitt des Speiseventiles.

Es ist beim Speiseventil:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = 4800 \text{ qmm,}$$

die Hälfte 2400 qmm, entsprechend einem Durchmesser von 55,3 mm, dafür:

$$d = 60 \text{ mm,}$$

#### 44. Wasserrohrkessel. (Hierzu Tafel 31.)

Zur Erzeugung einer stündlichen Dampfmenge von  $D = 2400$  kg soll ein Wasserrohrkessel mit zwei Wasserkammern entworfen werden. Der höchste Betriebsüberdruck betrage 12 Atm. Der Dampf werde auf  $t' = 300^\circ$  überhitzt. Die zur Verwendung kommende Steinkohle habe einen Heizwert von  $W = 7500$  WE, und es gebrauche 1 kg derselben zur vollständigen Verbrennung  $m \cdot L = 16,5$  kg Luft (2,2 kg für je 1000 Cal. Heizwert). Das Speisewasser werde auf  $t_0 = 80^\circ$  vorgewärmt.

##### 1. Bestimmung der Heizfläche $H$ des Kessels.

Es werde von jedem Kilogramm Dampf  $w = 0,03$  kg Wasser mitgerissen, welches im Überhitzer zunächst verdampft werden muß. Es sei ferner  $D_1$  die Menge des gesättigten trockenen Dampfes, die die Kesselheizfläche zu erzeugen hat, dann ist:

$$\begin{aligned} D_1 &= D - D_1 w, \\ (1 + w) D_1 &= D, \\ D_1 &= \frac{D}{1 + w} = \frac{2400}{1,03} = 2330 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Rechnet man hier für 1 qm Heizfläche pro Stunde 18 kg Dampf, so wird die Heizfläche des Kessels:

$$H = \frac{2330}{18} = 129,5 \text{ qm} = \approx 130 \text{ qm.}$$

##### 2. Berechnung des Durchmessers des Oberkessels und der Anzahl und Länge der Rohre. Hauptabmessungen der Wasserkammern.

Man bekommt passende Verhältnisse, wenn man sich an folgende Abmessungen hält:

Heizfläche in Quadratmeter	Länge der Rohre	Durchmesser des Oberkessels
$H = 20$ bis $90$	3000 mm	$\sqrt{\frac{H}{100}} + 0,4$ m
$H = 30$ bis $280$	4000 mm	$\sqrt{\frac{H}{150}} + 0,4$ m
$H = 65$ bis $350$	5000 mm	$\sqrt{\frac{H}{200}} + 0,4$ m

In der Höhe werden in der Regel 10—8 Rohre genommen, bei kleineren Kesseln bis herab zu 5, eventuell nur 4.

Textfigur 220 zeigt praktische Verhältnisse einer Wasserkammer für Kessel mit Rohren von 95 mm äußerem Durchmesser. Die Weite der Kammer wird gewöhnlich 160 bis 300 mm genommen, und zwar nimmt man für die vordere Kammer immer eine größere Weite als für die hintere Kammer.

Wir wählen eine Länge der Rohre von 5000 mm, dann paßt dazu ein Durchmesser des Oberkessels:

$$d = \sqrt{\frac{H}{200}} + 0,4 = \sqrt{\frac{130}{200}} + 0,4 ,$$

$$d = 0,8 + 0,4 = 1,2 \text{ m.}$$

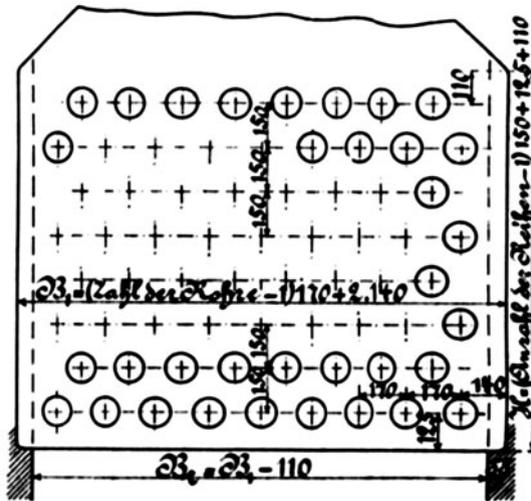


Fig. 220.

