

$$\mathcal{S} = - 3,93 \left[ 1 \begin{array}{c} + \\ - \end{array} 1,8 \right]$$

$$\mathcal{S} = - 11^k \text{ pro } \square^{\text{cm}} \text{ (Druckspannung)} \\ + 3^k \text{ pro } \square^{\text{cm}} \text{ (Zugspannung)}.$$

Die Druckspannung  $\mathcal{S} = - 11$  wäre bei gutem Materiale allenfalls zulässig, die Zugspannung 3 aber unter keinen Umständen.

Hätte man die Eingangs dieses Paragraphen getabelte Methode der Stabilitätsbestimmung angewendet, so hätte, da

$$G R = 285969 \cdot 1,89 = 540481^{\text{km}}$$

ist, sich ein Stabilitätscoefficient

$$c = \frac{540481}{330784} = \frac{54}{33} = 1,64$$

ergeben und hätte hiernach der Schornstein für stabil erklärt werden müssen.

### Drittes Kapitel.

## Dampfkessel-Feuerungen.

### §. 15.

#### Vorbemerkung.

Bereits in der Einleitung haben wir dem Vorfaze Ausdruck verliehen, in vorliegenden Blättern hauptsächlich diejenigen Feuerungsanlagen zu besprechen, deren Zweck die Beheizung von Gebäuden ist; wir führten auch den Grund an, der uns von Besprechung der verschiedensten industriellen Feuerungen Abstand nehmen ließ und fügten schließlich hinzu, daß wir nur auf einige dem Bautechniker häufig vorkommende Anlagen eingehen würden. Zu diesen letzten gehören nun in erster Linie die Dampfkesselfeuerungen und halten wir es um so eher für gerechtfertigt, die spezielle Behandlung der Feuerungsanlagen mit diesen beginnen zu lassen, als grade die Beheizung dieser Apparate und die zweckmäßigste Auswahl aus den auf diesem Gebiete sich uns präsentirenden Systemen stets sehr eingehender Erwägungen bedarf, aus welchem Grunde eine Besprechung der Dampfkessel am engsten an die Theorie und an die im zweiten Kapitel stattgehabten Erörterungen sich anschließen wird.

Selbstverständlich liegt es uns fern, den Gegenstand bis in das Detail zu verfolgen und über alle jene Vorrichtungen uns zu verbreiten, welche die Sicherstellung des Betriebes erheischt. Uns kann es nur obliegen, in gedrängter Darstellung dem Leser die gebräuchlichsten Systeme vorzuführen, ihn über die jedem einzelnen anhaftenden Vorzüge und Nachtheile zu orientiren, und im weiteren Verlaufe dasjenige theoretische Material ihm an die Hand zu

geben, welches zur Beurtheilung der Leistungsfähigkeit und des ökonomischen Werthes einer Dampfkesselanlage befähigt.

Mit dem Namen Dampfkessel belegt man ein geschlossenes (in der Regel aus Schmiedeeisen gefertigtes) Gefäß, in welchem Wasserdampf von einer gewissen Spannung erzeugt werden soll.

Das Gefäß ist zu diesem Zwecke zum Theil mit Wasser gefüllt; der übrige Theil ist bestimmt, den sich entwickelnden Dampf aufzunehmen; er heißt Dampfraum im Gegensatz zum ersten, welcher Wasserraum genannt wird. Die einer Feuerstätte entströmenden Heizgase werden in gemauerten Kanälen an den Kesselwandungen entlang oder aber in eisernen Röhren durch den Kessel hindurchgeführt, geben an die von ihnen berührten Heizflächen zum Theil ihre Wärme ab und bringen dadurch das Wasser zum Sieden. Der entstehende Dampf sammelt sich in dem Dampfraume oder in besonders hierzu construirten Reservoirs, den sogenannten Dampfdomen, um je nach Bedarf aus diesen entnommen zu werden, sei es, eine Maschine zu treiben, größere Räume zu heizen oder irgend welche Verwendung zu finden. Die Entnahme des Dampfes aus dem Kessel oder dem auf diesen aufgesetzten Dome wird durch das Dampfventil vermittelt.

In Folge der Verdampfung sinkt der Wasserspiegel und ergibt sich die Nothwendigkeit der Anordnung einer Speisevorrichtung, welche so bedient werden muß, daß der Wasserstand ein gewisses Minimum nicht überschreitet. Der tiefste Wasserstand ergibt sich hierbei aus der Bedingung, daß die mit den Heizgasen in Berührung kommenden Kesselttheile stets von Wasser umspült sein müssen. Im Gegentheil können sie glühend werden und Veranlassung zu einer Explosion geben. Es werden daher bei jedem Dampfkessel ein höchster und ein tiefster Wasserstand unterschieden. Die Lage des ersteren richtet sich nach der Größe des Dampfraumes, der tiefste Wasserspiegel wird mindestens 10<sup>cm</sup> über dem höchsten Punkte der Heizfläche anzunehmen sein. Um zu erkennen, ob diese Grenzen etwa überschritten worden sind, dienen zwei Probirhähne, von denen der eine über dem höchsten Wasserstande gelegene stets Dampf, der andere unter dem tiefsten befindliche stets Wasser geben muß. Durch diese Vorrichtungen ist man aber nicht im Stande, die Lage des Wasserspiegels selbst zu erkennen und ist deshalb die Anbringung eines Wasserstandglases geboten, welches im wesentlichen aus einer zweimal gebogenen Glasröhre besteht, deren oberes Ende mit dem Dampfraume in Verbindung steht, während das untere mit dem Wasserraum communicirt.

Weiter erweist sich das Vorhandensein von Apparaten als nöthig, welche hindern, daß eine Explosion in Folge zu großer Dampfspannung eintreten kann. Der eine, das Sicherheitsventil, soll dem zu stark gespannten Dampfe

selbstthätig das Verlassen des Kessels ermöglichen, während der andere Apparat, das Manometer, uns über die Größe der Dampfspannung stets unterrichtet.

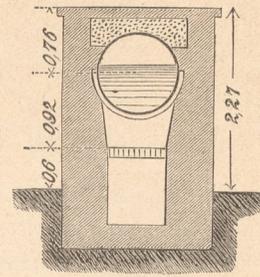
Die hier aufgezählten Apparate, zu denen noch die das Entleeren des Kessels gestattende Abblasevorrichtung und die verschließbaren Mannlöcher, durch welche der Kessel behufs Reinigung seines Inneren befahren werden kann, zu zählen sind, faßt man zusammen unter dem Namen Kessलगarnitur; eine eingehendere Besprechung derselben müssen wir übergehen und wenden uns, da die Gestaltung des Feuerraums, bei Construction von Heizkanälen, Heizflächen, der Esse im 1. und 2. Capitel bereits erörtert worden, sofort zur Besprechung der gebräuchlichsten Kesselsysteme\*).

## §. 16.

## Der einfache Walzenkessel.

Den einfachsten Dampferzeuger liefert ein horizontal liegender, an den Enden durch eine Calotte oder eine Ebene geschlossener Cylinder, an dessen Boden ein Feuerzug entlang geführt wird. Denselben nennt man einen einfachen Walzenkessel. Fig. 39 bis 41 zeigt die Einmauerung eines solchen und zwar stellt Fig. 39 einen Querschnitt, Fig. 40

Fig. 39.



einen vertikalen Längenschnitt und Fig. 41 einen Horizontalschnitt dar. Die Feuerung ist eine untergelegte; der Kofst ist mindestens 0,6 m unter dem Kessel anzuordnen; die Verbrennungsprodukte werden über die Feuerbrücke f unter dem Kessel entlang geführt und durch den Fuchs F nach der Esse geleitet. Bei A befindet sich ein Flugaschenfang, zugänglich durch eine seitwärts angebrachte Reinigungsöffnung.

Auf der oberen Seite ist der Kessel mit einem schlechten Wärmeleiter, meistens mit Lehm Boden, bedeckt, über dem ein Pflaster aus Backsteinen oder Dachziegeln sich befindet.

Die in die Figuren 39—41 eingeschriebenen, auf den Durchmesser 1 bezogenen Verhältniszahlen sind von Redtenbacher anempfohlen.\*)

Fig. 40.

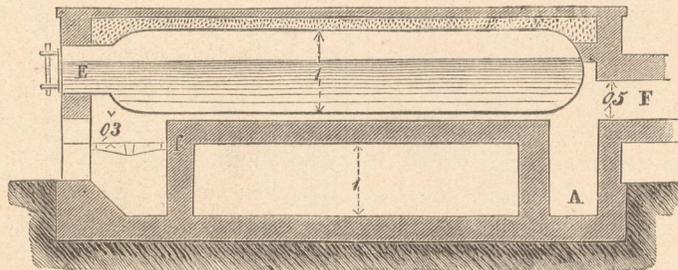


Fig. 41.



Hinzugefügt werde noch, daß an dem durch das Mauerwerk hindurchreichenden Theile E des Kessels die Vorrichtungen zur Erkennung des Wasserstandes angebracht sind.

Der größte Vorzug des einfachen Walzenkessels ist seine außerordentliche Einfachheit, mit welcher immer verhältnißmäßig billige Herstellung verknüpft ist. Betriebsstörungen

kommen bei rationeller Behandlung so gut wie gar nicht vor und bleibt der Kessel bis zur Abnutzung, welche — wie fast bei allen Systemen — durch schließliches Verbrennen der in der Nähe des Feuerraumes gelegenen Bleche herbeigeführt wird, ununterbrochen brauchbar. Wird eine Unterfeuerung angeordnet, so werden die über dem Kofste befindlichen Bleche zuerst unbrauchbar. Hingegen wird, falls eine Vorfeuerung beliebt worden, und wenn außerdem das Kesselblech über der Feuerbrücke durch eine feuerfeste Verblendung vor den schädlichen Wirkungen der Stichflamme bewahrt wird, eine fast gleichmäßige Abnutzung des Kesselbodens stattfinden.

Der einzige Nachtheil des Systems, der namentlich in größeren Städten gegen dasselbe spricht, ist der von ihm beanspruchte große Raum, der oft recht theuer bezahlt wer-

\*) Für das Specialstudium empfehlen wir ganz besonders: v. Reiche, Anlage und Betrieb der Dampfkessel, Leipzig, 1876.

\*) Redtenbacher, Resultate.

den muß. Doch bleibt das System stets empfehlenswerth für kleinere Anlagen (unter Voraussetzung continuirlichen oder doch längere Zeit währenden Betriebes) und namentlich dann, wenn nur ein Kessel aufgestellt wird. In diesem letzteren Falle ist die große Betriebsicherheit des einfachen Walzenkessels nicht hoch genug anzuschlagen.

§. 17.

Soll für die Form des Dampfzeugers der volle Cylinder behalten, an Raum jedoch gespart werden, so gelangt man zu den übereinander gelegenen und durch kurze Röhren, die sogenannten Stützen, verbundenen Kesseln.

Es sind dann principiell folgende Anordnungen denkbar.

- 1) Die Heizgase umspülen erst die Unterkessel und bestreichen dann die Oberkessel.
- 2) Die Oberkessel erhalten die erste Hitze und werden die Unterkessel zuletzt von den Heizgasen erreicht.
- 3) Ober- und Unterkessel werden in demselben Vertikalschnitte durch Heizgase von annähernd derselben Temperatur befeuert.

Die Kessel der ersten Kategorie heißen Siederkessel, die der zweiten nennt man Gegenströmer, da die Unterkessel gespeist werden, mithin das Wasser von unten nach oben circulirt, während die Heizgase im Wesentlichen von oben nach unten sich bewegen. Die sub 3 angeführten Kessel nennen wir nach ihrem Erfinder Reiche'sche Kessel.

Die Siederkessel haben sich nicht bewährt, da gerade in den Unterkesseln die Absonderung von Schlamm und die Bildung von Kesselstein in hohem Maße sich vollzieht, was zur Folge hat, daß die Kesselbleche schnell durchbrennen. Das System, welches dem Bestreben, Explosionen vorzubeugen, seine Entstehung verdankt — da die der größten Hitze ausgesetzte Heizfläche hier stets von Wasser berührt wird — gehört zu den von rationell konstruirenden Kesselschmieden verlassenen, und kann deshalb hier übergangen werden. Wir wenden uns daher sofort dem

§. 18.

Gegenstrom-Kessel

zu, der noch viele Anhänger besitzt und dessen Vor- und Nachtheile um so eingehender auseinanderzusetzen sind.

Die Fig. 42 und 44 zeigen eine derartige Anlage im Quer- und Längenschnitt.\*)

Die Feuerung ist eine untergelegte. Die Heizgase bewegen sich in der Richtung der eingezeichneten Pfeile und

\*) Aus Redtenbacher's „Resultaten“. Heidelberg 1875.

Fig. 42.

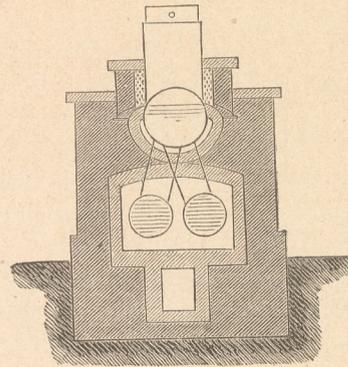


Fig. 43.

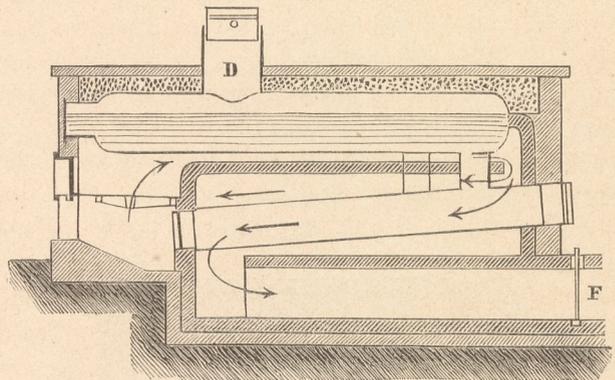
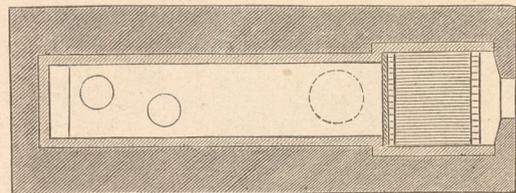


Fig. 44.



zwar gehen sie unter dem Kessel von vorn nach hinten, um dann den Unterkessel in der Richtung von hinten nach vorn zu umspülen und schließlich durch den Fuchs F der Esse zugeführt zu werden. Das von den Heizgasen berührte Mauerwerk ist feuerfest und in der Zeichnung durch hellere Schraffirung gekennzeichnet. Die Unterkessel, auch Vorwärmer genannt, deren hier zwei angeordnet sind, werden am tiefer liegenden Ende gespeist und circulirt dann das Wasser in entgegengesetztem Sinne wie die Heizgase und zwar findet dies auch im Oberkessel statt.

D stellt den Dampfdom vor. An dem durch das Kesselmauerwerk reichenden Theile E sind die Probirhähne und das Wasserstandsglas angebracht.

Jeder Unterkessel ist mit dem Oberkessel durch einen Stützen verbunden, dessen Lage aus der Figur ersichtlich ist. Eine andere von Reiche\*) als recht zweckmäßig em-

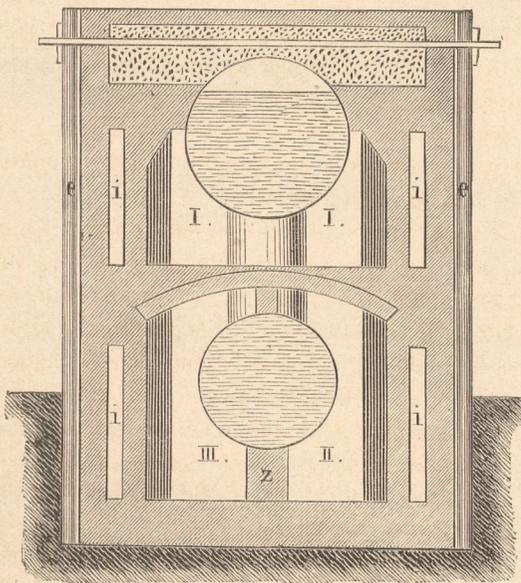
\*) v. Reiche, a. a. D.

pfohlene Einmauerung ist die in Fig. 45 im Querschnitt dargestellte.

Es ist hier nur ein Vorwärmer vorhanden. Die Heizgase gehen gleichzeitig in den Zügen I von vorn nach hinten, werden im Zuge II wieder nach vorn geleitet, um dann durch den Zug III in den Fuchs geführt zu werden. Die Kanalwände sind unter Anwendung von Isolirschieben gemauert; die Vertikalwände sind im Inneren mit Conliffen armirt (vergl. Seite 11).

Der lediglich auf der Zunge z ruhende Kessel befände sich ohne die Einmauerung im labilen Gleichgewichte, weshalb es geboten ist, die Seitenwandungen kräftig mit einander zu verankern. Eine sehr gute und häufig angewandte Verankerung ist die in Fig. 45 dargestellte. Sie besteht aus 2 mit den unteren Enden in den festgestampften Boden reichenden alten Eisenbahnschienen e, deren obere Enden durch eiserne Bänder verbunden sind. Diese umschließen die Schienen mittels Desen und werden durch Keile angezogen. Weniger empfiehlt sich die Anordnung zweier durch einen Anker verbundenen Platten.

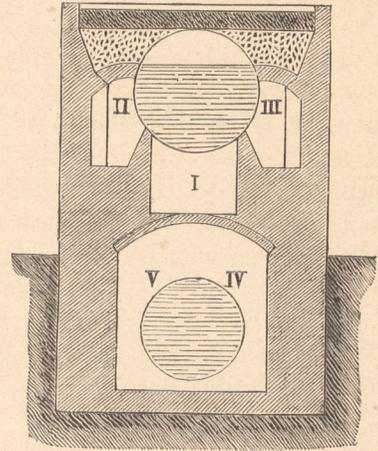
Fig. 45.