Nimmt man die Oberkante des Zuges 150 mm unter Mitte Oberkessel an, so liegt vom Oberkessel

$$\frac{1,2\pi}{2} - 2 \cdot 0,15 = 1,885 - 0,3 = 1,585 \text{ m}$$

Umfang im Zuge. Dann ist die Heizfläche des Oberkessels bei einer Länge seiner Heizfläche von ca. 4 m:

$$1,585 \cdot 4 = 6,34 \Rightarrow \sim 6 \text{ qm.}$$

Für die Rohre bleibt also bei Vernachlässigung der Heizfläche der Rohrwände der Kammern

$$130 - 6 = 124 \text{ qm.}$$

Ein Rohr von 95 mm Durchmesser hat einen Umfang von 0,2985 m, also eine Heizfläche von

$$0,2985 \cdot 5 = 1,49 \text{ qm,}$$

daher sind

$$\frac{124}{1,49} = \approx 83 \text{ Rohre}$$

erforderlich.

Bei 8 Rohrreihen in der Höhe lassen sich 83 Rohre nicht gut unterbringen, wohl aber 80 oder 84 Rohre. Wir wählen die größere Zahl, dann bekommen wir

$$\begin{array}{r} 4 \text{ Reihen mit je 10 Rohren} = 40 \text{ Rohre} \\ 4 \text{ „ „ „ 11 „} = 44 \text{ „} \\ \hline \text{zusammen } 84 \text{ Rohre.} \end{array}$$

Bei Anwendung von nur 80 Rohren bekäme jede Reihe 10 Rohre. Mit den 84 Rohren wird die Heizfläche etwas vergrößert. Wir bekommen ein Rohr mehr mit  $1,49 = \approx 1,5$  qm Heizfläche, so daß die Heizfläche des Kessels:

$$H = 130 + 1,5 = 131,5 \text{ qm}$$

wird. Auf 1 qm Heizfläche kommt dann eine Verdampfung von

$$\frac{2330}{131,5} = \approx 17,7 \text{ kg}$$

gegen 18 kg wie angenommen.

Die Breite der Kammer wird dann nach Fig. 229

$$B_1 = (11 - 1)170 + 2 \cdot 140 = 1980 \text{ mm,}$$

die Breite des Zuges und des Rostes:

$$B_r = B_1 - 110 = 1980 - 110 = 1870 \text{ mm.}$$

Die Höhe der Kammer wird, wenn die Zwischenräume zwischen den Rohrreihen gleich sein sollen, nach Fig. 161

$$H = (8 - 1)150 + 125 + 110 = 1285 \text{ mm.}$$

Wenn aber zwischen der 1. und 2. Rohrreihe von unten ein Zwischenraum von 350 und zwischen der 4. und 5. ein solcher von 250 mm sein soll, so wird die ganze Höhe um 300 mm größer, also:

$$H = 1285 + 300 = 1585 \text{ mm.}$$

Die vordere Wasserkammer habe 200 mm, die hintere 170 mm Weite.

### 3. Berechnung der Rostfläche und der Züge.

Zur Verdampfung von 1 kg Wasser von  $30^\circ \text{C}$  und zur Überhitzung des Dampfes auf  $300^\circ$  sind erforderlich:

$$\lambda'_0 = \lambda + c_p(t' - t) - t_0 = 668,8 + 0,545(300 - 190,6) - 80,$$

$$\lambda'_0 = 648,52 = \approx 649 \text{ Cal. Wärme.}$$

Bei einer Annahme des Wirkungsgrades der Feuerung zu  $\eta_1 = 0,90$  und desjenigen der Heizfläche zu  $\eta_2 = 0,75$  wird die Verdampfungsziffer:

$$x = \frac{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot W}{\lambda'_0} = \frac{0,90 \cdot 0,75 \cdot 7500}{649} = 7,80 = \infty 8.$$

Der erforderliche Brennstoff ist dann:

$$B = \frac{D}{x} = \frac{2400}{8} = 300 \text{ kg.}$$

Die zur Verbrennung von 1 kg Brennstoff erforderliche Luftmenge in cbm ist bei  $17^\circ$  Lufttemperatur:

$$m L_1 = \frac{G \cdot R \cdot T}{p} = \frac{16,5 \cdot 29,27(273 + 17)}{10333} = \infty 13,6 \text{ cbm.}$$