Der Unterkessel ist im vorliegenden Falle allerdings kein reiner Gegenströmer. Liegt beispielsweise der Stutzen hinten und wird am vorderen Ende gespeist, dann circulirt das Wasser von vorn nach hinten und es ist die Heizfläche des Kanales II eine Gegenstromfläche, die des Kanales III eine Parallelstromfläche. Liegt der Stutzen vorn und tritt das Speisewasser am hinteren Ende ein, so wird Heizfläche II eine Parallelstromfläche und die III wirkt als Gegenstromapparat. In diesem Falle erweist es sich übrigens als geboten, den Stutzen nach dem Feuerherd zu feuertfest zu verblenden.

Eine dritte, ebenfalls von Reiche empfohlene Einmauerung eines Gegenstromkessels zeigt Fig. 46. Die Kanäle, 5 an der Zahl, sind numerirt und werden in der hierdurch angedeuteten Reihenfolge von den Heizgasen passirt.

Fig. 46.



Vielfach findet man den Vorwärmer mit dem Oberkessel durch zwei oder mehrere Stutzen verbunden und hat dies seinen Grund in der hierdurch erzielten einfacheren Lagerung des Apparates. Die Anordnung hat jedoch den Nachtheil, daß die beiden Kessel sich nicht unabhängig von einander dehnen können, welcher Umstand bei kurzen Stutzen leicht zu unliebsamen Deformationen Veranlassung geben dürfte. Deshalb empfiehlt es sich, auf jene Bequemlichkeit hinsichtlich der Einmauerung Verzicht zu leisten, sobald der Stutzen — bei entsprechender Breite — nicht mindestens 0,5<sup>m</sup> lang ist. Den Durchmesser des Stutzens wähle man stets so groß, daß dieser sich bequem reinigen läßt und sind hierzu mindestens 0,45<sup>m</sup> erforderlich.

Bezüglich der Lage des Vorwärmers werde noch darauf hingewiesen, daß es geboten ist, die Achse desselben zu neigen, da horizontal liegende Vorwärmer regelmäßig auf der inneren Seite des oberen Kesselbleches verrosten.

Der Vorzug des Gegenströmers liegt, wie schon früher hervorgehoben worden (vergl. S. 8), in dem verhältnißmäßig großen Wirkungsgrade desselben, er wird jedoch völlig aufgehoben durch einen Nachtheil, der alle die schärfer beobachtenden Kesselschmiede zu seinen Ungunsten eingenommen und diese veranlaßt hat, Gegenstromkessel nicht mehr zu bauen, zum mindesten aber von dem Bau derselben abzurathen.

Es werden nämlich durch das kältere Ende des Vorwärmers die dort mit der Heizfläche in Contact befindlichen Heizgase ganz beträchtlich abgekühlt und die in ihnen enthaltenen Wassertheilchen condensirt. Das Condensationswasser schlägt sich auf den kalten Kesselblechen nieder und erzeugt auf diesen eine Rostbildung, die namentlich sehr ver-

derblich wirkt, wenn die Verdampfung des Wassernieder-  
schlages nicht durch die Heizgase, sondern in Folge der nach  
beendeter Speisung eingetretenen Erwärmung des Kessel-  
bleches durch dieses selbst bewirkt wird. Das Kosten ist  
vorzugsweise dicht an den Stemmungen, nach denen hin das  
Wasser abfließt, beobachtet worden.

Würde man, um diesem Uebelstande zu begegnen, den  
Kessel warm speisen, so würde es der Wirkung des Appa-  
rates als „Gegenströmer“ ganz wesentlich Abbruch thun,  
und wäre dann fast der alleinige Vorzug des Vorwärmers  
der, den größten Theil des Schlammes aus dem die erste  
Hize empfangenden Oberkessel fernzuhalten und, gegenüber  
dem einfachen Walzenkessel, eine verhältnißmäßig große Heiz-  
fläche auf kleinem Raume anzuordnen.

## §. 19.

### Das System Reichs.

Da uns Erfahrungen über dieses sehr rationell erschei-  
nende System nicht zur Verfügung stehen, so lassen wir  
den Erfinder, der sein System „den combinirten Walzen-  
kessel mit Heizkammern“ nennt, selbst reden:

„Das Princip, welches mich bei Aufstellung dieses  
neuen Kessel- oder Kessleinmauerungssystems leitete, ist  
dasselbe, welches mir bei allen meinen Anlagen zur Richt-  
schnur diente und welchem die „Coulissen“, der „Schlangen-  
kanal“ zc. ihre Entstehung verdanken.

„Das Princip nämlich, die Heizgase nicht parallel  
zu den Kesselwandungen, sondern so zu führen, daß mög-  
lichst immer neue Heizgase mit den Kesselwandungen in Be-  
rührung treten, während die bereits abgekühlten Gase sich  
von ihnen wieder entfernen, oder, um populär zu sprechen:

„„Wenn der Schmied Hize auf ein Stück Eisen machen  
will, so bläst er gerade darauf los und nicht etwa daran  
vorbei, und wenn ich einen Kessel erwärmen und Wasser  
darin kochen will, thue ich ebenfalls geschiedter, gerade darauf  
und nicht daran vorbei zu blasen; — seltsamer Weise aber  
geht bei unseren bis jetzt gebräuchlichen Kesselanlagen der  
Zug immer am Kessel vorbei, d. h. die Gase bewegen sich  
parallel zur Heizfläche.““

„Dieses Princip habe ich realisirt mit vollständigem  
Erfolge nimmehr an einer großen Anzahl Kessel der ver-  
schiedensten Construction, und die hauptsächlichsten Con-  
structionstypen, welche dadurch entstanden, sollen in der Folge  
beschrieben werden.

„Taf. 5 zeigt einen nach diesem Princip eingemauerten  
gewöhnlichen Doppelkessel.

„Der Unterkessel ist, damit der in demselben entwickelte  
Dampf leicht in den Oberkessel aufsteigen könne, stark ge-  
neigt und durch nur einen Stutzen S mit dem Oberkessel

verbunden, so daß sich also beide Kessel unabhängig von  
einander ausdehnen und zusammenziehen können.

„Die Einmauerung ist die einfachste von der Welt,  
denn sie besteht aus lauter lothrechten Mauern, welche beide  
Kessel so vollständig stützen und tragen, daß alle Kessel-  
stützen und Kesselträger entbehrlich werden.

„Die Feuerung ist für Braunkohlenbrand eingerichtet.  
Eine Anlage für Steinkohlenbrand unterscheidet sich von der  
dargestellten allein dadurch, daß der Wasserstandsdom in Weg-  
fall kommt und dafür der Oberkessel bis zum Austritt aus  
der vorderen Mauerfläche verlängert wird.

„Die auf dem Koste entwickelten Heizgase heizen zuerst  
den Oberkessel, ziehen über die Feuerbrücke „a“ in die  
Kammer J, fallen fast vertikal abwärts auf den Unterkessel,  
diesen rings umspülend, gelangen durch die Oeffnung d in  
die Kammer II, stoßen dort aufsteigend nunmehr von unten  
gegen den Unterkessel, wiederum ihn rings umspülend, hierauf  
gegen den Oberkessel, bewegen sich über die zweite Feuer-  
brücke „b“ in die Heizkammer III, fallen wieder auf den  
Unterkessel, ihn rings umspülend, gelangen durch die Oeff-  
nungen „e“ in die Kammern IV — und so steigen die  
Heizgase wiederholt auf und ab, indem sie sich immer fast  
transversal zu den Kesseln bewegen, bis sie schließlich,  
nochmals über die Feuerbrücke g ziehend (welche deßhalb so  
hoch gelegen ist, damit auch die hintere Stirnwand des Ober-  
kessels mit geheizt werde), in die letzte Kammer VII ge-  
langen, in dieser nochmals den Unterkessel umspülen und  
dann in den Fuchs h eintreten.

„Der Unterkessel tritt hinten aus der Kesselmauerung  
hervor, damit dort bequem ein Mannloch und ein Abblase-  
stutzen angebracht werden könne. Gespeist wird dagegen  
durch den Stutzen i der Oberkessel, weil dieser die größere  
Wassermenge enthält und weil deßhalb eine Abkühlung des-  
selben bis unter 100° (welche den Kessel, wie bei dem  
Gegenstromprincip, rasch ruiniren würde) selbst bei Speisung  
mit möglichst kaltem Wasser nicht möglich ist.

„Um einestheils überall reichlichen Zugquerschnitt und  
anderntheils eine möglichst große Anzahl Kammern zu er-  
zielen, welche die Bewegung der Gase möglichst transversal  
zu den Kesseln herstellt und ein möglichst häufiges, immer  
erneutes Umspülen der Kessel von den Heizgasen gestattet,  
ist, entsprechend der allmäligen Volumverminderung der Heiz-  
gase in Folge ihrer Wärmeabgabe an den Kessel, der Zug-  
querschnitt nach hinten allmällig bis auf die Hälfte des an-  
fänglichen verengt, sind also die Kammern I bis VII immer  
kürzer angeordnet und die Feuerbrücken a und c immer  
näher an den Oberkessel herangerückt.

„Damit durch die sich ablagernde Flugasche der Quer-  
schnitt der Heizkanäle nicht verengt werden könne, sind die  
Durchzugöffnungen d, e und f nicht auf der Sohle der  
Kesselmauerung, sondern hoch über derselben angeordnet, so

daß eine ganz bedeutende Menge Flugasche, ohne den Zug zu beeinträchtigen, in jeder Kammer sich ablagern kann.

„Um aber diese Flugasche von Zeit zu Zeit bequem entfernen und den Kessel von Ruß u. reinigen zu können, führt von jeder Kammer seitlich in's Freie eine Reinigungsöffnung o, welche im Betriebe durch eine Mauer von  $\frac{1}{2}$  Stein Stärke verschlossen gehalten wird.

„Besteht die Anlage aus mehreren Dampfkesseln, so werden, der Raumersparniß wegen, je zwei Kessel in einem Mauerkloß vereinigt und die Reinigungsöffnungen symmetrisch, d. h. nach außen mündend, angeordnet, in der Art, wie Tafel 6 zeigt, welche combinirte Walzenkessel mit Unterkesseln, sog. Dreirohrkessel darstellt.

„Zwischen je zwei, zwei Kessel enthaltenden Mauerkloßen, muß dann ein Gang bleiben, von welchem aus man rechts und links durch die Oeffnungen o in die Heizkammern gelangen kann.

„Im Uebrigen erklärt sich diese Dreirohrkessel-Anlage nach dem Obigen von selbst, auch fällt in die Augen, daß beim Dreirohrkessel die Einmauerung noch einfacher wird, als beim Doppeltessel, weil die runden Flächen pq und rs (Fig. 1, Tafel 5) in Wegfall kommen.

„Die combinirten Walzenkessel\*) haben vor allen Dingen die vortheilhafte Eigenschaft, daß unter allen Umständen ihre Blechdicke gering sein kann.

„Ihr Dampfraum kann beliebig groß gemacht werden, je nach dem Zweck, welchen man verfolgt, und in dieser Beziehung stehen sie den später zu behandelnden Flammrohrkesseln völlig gleich und eignen sich für jeden Betrieb.

„Ihr Wasserraum ferner und ihre indirekte Heizfläche (Mauerheizfläche\*\*) sind sehr groß; deßhalb sind sie sehr geeignet für continuirlichen Betrieb, aber gänzlich zu verwerfen für einen Betrieb von wenigen Stunden.

„Dieser große Wasserraum ferner macht aber auch sehr geeignet zu einem mehr oder weniger continuirlichen aber variablen Betrieb und gänzlich unbrauchbar zu Zwecken, welche ein rasches Anheizen erfordern.“

## §. 20.

### Die Flammrohrkessel.

Anstatt, behufs Erzielung einer größeren Heizfläche auf beschränktem Raum, die Walzenkessel gleichsam in mehrere

über einander angeordnete Theile zu zerlegen, welches Verfahren zu dem Siederkessel, dem Gegenströmer und zu dem System Reiche geführt hat, kann man auch die Heizgase außer an den Kesselwandungen entlang noch mittels Röhren durch den Kessel selbst leiten und erhält dann die sogenannten Röhren- oder Flammrohrkessel.

Der letztere Ausdruck ist gebräuchlich, wenn nur ein oder zwei Feuerzüge durch den Kessel gehen; der erstere, wenn eine große Anzahl enger Röhren angeordnet ist. Eine zwischen beiden Constructionen die Mitte haltende, z. B. ein Kessel mit drei oder vier Flammrohren, kommt nur sehr ausnahmsweise vor, vielmehr findet man fast durchweg entweder ein resp. zwei Rohre, oder aber ein System zahlreicher enger Röhren vor.

In Folgendem sollen zunächst einige ausgeführte Flammrohrkessel besprochen werden.

Der auf Tafel 7 dargestellte Dampferzeuger gehört zu einer aus 4 Kesseln bestehenden und zur Betreibung von 3 Dampfmaschinen von circa 50 Pferdekraften dienenden Anlage, welche auf dem Windmühlenberge in Berlin aufgestellt ist\*). Er soll Dampf von  $5\frac{1}{2}$  Atmosphären Ueberdruck, also  $6\frac{1}{2}$  Atmosphären Spannung erzeugen.

Die Feuerung geschieht mit Steinkohlen und liegt vorn im Feuerrohr. Die totale Kesselfläche besitzt bei 2 . 0,58<sup>m</sup> Breite eine Länge von 1,5<sup>m</sup>. Die Heizgase durchstreichen das Kanalsystem in der Richtung der eingezeichneten Pfeile; sie gehen in den Flammrohren von vorn nach hinten, werden in den Seitenkanälen C wieder nach vorn geführt, um dann durch den am Boden des Kessels sich entlang ziehenden Kanal D in den sämtlichen Kesseln gemeinschaftlichen Fuchs geleitet zu werden. Von hier aus gelangen sie in den Schornstein, der bei 1,5<sup>m</sup> Durchmesser eine Höhe von 44<sup>m</sup> besitzt.

Der Fuchs ist so hoch angeordnet, daß er von einem aufrecht stehenden Manne behufs Reinigung nicht allein seiner selbst, sondern auch der Züge D bequem befahren werden kann; er ist ferner an der Innenseite feuerfest verblendet.

Der Kessel, welcher eine Länge von 8,4<sup>m</sup> und einen Durchmesser = 1,6<sup>m</sup> besitzt, lagert auf eisernen Stützen (Kesselfüßen) und wird außerdem von den die Kanäle C und D trennenden Zungen getragen. Die Abmessungen der Kanäle sind aus der Zeichnung ersichtlich.

Um den geforderten Wirkungsgrad zu erzielen, erhielt der Kessel 55,7<sup>m</sup> Heizfläche, und zwar kommt hiervon

\*) Die folgenden Ausführungen beziehen sich auch auf die Siederohrkessel und Gegenströmer, welche v. Reiche sämtlich combinirte Walzenkessel (zum Unterschied von den einfachen) nennt.

\*\*\*) Diese Mauerheizfläche, d. i. die Berührungsfläche zwischen den Heizgasen und dem Kesselmauerwerk, wirkt durch Strahlung.

\*) Die Zeichnungen auf Tafel 7 und 8, ferner 10—15 stellen die für die neuen Berliner Wasserwerke bestimmten Kesselanlagen dar. Die Originalzeichnungen wurden mir von dem Direktor der Wasserwerke, Herrn Ingenieur Gull, zur Disposition gestellt, was hiermit dankend erwähnt werden möge. D. B.

auf den Hauptkessel . . . . .	24,4 □ <sup>m</sup>
auf die Feuerrohre . . . . .	30,6 „
auf den hinteren Boden . . . . .	0,7 „
Die Blechstärken betragen:	
für den Hauptkessel . . . . .	11 <sup>mm</sup>
für die Feuerrohre . . . . .	10 <sup>mm</sup>
für den Dom . . . . .	8 <sup>mm</sup>
und für die Stirnwände . . . . .	16 <sup>mm</sup> .

Eine andere Anordnung der Einmauerung eines Zweiflammrohrkessels ist auf Tafel 8 dargestellt.

Die Feuerung ist hier eine untergelegte. Der erste Zug geht unter dem Kessel hin; die Heizgase streichen über den Flugaschenfang A, passieren dann die Feuerrohre und hierauf die Seitenkanäle. Zur Reinigung der Flammrohre sind die Oeffnungen  $r_1$  vorgesehen, welche während des Betriebes mit Backsteinen verschlossen werden. Die Entleerung des Flugaschensanges und die Reinigung des Fuchses wird durch die Oeffnungen  $r$  besorgt, die der Seitenkanäle durch die Oeffnungen  $s$ .