Dann wird die freie Rostfläche mit einer Luftgeschwindigkeit  $v = 1 \text{ m}$ :

$$R_f = \frac{m L_1 \cdot B}{v \cdot 3600} = \frac{13,6 \cdot 300}{1 \cdot 3600} = 1,13 \text{ qm}$$

und die Gesamtrostfläche mit einem Verhältnis  $n = \frac{R_f}{R} = \frac{1}{3}$

$$R = \frac{R_f}{n} = \frac{1,13}{\frac{1}{3}} = 3,39 = \infty 3,4 \text{ qm.}$$

Bei der berechneten Rostbreite 1870 mm wird dann die Rostlänge

$$\frac{3,4}{1,87} = 1,82 = \infty 1,85 \text{ m.}$$

Das Verhältnis der Heizfläche zur Rostfläche ist dann:

$$\frac{H}{R} = \frac{131,5}{3,40} = \infty 38,7$$

und auf 1 qm Rostfläche wird in einer Stunde

$$\frac{300}{3,40} = 88,3 \text{ kg}$$

Brennstoff verbrannt. Den Querschnitt des letzten Zuges zwischen den Rohren wollen wir hier etwa gleich  $\frac{1}{4}$  der Rostfläche machen, also gleich

$$\frac{R}{4} = \frac{3,40}{4} = 0,85 \text{ qm.}$$

Die Breite dieses Zuges ist nach Abzug der Rohrdurchmesser:

$$1,870 - 11 \cdot 0,095 = 0,825 \text{ m,}$$

also wird die Weite dieses Zuges:

$$\frac{0,85}{0,825} = 1,03 = \infty 1 \text{ m.}$$

Der erste senkrechte Zug hinter der Feuerbrücke bekomme etwa die Größe:

$$\frac{R}{3} = \frac{3,40}{3} = 1,13 \text{ qm,}$$

dann wird seine Weite:

$$\frac{1,13}{0,825} = 1,37 = \infty 1,4 \text{ m.}$$

Der senkrechte Zug unmittelbar vor dem Überhitzer bekomme die Größe:

$$\frac{R}{3,5} = \frac{3,40}{3,5} = 0,97 \text{ qm,}$$

seine Weite wird dann:

$$\frac{0,97}{0,825} = 1,175 = \infty 1,2 \text{ m.}$$

Der Querschnitt des Fuchses sei etwa  $\frac{1}{4}$  der Rostfläche, also 0,85 qm. Bei einer Höhe von 1 m bekommt er also eine Breite von 0,85 m.

#### 4. Berechnung des Überhitzers.

Für die Überhitzerheizfläche kann man vorläufig

$$H' = \frac{H}{3} = \frac{131,5}{3} = 43,8 \text{ qm}$$

annehmen, dem entspricht nach Erfahrungen in der Praxis eine Kesselheizfläche von etwa:

$$\frac{2}{3} \cdot 43,8 = \infty 29 \text{ qm.}$$

Als ideelle Gesamtheizfläche kann man dann rechnen:

$$131,5 + 29 = 160,5 \text{ qm.}$$

Die Heizfläche des Kessels, die vor dem Überhitzer liegt, ergibt sich wie folgt:

Zunächst werden von den Feuergasen bestrichen:

$$2 \cdot 11 + 2 \cdot 10 = 42 \text{ Rohre von } 3,85 \text{ m Länge und}$$

$$2 \cdot 11 + 2 \cdot 10 = 42 \text{ Rohre von } 1,20 \text{ m Länge,}$$

das gibt eine Länge von

$$42(3,85 + 1,20) = 42 \cdot 5,05 = 212 \text{ m.}$$

Dem entspricht eine Heizfläche

$$212 \cdot 0,2985 = 63 \text{ qm,}$$

dazu die Hälfte der Heizfläche des Oberkessels mit 3 qm gibt eine Fläche von:

$$63 + 3 = 66 \text{ qm.}$$

Dann liegen vor dem Überhitzer

$$\frac{66 \cdot 100}{160,5} = 41\%$$

der ideellen Heizfläche. Die durch diese Heizfläche aufgenommene Wärme läßt sich aus Fig. 230<sup>1)</sup> bestimmen. Auf der Abszissenachse sind die be-