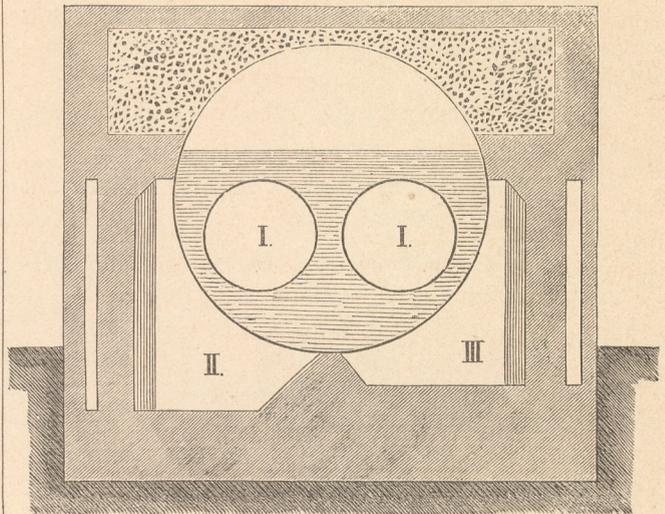
Es ist nun die Frage, welches Einmauerungssystem den Vorzug verdient. Die von den Heizgasen berührte Fläche ist unter gleichen Umständen bei beiden dieselbe. Der Kessel auf Tafel 7 besitzt eine größere direkte Heizfläche, hat also einen größeren Wirkungsgrad, wo hingegen die andere Anordnung eine bessere Auswerthung des Brennstoffes, also einen geringeren Brennmaterialconsum garantiert. Welches System mehr zu empfehlen ist, wird hiernach von den Kosten der Heizfläche und dem Preise des Brennstoffes abhängen und läßt sich, da diese sehr von Verhältnissen lokaler Natur abhängen, eine allgemeine Entscheidung kaum treffen.

Hinsichtlich der Haltbarkeit des Kessels aber steht die jetzt erörterte Disposition der erstbeschriebenen jedenfalls nach, weil gerade die unteren Bleche, auf denen die beziehungsweise stärkste Ansammlung von Schlamm und Kesselstein sich vollzieht, den Einwirkungen der Stickschlamm ausgesetzt sind und in Folge dessen schnell verbrennen.

Der Methode, den ersten Zug unter den Boden des Kessels zu verlegen, welche nach Vorigem nur dann ohne Nachtheil wird befolgt werden können, wenn besonders klares von Kesselstein bildenden Substanzen annähernd freies Wasser zur Verfügung steht, schließt man sich häufig darum an, weil gerade die stärksten erhitzten Bleche stets mit Wasser bedeckt sind, weshalb man glaubt, einer Explosion in Folge Glühendwerdens der Bleche wesentlich vorgebeugt zu haben. Doch ist dieser Grund wenig stichhaltig, da die Heizgase in den Flammrohren noch eine so hohe Temperatur besitzen, daß sie wohl im Stande sind, diese bis zur Rothgluth zu erhitzen, falls der Wasserspiegel unter das Flammrohr sinken sollte!

2 Eine dritte von Reiche sehr empfohlene Einmauerung zeigt Fig. 47. Die Gase werden zunächst in den Flammrohren von vorn nach hinten geführt, kommen im Kanal II zurück und ziehen im Kanal III nach dem Fuchse.

Fig. 47.



Reiche will nämlich bei Flammrohrkesseln der erstgeschilderten Art (Tafel 7) eine sehr starke Abnützung constatirt haben, davon herrührend, daß die Heizfläche des Kanales II stärker erhitzt wird als die des Kanales III und hierdurch das Bestreben erhält, sich mehr auszudehnen als diese. Deshalb soll, da die stärker erhitzten Zonen einander gegenüberliegen, der Kessel sich derart verwerfen, daß er eine leicht wellenförmige Gestalt annimmt, in Folge dessen bei abwechselndem Erwärmen und Erkalten die Bleche bald gebogen, bald gestreckt werden, mithin eine Beanspruchung erleiden, die gerade für Eisen eine höchst ungünstige genannt werden muß. Bei der Erwärmung des Kessels, Fig. 47, findet zwar auch eine ungleiche Ausdehnung statt, doch ist dieselbe deshalb von weniger schädlichem Einflusse, da nur eine stärker erhitzte Zone, nicht aber zwei einander gegenüberliegende vorhanden sind, weshalb der Kessel sich sanfter krümmen wird. Wie dem nun sein möge, von welchen Ursachen immerhin die von Reiche beobachtete schnelle Abnützung der erstvorgeführten Kessel herrühren mag, uns genügt hier der von Reiche, welcher als erster Ingenieur des sächsisch-anhaltischen Vereins zur Prüfung und Ueberwachung der Dampfkessel jedenfalls Gelegenheit hatte, sich über die Abnützung der Dampfgeneratoren zu orientiren, gethane Ausspruch, daß er nie dergestalt eingemauerte Kessel gefunden habe, welche er nach 10 Jahren ununterbrochenen Betriebes auch nur annähernd für explosionsicher und betriebsfähig erklären konnte.

Zu der Anordnung, Fig. 47, ist noch zu bemerken, daß der die Züge I und II verbindende Zwischenkanal ent-

sprechend weit anzulegen ist, damit die beiden Flammrohre gleich stark ziehen. Es ist nämlich der Weg von der Feuerstätte durch das über II gelegene Flammrohr nach dem Kanal II etwas kürzer als das andere. Doch ist die Differenz der Wege zu unbedeutend, als daß nachtheilige Folgen zu befürchten sind.

Bei Dimensionirung der Flammrohrkessel ist vor Allem darauf zu achten, daß ein bequemes Ausklopfen des Kesselsteins erfolgen kann.

Nach Reiche empfehlen sich für Zwei-Flammrohrkessel folgende Abmessungen:

1) Minimalabstand der Flammrohrmäntel von einander 26<sup>cm</sup>.

2) Minimalabstand  $b$  des Flammrohrmantels vom Kesselmantel

$$b \begin{matrix} = \\ > \end{matrix} 14 \text{ cm}$$

3) Durchmesser  $d$  des Flammrohres:

$$d = \frac{D}{3}$$

wo  $D$  = Durchmesser des Kessels.

4) Verhältniß der Heizfläche zur Summe der Flammrohrquerschnitte = 80.

5) Länge  $L$  des Kessels:

$$L = 3,8 D$$

Maximallänge:

$$L = 11 \text{ m}$$

6) Maximalkesseldurchmesser = 2,89<sup>m</sup>.

Ganz Analoges läßt sich auch über die Einmauerung der Einflammrohrkessel sagen. Auch hier wird man in der Weise verfahren können, die Heizgase zuerst durch das Flammrohr zu führen (Fig. 48), dann zu beiden Seiten des Kessels zurückkehren und am Boden des Kessels entlang ziehen zu lassen. Oder aber man legt den ersten Zug unter den Kessel und führt die Gase dann erst durch das Flammrohr und zuletzt an den Seitenwänden vorüber. Schließlich könnte man eine der Fig. 47 ähnliche Anordnung treffen. Die am häufigsten anzutreffende ist allerdings die in Fig. 48 dargestellte.

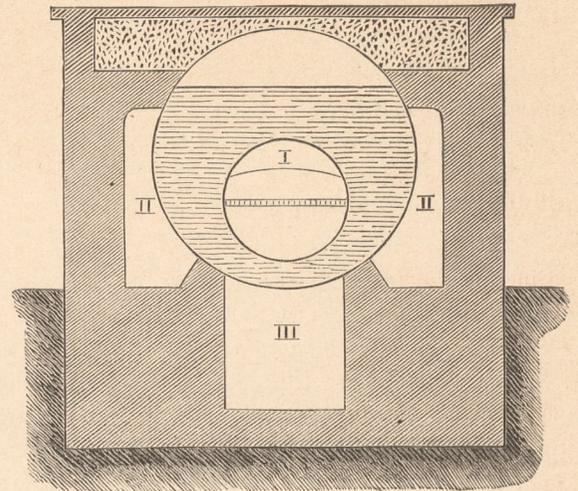
Zweckmäßige Dimensionen sind nach v. Reiche folgende:

1) Minimalabstand  $b$  des Flammrohrmantels vom Kesselmantel

$$13 \text{ cm} \begin{matrix} = \\ < \end{matrix} b \begin{matrix} = \\ < \end{matrix} 15 \text{ cm}$$

und zwar mache man  $b$  lieber größer als kleiner.

Fig. 48



2) Durchmesser  $d$  des Flammrohres

$$d \begin{matrix} = \\ > \end{matrix} \frac{D}{2} - 5 \text{ cm}$$

wo  $D$  den Durchmesser des Kessels bedeutet.

3) Verhältniß der Heizfläche zum Flammrohrquerschnitt = 80.

4) Länge des Kessels:

$$L = 5 D$$

Maximallänge 11<sup>m</sup>.

5) Größtzulässiger Kesseldurchmesser 2,2<sup>m</sup>.

Ferner empfiehlt v. Reiche zwischen  $D = 1,4 \text{ m}$  und  $1,77 \text{ m}$  dem Einflammrohrkessel, und zwischen  $D = 1,77 \text{ m}$  und  $2,89 \text{ m}$  dem Zweiflammrohrkessel den Vorzug zu geben, vorausgesetzt, daß man sich überhaupt für dieses System entschieden hat.

Vergleichen wir die Flammrohr- mit den Walzenkesseln, so finden wir, daß sie ihres kleinen Wasserraumes und mühelos groß zu erhaltenden Dampftraumes wegen sich sehr gut für einen nicht stetigen Betrieb, der beispielweise nur den Tag über (6—8 Stunden) währt, eignen, und daß sie außerdem ein schnelles Anheizen gestatten.