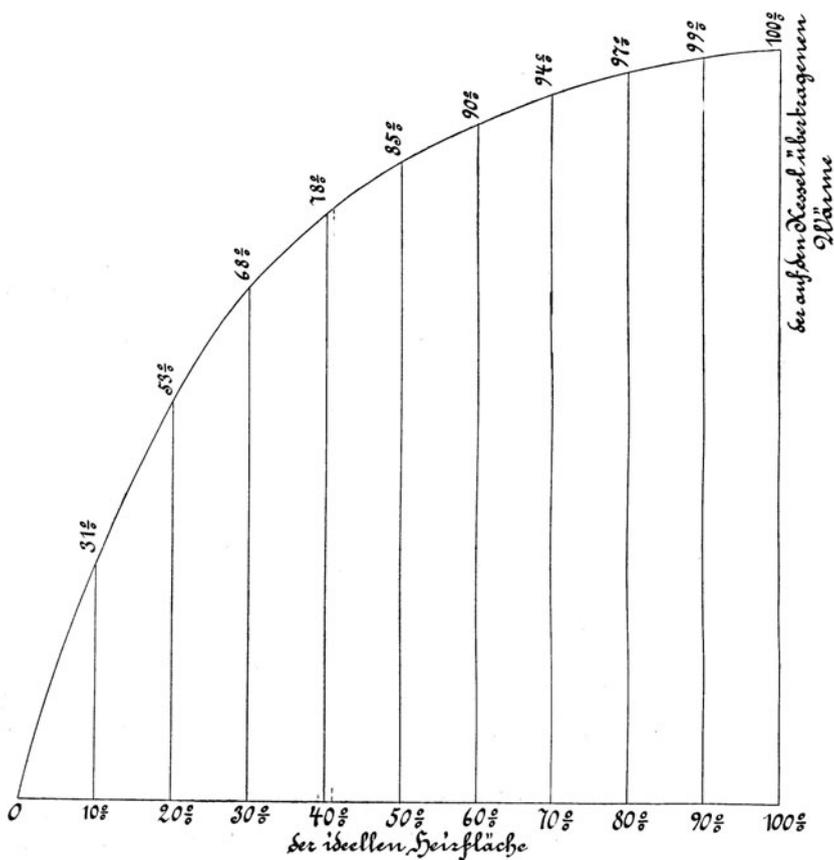


Fig. 230.

strichenen ideellen Heizflächen, in % ausgedrückt, aufgetragen, senkrecht dazu die Wärmemengen, die bereits übertragen sind in % der ganzen auf den Kessel zu übertragenden Wärmemenge. Wir sehen nun, daß, wenn die bestrichene Heizfläche 41% ausmacht, die dann übertragende Wärme-

<sup>1)</sup> Die Grundlagen hierzu sind dem Verfasser in freundlichster Weise von der Rheinischen Dampfkessel- und Maschinenfabrik Büttner in Uerdingen a. Rh. zur Verfügung gestellt.

menge 79% der Gesamtwärmemenge beträgt. Diese Gesamtwärmemenge beträgt:

$$2400 \cdot 644 = 1545600 = \approx 1546000 \text{ WE } ^1).$$

Bis zum Überhitzer werden also übertragen:

$$0,79 \cdot 1546000 = 1220000 \text{ WE.}$$

Dazu kommen als Verluste bis zum Überhitzer 4% der im Brennstoff aufgewandten Wärme, also:

$$0,04 \cdot 300 \cdot 7500 = 90000 \text{ WE,}$$

so daß der Gesamtwärmeverbrauch vor dem Überhitzer sich auf

$$\begin{array}{r} 1220000 \\ + \quad 90000 \\ \hline = 1310000 \text{ WE} \end{array}$$

stellt. Über dem Rost sind verfügbar

$$0,9 \cdot 300 \cdot 7500 = 2025000 \text{ WE.}$$

Vor dem Überhitzer sind also noch verfügbar:

$$\begin{array}{r} 2025000 \\ - \quad 1310000 \\ \hline = 715000 \text{ WE.} \end{array}$$

Dann ist die Gastemperatur vor dem Überhitzer, wenn die spez. Wärme der Gase = 0,24 gesetzt wird:

$$\frac{715000}{0,24(1 + mL) \cdot B} = \frac{715000}{0,24 \cdot 17,5 \cdot 300} = 568^\circ.$$