Für den kontinuierlichen Betrieb hingegen sind sie zu verwerfen, ebenso für einen variablen, der also einmal wenig, einmal aber sehr viel Dampf fordert. Weiter werden sie sich nicht empfehlen, wenn der Betrieb noch kürzere Zeit währt und noch häufigere Unterbrechungen erfährt, als oben angegeben worden.

Hinzugefügt werde noch, daß das Princip des Flammrohrkessels sich mit dem des Gegenstromapparates und des Reiche'schen Kessels combiniren läßt und man hierdurch im Stande ist, einen in vielen Fällen durch die Art des Betriebes bedingten Mittelweg einzuschlagen.

§. 21.

Der Galloway-Kessel.

Der Galloway-Kessel ist eine Modifikation des Flammrohrkessels, welche im wesentlichen darin besteht, daß durch das Flammrohr trichterförmige Röhren (auch Pfeifen oder Galloway-tubes genannt) reichen, welche die Vergrößerung der Heizfläche und eine lebhaftere Circulation des Kesselwassers bezwecken. Ferner gab Galloway seinen Flammrohren einen elliptischen Querschnitt. Den ersten Zug leitete er durch die Feuerrohre, den zweiten an den beiden Seiten entlang und den dritten unter dem Boden des Kessels hin. (Fig. 49.)

Die Röhren ordnete er in den verschiedenen Querschnitten des Feuerrohres gegen einander versetzt an, um die

Fig. 49.

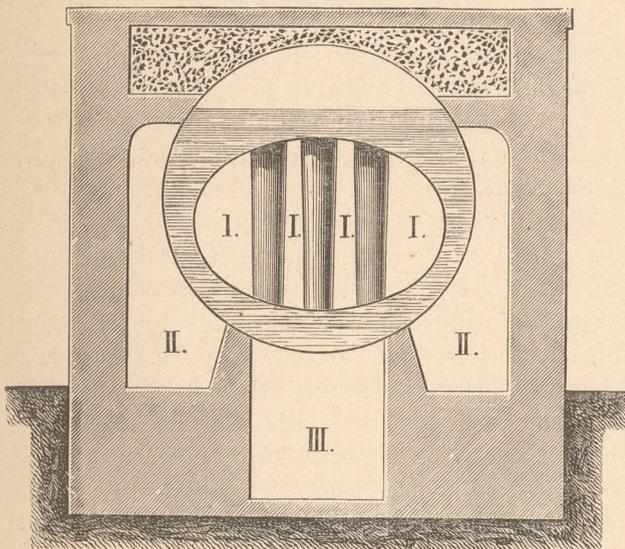
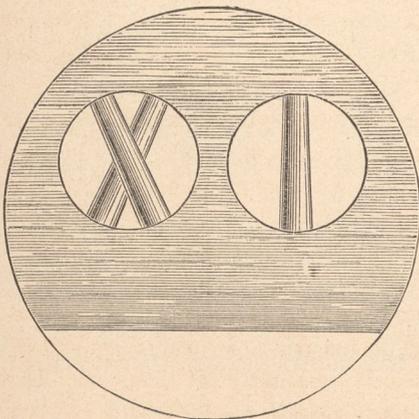


Fig. 50.



Heizgase zu zwingen, immer neue Gastheilchen mit den Pfeifen in Berührung zu bringen.

Neuerdings hat man die Galloway-Röhren auch bei Flammrohrkesseln gewöhnlicher Construction angewendet und zwar in der durch die Skizzen, Fig. 50, angedeuteten Weise.

Einen derartig construirten Kessel zeigt Tafel 9. Derselbe gehört einer aus 9 Dampfkesseln bestehenden Anlage an, deren Disposition auf Tafel 10 abgebildet ist\*). Die Kessel dienen zum Betriebe von 4 Pumpen à 105 effectiven Pferdekraften und haben bei 8,6 m Länge einen Durchmesser von 1,8 m, ferner einen Flammrohrdiameter = 0,61 m. Dabei bieten sie eine Heizfläche von 630 m<sup>2</sup>.

Die Feuerung, deren Koft 1,5 m lang ist, liegt in dem Flammrohre selbst; die Verbrennungsprodukte durchstreichen zuerst die Flammrohre, kehren an den Seiten des Kessels zurück und werden am Boden entlang in den, sämtlichen 9 Kesseln gemeinsamen Fuchs F (Tafel 10, Fig. 6) geführt, von dem in der Mitte ein zweiter Fuchs H ausgeht, welcher die Verbindung mit dem 23 m vom Kesselhause entfernten Schornstein vermittelt. Dieser ist 51 m hoch und weiter bestimmt, die Heizgase einer zweiten derartigen Anlage aufzunehmen, weshalb er am untersten Ende durch eine vertikale Zunge in 2 Theile geschieden ist. Er besitzt Achteckquerschnitt, so zwar, daß der Radius des inbeschriebenen Kreises constant und = 1,3 m ist.

Die Kessel, welche von der Hannoverschen Maschinenbau-Aktiengesellschaft, vormals Eggestorff in Linden bei Hannover ausgeführt und im Jahre 1876 aufgestellt wurden, sollen Dampf von 4 1/2 Atmosphären Ueberdruck erzeugen und erhielten folgende Blechstärken:

Außenkessel (Mantel) . . . . .	11,5mm.
Böden . . . . .	17,0mm.
Flammrohre . . . . .	10,0mm.

Die Abmessungen der Einmauerung sind auf Tafel 9 angegeben. Einen Schnitt durch das Kesselhaus zeigt Fig. 1, Tafel 10.

§. 22.

Die Feuerröhrenkessel.

Wie bereits bemerkt worden, hat man anstatt ein oder zwei Flammrohre anzuordnen, die Verbrennungsprodukte durch eine große Anzahl enger Röhren streichen lassen, welche letztere einerseits den Strom der Heizgase zu einer sehr zweckmäßigen Theilung nöthigen und Veranlassung geben, daß sehr viele Gastheilchen mit der Heizfläche in unmittelbaren Contact kommen und andererseits schon deshalb eine Heizfläche von sehr guter Qualität liefern, als die Wanddicken der engen Röhren eine bedeutend geringere, die Transmissionsfähigkeit dieser also eine größere wird. — Die Röhren wer-

\*) Vergl. Anmerkung auf Seite 46.

den aus Messing, Schmiedeeisen oder Bessmer=Stahl hergestellt und erhalten bei 2—3 mm Blechstärke durchschnittlich einen Durchmesser von 45—75 cm.

Die so konstruirten Kessel heißen Feuerrohrenkessel oder auch wohl kurz Röhrenkessel. Sie gestatten es in ungemein hohem Grade, eine große Heizfläche auf engem Raume zu arrangiren und werden in der Regel dort bevorzugt, wo der Raum knapp zugemessen ist, oder wo der Kessel aus irgend welchen Gründen ein möglichst geringes Gewicht haben soll. Es haben sich deßhalb die Röhrenkessel namentlich im Lokomotivbau ein großes Feld praktischer Anwendung errungen.

In der Neuzeit hat man auch für den stationären Betrieb vielfach und mit Vorliebe den Röhrenkessel gebaut, trotzdem ihm eine nicht zu unterschätzende üble Eigenschaft anhaftet. Es ist nämlich fast unmöglich, die Feuerrohren frei von Kesselstein zu halten und erscheint es dringend geboten, wenn nicht gerade Mangel an Raum dazu drängt,

stets von der Construction der Röhrenkessel Abstand zu nehmen, sobald nicht ein Wasser zur Disposition steht, das annähernd frei ist von Kesselstein bildenden Ingredienzien und von welchem man bestimmt weiß, daß es nur sehr wenig Schlamm absetzt.

Ferner wird man gut thun, selbst unter Voraussetzung eines für gut befundenen Speisewassers — gewissermaßen den Zweiflamrohrkessel nachbildend — die Röhren zu zwei Gruppen zu vereinigen, zwischen denen ein Mann bequem hindurch kriechen kann, um den Kesselstein von den Röhren zu klopfen.

Eine derartige Kessel enthaltende Anlage ist die auf den Tafeln 11 bis 15 dargestellte. Sie gehört ebenfalls zu den Erweiterungsbauten der Berliner Wasserwerke (Station Tegel) und enthält 6 Röhrenkessel der letztbesprochenen Art.

Die Feuerung ist eine untergelegte und enthält zwei nebeneinander liegende und mit Ausnahme einer vor der Feuerbrücke ausgesparten Oeffnung durch eine Zunge getrennte Koste. Die totale Kostfläche besitzt eine Länge von 1,85 m, eine Breite von 1,375 m. Die Verbrennungsgase passiren das Kanalsystem in der Richtung der eingezeichneten Pfeile, so daß sie zuerst den Kesselboden beseuern, dann durch die Feuerrohren sich drängen und an den Seitentwänden des Kessels entlang nach hinten geführt werden, um nach Umspülen des Ueberhitzers E, der den Zweck hat, das in dem Dampfe noch enthaltene Wasser nachträglich zu verdampfen, in den Fuchs F geführt zu werden.