Es war unter 1 angenommen, daß der Dampf den Kessel mit 3% Wasser verläßt, das im Überhitzer verdampft werden muß. Es sind das:

$$0,03 \cdot 2400 = 72 \text{ kg Wasser.}$$

Zur Verdampfung von 1 kg sind erforderlich:

$$q + A p u = 428,2 + 47,08 = 475,28 \text{ WE,}$$

für 72 kg:

$$72 \cdot 475,28 = 34200 = \approx 34000 \text{ WE.}$$

Zur Überhitzung der 2400 kg Dampf sind nötig:

$$c_p(t' - t) D = 0,545(300 - 191) 2400 = \approx 143000 \text{ WE.}$$

Also müssen im ganzen in den Überhitzer gehen:

$$\begin{array}{r} 34000 \\ + \quad 143000 \\ \hline 177000 \text{ WE.} \end{array}$$

<sup>1)</sup> Es genügt, diese Wärmemengen auf 1000 abzurunden.

Dazu kommen die Verluste am Überhitzer, die wir mit 1% der ganzen im Brennstoff aufgewandten Wärmemenge ansetzen wollen. Diese Verluste betragen also:

$$0,01 \cdot 300 \cdot 7500 = 22500 = \approx 23000 \text{ WE,}$$

$$\text{dazu obige } \underline{177000} \text{ ,,}$$

so sind wegen des Überhitzers erforderlich: 200000 WE.

Der Wärmeverbrauch vom Rost bis hinter den Überhitzer besteht nun aus dem Verbrauch vor dem Überhitzer . . . . . = 1310000 WE,  
und dem Verbrauch am Überhitzer . . . . . = 200000 WE,  
zusammen = 1510000 WE.

Über dem Rost waren verfügbar . . . . . = 2025000 WE,  
bis hinter dem Überhitzer sind verbraucht . . . . = 1510000 WE,  
hinter dem Überhitzer sind noch verfügbar . . . . = 515000 WE.

Dann wird, wenn man wegen Undichtigkeiten im Mauerwerk die Luftmenge für 1 kg Brennstoff mit 1,1 m L statt mit m L ansetzt, die Gas-temperatur hinter dem Überhitzer:

$$\frac{552000}{0,24(1 + 1,1 m L) B} = \frac{515000}{0,24 \cdot 19,15 \cdot 300} = 374^\circ.$$

Am Überhitzer beträgt daher die mittlere Gas-temperatur . . . . .  $\frac{568 + 374}{2} = 471^\circ,$

im Überhitzer beträgt die mittlere Dampftemperatur  $\frac{300 + 191}{2} = 245^\circ,$

daher ist der mittlere Temperaturunterschied am Überhitzer . . . . . = 226°.

Beträgt nun der Wärmedurchgangskoeffizient am Überhitzer 18, so gehen in der Stunde  $18 \cdot 226 = 4068$  WE durch 1 qm Überhitzer-heizfläche und die gesamte Überhitzerheizfläche muß die Größe haben:

$$H' = \frac{177000}{4068} = 43,5 = \approx 44 \text{ qm,}$$

das ist zufällig fast genau der angenommene Wert 43,8. Würde der erhaltene Wert erheblich von dem angenommenen abweichen, so müßte mit ihm die Rechnung noch einmal durchgeführt werden.

#### 4. Festigkeitsrechnungen.

Die Blechstärken und Vernietungen des Oberkessels und der Stutzen werden ebenso berechnet wie es bei den übrigen Kesseln geschah. Für

die Rohre kann man die normale Wandstärke  $3\frac{1}{4}$  mm nehmen. Die Wandstärke der Wasserkammer läßt sich wegen der vielen Aussparungen nicht genau berechnen. Erfahrungsgemäß genügt eine Wandstärke von **18 mm** bei allen vorkommenden Dampfspannungen. Die Stehbolzen zur Versteifung der Kammerwände können wie folgt berechnet werden.

Die auf einen Stehbolzen entfallende, vom Dampfe gedrückte Fläche hat die Größe:

$$15 \cdot 17 = 255 \text{ qcm.}$$

Die auf einen Bolzen kommende Belastung ist demnach:

$$p = 255 \cdot 12 = 3060 \text{ kg.}$$

Rechnet man eine zulässige Beanspruchung des Bolzens von  $k_z = 600$  kg für das qcm, so wird der Bolzenquerschnitt:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{p}{k_z} = \frac{3060}{600} = 5,1 \text{ qcm}$$

und der Durchmesser des Bolzens:

$$d = 2,55 = \approx 2,6 \text{ cm.}$$

Die Bolzen sollen in die Wand mit einem Gewinde von 11 Gang auf 1'' engl. und 1,5 mm Gewindetiefe eingeschraubt und dann vernietet werden. Der Durchmesser in den Spitzen wird demnach:

$$d' = 2,6 + 0,3 = 2,9 \text{ cm.}$$

### 5. Schußenteilung.

Die Schußenteilung bei diesem Kessel bietet nichts Neues und kann deshalb hier unterbleiben.

### 6. Die Armaturen.

**Sicherheitsventil:** Es sollen zwei Hochhubventile angewandt werden, dann ist der für 1 qm Heizfläche erforderliche Querschnitt:

$$f = 6 \sqrt{\frac{v}{p}} = 6 \sqrt{\frac{156}{12}} = 6 \cdot 3,6 = 21,6 \text{ qmm,}$$

also für 131,5 qm Heizfläche:

$$F = 21,6 \cdot 131,5 = 2840 \text{ qmm.}$$

Auf ein Ventil kommt dann die Hälfte, also:

$$\frac{2840}{2} = 1420 \text{ qmm,}$$

und damit wird der Durchmesser eines Ventils:

$$d = 42,5 = \approx 45 \text{ mm.}$$

**Absperrventil:** Wir wollen hier annehmen, daß der Kessel öfters etwas stärker in Anspruch genommen wird und bei flottem Betriebe 22 kg Dampf pro qm Heizfläche zu liefern hat, dann ist:

$$D = 22 \cdot H = 22 \cdot 131,5 = 2893 = \sim 2900 \text{ kg.}$$

Mit  $c = 20$  m ergibt sich dann

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{30 D}{\gamma} = \frac{30 \cdot 2900}{6,425} = 13\,550 \text{ qmm}$$

und

$$d = 131 = \sim 130 \text{ mm.}$$

**Speiseventil:** Bei einer Wassergeschwindigkeit im Ventile von  $c = 0,65$  m wird:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{D}{c} = \frac{2900}{0,65} = 4460 \text{ qmm}$$

und

$$d = \sim 75 \text{ mm,}$$

dafür:

$$d = \sim 70 \text{ mm.}$$

**Ablaßvorrichtung:** Es wird je ein Ablaßrohr am Oberkessel und am unteren Ende der hinteren Wasserkammer angebracht. Das Ablaßrohr für den Oberkessel kann knapp halb so großen Querschnitt wie das Speiseventil haben, also ist:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{4460}{2} = 2230$$

und damit

$$d = 53 = \sim 50 \text{ mm.}$$

Für den Unterkessel genügt hier  $d = 40$  mm vollständig. Das gemeinsame Ablaßrohr für den ganzen Kessel bekomme einen Querschnitt gleich dem Querschnitt des Speiseventils, also einen Durchmesser  $d = 70$  mm.

#### 45. Direkt geheizter Überhitzer. (Tafel 44.)

Mit einem direkt geheizten Überhitzer sind stündlich 8000 kg Dampf von 8 Atm. Überdruck auf 330 Grad Celsius zu überhitzen.

Der Dampf enthalte 5% mitgerissenes, beziehungsweise durch Kondensation bis zum Überhitzer herrührendes Wasser, hier also:

$$0,05 \cdot 8000 = 400 \text{ kg Wasser.}$$

Dieses Wasser bedarf zur Verdampfung:

$$400(\rho + A p u) = 400(441,9 + 46,17) = 400 \cdot 488 = 195000 \text{ WE,}$$

zur Überhitzung der 8000 kg Dampf sind erforderlich

$$c_p(t' - t) 8000 = 0,52(330 - 175) 8000 = \underline{645000} \text{ ,,}$$

im ganzen sind also erforderlich . . . . . = 840000 WE.