Der Dampf tritt bei A aus dem Dome, wird bei B in den Ueberhitzer geleitet, welcher aus einem System horizontal liegender Röhren besteht, und verläßt diesen bei C. Gespeist wird der Kessel durch den Stutzen D und zwar aus dem Leitungsröhre R.

Jeder Kessel hat 103 □m Heizfläche, und zwar kommen hiervon auf

den Hauptkessel (Mantel) . . . . .	15,335 □m.
die Feuerrohren . . . . .	85,761 „
die Böden . . . . .	1,904 „

Die Kessel sind bestimmt, Dampf von 4,5 Atmosphären Ueberdruck zu erzeugen und erhalten folgende Wandstärken:

Hauptkessel . . . . .	9 mm.
Feuerrohren . . . . .	3 mm.
Dom . . . . .	10 mm resp. 13 mm.
Böden . . . . .	16 mm.

Der Durchmesser des Kessels beträgt 1,75 m, die Länge 5,0 m. Die Weite der Feuerrohren ist 7 cm, ihre Anzahl = 30.

§. 23. \*)

#### Die Wasserröhrenkessel.

Um eine möglichst große Heizfläche für einen Dampfkessel in einem gegebenen Raume zu erhalten, kann man statt der im vorigen §. erwähnten Feuerrohrenkessel sogenannte Wasserröhrenkessel anwenden. Die Heizfläche wird bei diesen letzteren im Wesentlichen durch verschiedene angebrachte eiserne Röhren von kleinerem Durchmesser gebildet, welche im Innern mit Wasser angefüllt und außen von den heißen Verbrennungsgasen, deren Bewegungsrichtung meist rechtwinklich zur Längenrichtung der Röhren stattfindet, umgeben sind. Häufig wird dann noch eine lebhafte Circulation des Wassers in diesen Röhren herbeigeführt und zwar entweder in jedem einzelnen Rohre oder in einer Gruppe von Röhren. Die Wasserröhrenkessel bestehen entweder nur aus Röhren von kleinerem Durchmesser oder es sind dieselben in größerer Zahl an einem Kessel von größerem Durchmesser angebracht.

Zu dieser letzteren Gattung gehört der Field'sche Kessel (siehe Fig. 51 und 52). In dem vertikal stehenden cylindrischen Kessel ist ein kleineres Blechrohr zur Aufnahme des Kostes resp. des Brennmaterials angebracht. Der innere Cylinder ist mit dem äußeren durch Stehholzen verbunden.

Von der Decke des Feuerraumes aus nach unten gehen eine größere Zahl unten geschlossener schmiedeeiserner mit Wasser angefüllter Röhren. In jedem dieser Rohre befindet sich ein zweites kleineres (siehe Fig. 52), wodurch eine kräftige Circulation des Wassers in der Weise herbeigeführt wird, daß das Wasser durch die inneren Röhren von oben nach unten und dann in dem ringförmigen Raume zwischen den äußeren und inneren Röhren sich von unten nach oben

\*) Die Bearbeitung des Herrn Ingenieur Müller schließt mit §. 22 ab und ist der Schluß dieses Kapitels (§. 23 — §. 28) von Herrn Professor Georg Meyer verfaßt.

Fig. 51.

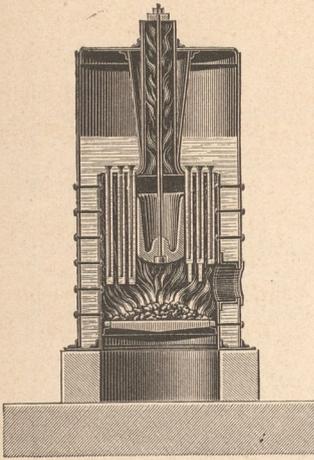
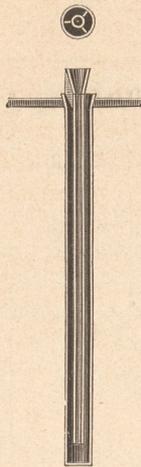


Fig. 52.



bewegt. Damit die heißen Gase nicht direkt durch das Rauchrohr abziehen, ist vor demselben ein Chamottering angebracht.

Die Anbringung der Wasserröhren ist in verschiedener Weise noch ausgeführt worden und sind hier zu erwähnen die Kessel von Davey, Paymann und Comp., Alban, Lachapelle, Meyn u. A.\*)

Eine andere Gattung der Wasserröhrenkessel sind solche, bei denen der Kessel nur aus einer größeren Zahl von eisernen Röhren von kleinerem Durchmesser gebildet wird. Derartige Kessel sind von Belleville, Howard, Root, Sinclair u. A. konstruirt.\*\*)

Fig. 53.

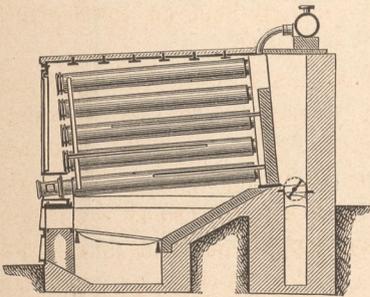
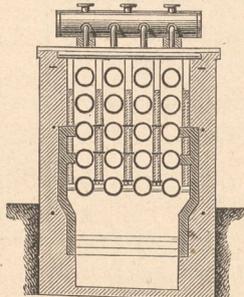


Fig. 54.



In Fig. 53 und 54 ist ein Wasserröhrenkessel von Howard dargestellt. Unter der untersten Rohrreihe befindet

\*) Mühlmann. Allgemeine Maschinenlehre. 2. Aufl. Band I. Scholl. Führer des Maschinisten. 9. Aufl. 1875.

Mabinger. Bericht über die Dampfkessel der Wiener Ausstellung.

Karmarsch u. Heeren. Technisches Wörterbuch. 3. Auflage. Artikel: Dampfkessel.

\*\*) Desgl.

sich der Kofst und die Heizgase ziehen zwischen den Röhren hindurch, wobei sie durch zwischengelegte gußeiserne Platten gezwungen werden, nicht einen geraden, sondern einen zickzackförmigen Weg einzuschlagen. Das Speiserohr ist quer vor der unteren Rohrreihe angebracht und der Wasserstand wird so regulirt, daß mindestens immer die drei untern Rohrreihen mit Wasser gefüllt sind, während beim höchsten Wasserstande die obere Rohrreihe noch frei bleibt; es sind daher immer 1 oder 2 Rohrreihen ohne Wasser und wird der Dampf daher in diesen oberen Rohrreihen getrocknet.

Die Wasserröhrenkessel haben den Vortheil, daß sie bei großer Heizfläche einen geringen Raum beanspruchen und leicht zu transportiren sind; als Nachtheile sind dagegen hervorzuheben: der kleine Dampf- und Wasserraum, sowie die geringe Verdampfungsfläche.

Bezüglich des Glühendwerdens von Kesselwänden, welche nicht mehr mit Wasser bedeckt sind, ist zu bemerken, daß die Gefahr des Glühendwerdens als ausgeschlossen zu betrachten ist, wenn die Heizgase eine vom Wasser bespülte Kesselfläche bestrichen haben, die bei gewöhnlichen Essen etwa 20 mal und bei künstlich gesteigertem Zuge etwa 40 mal so groß ist als die Kofstfläche.

#### §. 24.

#### Schlußbemerkung.

Zu erwähnen sind noch die häufiger wegen Platzmangel angewendeten sogenannten stehenden Kessel, welche man erhält, wenn man einen Walzen- oder Einsammrohrkessel vertikal stellt. Auf Taf. 16 Fig. 1 und 2 ist ein solcher Kessel des Limburger Fabrik- und Hüttenvereines dargestellt. a sind Stahlpuddelöfen, b die zugehörigen Kessel, c die Schornsteine, von denen ein jeder die abziehenden Gase von 2 einander gegenüber liegenden Defen aufnimmt, nachdem dieselben an den Kesseln auf und abwärts gezogen sind. Bezüglich näherer Daten wird auf die unten angegebene Quelle verwiesen.\*)

Bei der Anlage von Kesseln kommt zunächst in Frage, welches System am zweckmäßigsten anzuwenden sei; diese Frage läßt sich allgemein nicht beantworten, sondern man wird eben die näheren Umstände, namentlich den Zweck, den die Kessel-Anlage haben soll, berücksichtigen müssen. So sind z. B. die Anforderungen, welche man an die Kessel-Anlage einer Dampfheberspritze und einer Baumwoll-Spinnerei stellt, ganz wesentlich verschieden.

Um indeß einige allgemeine Anhaltspunkte über die Hauptdimensionen einer Kessel-Anlage zu haben, soll im Nachstehenden eine Tabelle, welche dem v. Reiche'schen Werke

\*) Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure. Band XIII. S. 278.

über Dampfkessel, S. 152, entnommen ist, mitgetheilt werden. Es bezeichnet dabei x das Verhältniß der Heizfläche zur Kofstfläche, y das Verhältniß der Heizfläche zum engsten Schornsteinquerschnitt und z das Verhältniß der Heizfläche zum Kofstfläche zum engsten Schornsteinquerschnitt.