Die zur Verwendung kommende Steinkohle habe einen Heizwert  $W = 7500 \text{ Cal.}$ , und es werde ein Gesamtwirkungsgrad des Überhitzers von 0,50 gerechnet. Dann bestimmt sich die erforderliche Kohlenmenge zu:

$$\frac{840000}{0,5 \cdot 7500} = 224 \text{ kg Kohle.}$$

Die für 1 kg Brennstoff theoretisch erforderliche Luftmenge betrage etwa 10,5 kg, und es werde, um die Überhitzerschlangen nicht zu verbrennen, die 2,75fache Luftmenge zugeführt. Die Regulierung dieser Luftmenge kann durch besondere, über der Feuerung angebrachte Regulieröffnungen geschehen. Dann ist die Temperatur der Gase oberhalb des Rostes bei einem Wirkungsgrad der Feuerung  $\eta_1 = 0,95$ :

$$t_r = \frac{0,95 \cdot 7500}{0,24(1 + 10,5 \cdot 2,75)} = \frac{0,95 \cdot 7500}{0,24 \cdot 30} = 990^\circ.$$

Die gesamte Gasmenge ist dann:

$$G = 224 \cdot 30 = 6720 \text{ kg,}$$

und die in dem Gase über dem Rost vorhandene Wärmemenge:

$$G \cdot t_r \cdot 0,24 = 6720 \cdot 990 \cdot 0,24 = \approx 1600000 \text{ WE,}$$

davon rechnen wir 5% für Strahlung . . . . . = 80000 ,,

dann sind vor dem Überhitzer noch vorhanden . = 1520000 WE.

Die Temperatur der Gase vor dem Überhitzer wird  $\frac{1520000}{0,24 \cdot 6720} = 950^\circ$ ,

davon sind für den Überhitzer abzuziehen . . .  $\frac{840000}{0,24 \cdot 6720} = 520^\circ$ ,

dann bleiben . . . . . = 430°,

hiervon sind noch für Strahlung abzuziehen . . = 100°,

dann bleiben . . . . . = 330°

für die Temperatur der Gase am Ende der Überhitzerheizfläche.

Die mittlere Gastemperatur wird dann . . . . .  $\frac{950 + 330}{2} = 640^\circ$ ,

die mittlere Dampftemperatur ist . . . . .  $\frac{175 + 330}{2} = 250^\circ$ ,

der Unterschied dieser Temperaturen ist also . . . . .  $\underline{\underline{= 390^\circ}}$ .

Dann gehen bei einem Wärmedurchgangskoeffizienten = 20 in einer Stunde  $390 \cdot 20 = 7800$  WE durch 1 qm Überhitzerheizfläche, und die erforderliche Überhitzerheizfläche bekommt die Größe:

$$H' = \frac{840000}{7800} = 107,8 \text{ qm,}$$

dafür werde genommen:

$$H' = 110 \text{ qm.}$$

Additional material from *Die Dampfkessel*,  
ISBN 978-3-662-24194-3 (978-3-662-24194-3\_OSFO1),  
is available at <http://extras.springer.com>



Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

---

**Die Dampfkessel nebst ihren Zubehöerteilen und Hilfseinrichtungen.**

Ein Hand- und Lehrbuch zum praktischen Gebrauch für Ingenieure, Kesselbesitzer und Studierende. Von **R. Spalckhaver**, Regierungsbaumeister, Oberlehrer an der Kgl. Höheren Maschinenbauschule Altona a. E., und Ing. **Fr. Schneiders**, M.-Gladbach (Rhld.). Mit 679 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 24.—.

---

**Die Dampfkessel und ihr Betrieb.**

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

---

**Die Grundlagen der deutschen Material- und Bauvorschriften für Dampfkessel.**

Von **R. Baumann**, Professor an der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. Mit einem Vorwort von Dr.-Ing. **C. v. Bach**, Kgl. Württ. Baudirektor, Professor des Maschineningenieurwesens an der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt an derselben. Mit 38 Textfiguren.

Kartonierte Preis M. 2.80.

---

**Wärmetechnik des Gasgenerator- u. Dampfkessel-Betriebes.**

Die Vorgänge, Untersuchungs- und Kontrollmethoden hinsichtlich Wärmeerzeugung und Wärmeverwendung im Gasgenerator- und Dampfkessel-Betrieb. Von Ingenieur **Paul Fuchs**. Dritte, erweiterte Auflage. Mit 43 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 5.—.

---

**Dampfkessel-Feuerungen zur Erzielung einer möglichst rauchfreien Verbrennung.**

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

---

**Die Herstellung der Dampfkessel.**

Von **M. Gerbel**, behördlich autorisierter Inspektor der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft in Wien. Mit 60 Textfiguren.

Preis M. 2.—.

---

**Anleitung zur Durchführung von Versuchen an Dampfmaschinen, Dampfkesseln, Dampfturbinen und Dieselmotoren.**

Zugleich Hilfsbuch für den Unterricht in Maschinenlaboratorien technischer Lehranstalten. Von **Franz Seufert**, Ingenieur, Oberlehrer an der Kgl. höheren Maschinenbauschule zu Stettin. Dritte, erweiterte Auflage. Mit 43 Abbildungen.

In Leinwand gebunden Preis M. 2.20.

---

**Handbuch der Feuerungstechnik und des Dampfkesselbetriebes**

nebst 87 Tabellen, Diagrammen, Rechnungsbeispielen, sowie einem Anhang über allgemeine Wärmetechnik. Von Dr.-Ing. **Georg Herberg**, Stuttgart. Mit 54 Textabbildungen.

In Leinwand gebunden Preis M. 7.—.

---

**Berechnung, Entwurf und Betrieb rationeller Kesselanlagen.**

Von **Max Gensch**, Ingenieur. Mit 95 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 6.—.

---

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

---

**Hilfsbuch für den Maschinenbau.** Von Professor **Fr. Freytag**, Lehrer an den Technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Mit 1108 Textfiguren, 10 Tafeln und einer Beilage für Österreich.  
In Leinwand gebunden Preis M. 10.—; in Ganzleder gebunden M. 12.—.

---

**Die Technologie des Maschinentechnikers.** Von Ingenieur **Karl Meyer**, Professor, Oberlehrer an den Kgl. Vereinigten Maschinenbauschulen zu Köln. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 405 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 8.—.

---

**Entwerfen und Berechnen der Dampfmaschinen.** Ein Lehr- und Handbuch für Studierende und angehende Konstrukteure. Von Ingenieur **Heinrich Dubbel**, Berlin. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 470 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 10.—.

---

**Die Steuerungen der Dampfmaschinen.** Von Ingenieur **Heinrich Dubbel**, Berlin. Mit 446 in den Text gedruckten Figuren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 10.—.

---

**Die ortsfesten Kolbendampfmaschinen.** Ein Lehr- und Handbuch für angehende und ausübende Konstrukteure. Von Professor **Fr. Freytag**, Kgl. Baurat, Lehrer an den Technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Mit 319 in den Text gedruckten Figuren und 18 Tafeln.  
Preis M. 14.—; in Leinwand gebunden M. 16.—.

---

**Entwerfen und Berechnen von Dampfturbinen.** Mit besonderer Berücksichtigung der Überdruckturbine einschließlich der Berechnung von Oberflächenkondensatoren und Schiffsschrauben. Von **John Morrow**, M. Sc., D. Eng., Lecturer in Engineering, Armstrong College, Newcastle-on-Tyne. Autorisierte deutsche Ausgabe von Dipl.-Ing. Carl Kisker. Mit 187 Textfiguren und 3 Tafeln.  
In Leinwand gebunden Preis M. 14.—.

---

**Die Gasmachine.** Ihre Entwicklung, ihre heutige Bauart und ihr Kreisprozeß. Von **R. Schöttler**, Geh. Hofrat, o. Prof. an der Herzogl. Techn. Hochschule zu Braunschweig. Fünfte, umgearbeitete Auflage. Mit 622 Figuren im Text und auf 12 Tafeln.  
In Leinwand gebunden Preis M. 20.—.

---

**Technische Messungen bei Maschinen-Untersuchungen und im Betriebe.** Zum Gebrauch in Maschinenlaboratorien und in der Praxis. Von Prof. Dr.-Ing. **Anton Gramberg**, Dozent an der Technischen Hochschule Danzig. Zweite, umgearbeitete Auflage. Mit 223 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 8.—.

---

**Technische Untersuchungsmethoden zur Betriebskontrolle,** insbesondere zur Kontrolle des Dampfbetriebes. Zugleich ein Leitfaden für die Übungen in den Maschinenbaulaboratorien technischer Lehranstalten. Von **Julius Brand**, Professor, Oberlehrer der Kgl. vereinigten Maschinenbauschulen zu Elberfeld. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 285 Textfiguren, 1 lithographischen Tafel und zahlreichen Tabellen.  
In Leinwand gebunden Preis M. 8.—.

---

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.