	Westphälische Steinkohle (Kesseltkohle).				Beste Anhalter Braunkohle.			
Auf 1 □m. Kofstfläche werden pro Stunde verbrannt Kilogramm =	40	60	80	100	100	200	300	450
1) Stark geschonter Kessel. 1 □m. Heizfläche producirt 10 Kg. Dampf pro Stunde. y = ca. 220.	1 □m. Heizfläche konsumirt 1,11 Kg. Kohlen pro Stunde. 1 Kg. Kohle producirt 9 Kg. Dampf.				1 □m. Heizfläche konsumirt 3,55 Kg. Kohlen pro Stunde. 1 Kg. Kohle producirt 3,55 Kg. Dampf.			
x =	36	54	—	—	33,55	—	—	—
z =	6	5	—	—	7	—	—	—
2) Mäßig geschonter Kessel. 1 □m. Heizfläche producirt 16,66 Kg. Dampf pro Stunde. y = ca. 180.	1 □m. Heizfläche konsumirt 1,85 Kg. Kohlen pro Stunde. 1 Kg. Kohle producirt 8 Kg. Dampf.				1 □m. Heizfläche konsumirt 5,55 Kg. Kohlen pro Stunde. 1 Kg. Kohle producirt 3 Kg. Dampf.			
x =	—	28,8	38,8	48	18	36	—	—
z =	—	5	4	4	7	6	—	—
3) Mäßig angestrongter Kessel. 1 □m. Heizfläche producirt 23,53 Kg. Dampf pro Stunde. y = ca. 140.	1 □m. Heizfläche konsumirt 3,53 Kg. Kohlen pro Stunde. 1 Kg. Kohle producirt 7 Kg. Dampf.				1 □m. Heizfläche konsumirt 8,75 Kg. Kohlen pro Stunde. 1 Kg. Kohle producirt 2,66 Kg. Dampf.			
x =	—	—	24	30	11,4	22,8	34,28	—
z =	—	—	4	4	7	6	5	—
4) Stark angestrongter Kessel. 1 □m. Heizfläche producirt 30 Kg. Dampf pro Stunde. y = ca. 100.	1 □m. Heizfläche konsumirt 5 Kg. Kohlen pro Stunde. 1 Kg. Kohle producirt 6 Kg. Dampf.				1 □m. Heizfläche konsumirt 12,55 Kg. Kohlen pro Stunde. 1 Kg. Kohle producirt 2,53 Kg. Dampf.			
x =	—	—	—	20	—	15,5	23,5	35
z =	—	—	—	4	—	6	5	4
5) Möglichst stark angestrongter Kessel. (Nach Versuchen von d'Arceet.) 1 □m. Heizfläche producirt 65 bis 70 Kg. Dampf pro Stunde.	1 □m. Heizfläche konsumirt 65 bis 70 Kg. Kohlen pro Stunde. 1 Kg. Kohle producirt 1 Kg. Dampf.							

§. 25.

Kessel-Garnitur.

Man unterscheidet grobe und feine Kesselgarnitur (Kesselarmatur, Kesselausrüstung). Zur ersteren rechnet man

den Kofst sammt Zubehör, Rauchschieber, Anker, Ankerplatten u. s. w.; zur letzteren zählt man dagegen alle diejenigen Theile, welche zur regelmäßigen Bedienung des Kessels oder als Sicherheits-Apparate gegen Explosionen nothwendig sind. Diese letzteren, zur feinen Garnitur gehörenden Apparate

kann man in 2 Gruppen eintheilen: a) solche zur Bedienung resp. Sicherung des Kessels in Bezug auf das Kesselwasser; b) solche zur Bedienung resp. Sicherung des Kessels in Bezug auf den Kesseldampf.

Zu der ersteren Gruppe gehören: 1) Speisevorrichtung; 2) Apparate zur Erkennung des Wasserstandes; 3) Abblasevorrichtung zum Entleeren des Kessels; 4) Luftventile; 5) Mannlöcher.

Zur zweiten Gruppe sind zu rechnen: 1) Apparate zur Kontrollirung des Dampfdruckes; 2) Vorrichtungen zur Sicherung gegen die Folgen zu hohen Dampfdruckes; 3) Apparate zur Entnahme des Dampfes aus dem Kessel.

## §. 26.

### a. 1) Speisung des Kessels mit Wasser.

Um das verdampfte Wasser im Kessel wieder zu ersetzen, müssen besondere Vorrichtungen vorhanden sein. Als Mittel zum Fortschaffen des Wassers in den Kessel dienen Pumpen und zwar werden jetzt meist Dampfstrahlpumpen hierzu verwendet. Man wärmt häufig das Speisewasser vor und ist hier Green's Fuel Economiser (Brennstoffsparer) zu erwähnen.\*) Dieser Apparat besteht aus einer größeren Zahl von Röhren, in denen das Speisewasser von den Heizgasen vor ihrem Eintritt in den Schornstein erwärmt wird. Es wird eine ganz erhebliche Brennmaterial-Ersparniß durch diese Vorwärmer erzielt.

Jedes Wasser, was aus der Erde quillt, enthält eine größere oder kleinere Menge aufgelöster Salze oder erdiger Beimischungen, welche im Allgemeinen der Beschaffenheit des in der Nähe befindlichen Bodens entsprechen. Beim Verdampfen im Kessel setzen sich diese fremden Bestandtheile entweder als loser Rückstand (Schlamm) oder als fester Rückstand (Kesselstein) an den Kesselwänden ab. Die Bildung von Schlamm und Kesselstein ist aber in mehrfacher Beziehung nachtheilig und ist es daher wünschenswerth, möglichst reines Wasser zum Speisen des Kessels zu verwenden. Ist dies nicht angängig und ist die Bildung von Schlamm und Kesselstein sehr erheblich, so müssen Mittel zur Reinigung des Wassers angewendet werden. Am zweckmäßigsten ist die Reinigung des Wassers vor Einbringung in den Kessel. Es ist gut, das Wasser dann chemisch untersuchen zu lassen und hiernach die anzuwendenden Gegenmittel zu bestimmen. Die fast ausschließlich den Kesselstein bildenden Substanzen sind: schwefelsaurer und doppelt kohlenaurer Kalk. Zum Ausschleiden dieser Substanzen wird Chlorbaryum und Soda verwendet. Hierauf gründet sich das de Haën'sche Verfahren\*\*) zum Reinigen des Wassers. Ein anderes Reini-

gungs-Verfahren ist das von Berenger und Stingl in Wien.

Die Einmündung des von der Pumpe kommenden Druckrohres am Kessel geschieht zweckmäßig an der vom Feuer entferntesten Stelle, weil das eintretende mehr oder weniger kalte Wasser ungünstig auf die in der Nähe des Feuers befindlichen heißen Kesselwände wirken würde. Bei dem Anschluß des Speiserohres an den Kessel ist ein sogenanntes Speiseventil anzubringen, welches dem Wasser den Eintritt in den Kessel gestattet, den Austritt aber nicht zuläßt. Zweckmäßig wird zwischen Kessel und Speiseventil noch ein zweites Ventil (Absperr-Ventil) angebracht, welches bei Reparaturen des Speiseventils geschlossen wird.

### a. 2) Apparate zur Erkennung des Wasserstandes.

Eine der wichtigsten Funktionen des Kesselwärters ist die Beobachtung resp. die Erhaltung des normalen Wasserstandes. Bei der Revision eines im Betriebe befindlichen oder eines anzuzehenden Kessels muß vor Allem der Wasserstand revidirt, d. h. der erste Gang des Wärters bei der Revision muß nach dem Wasserstande sein. Der Wasserstand kann bei jedem Kessel innerhalb gewisser Grenzen, einer oberen und einer unteren, variiren. Wenn die obere Grenze überschritten wird, d. h. wenn das Wasser über den höchsten zulässigen Stand im Kessel hinausgeht, so wird der Dampf viel Wasser mit fortführen und dadurch eine Brennmaterial-Verschwendung hervorbringen. Tritt andererseits der Wasserstand unter die untere Grenze, so können die vom Feuer berührten Flächen vom Wasser entblößt werden und die Gefahr einer Explosion kann dadurch näher treten. Gesetzlich ist vorgeschrieben, daß die vom Feuer berührten Flächen beim niedrigsten Wasserstande noch mit einer 100 mm hohen Wasserfschicht bedeckt sind, so daß also hierdurch die untere Grenze für den Wasserstand festgesetzt ist. Derselbe muß an der Kesselwand oder am Kesselmauerwerk durch eine augenfällige Marke bezeichnet sein. Unter sonst gleichen Umständen ist ein hoher Wasserstand resp. ein großer Wasser-raum deshalb von Vortheil, weil auch bei veränderlicher Dampfantnahme eine möglichst konstante Dampfspannung erhalten werden kann.

Die zur Erkennung des Wasserstandes bei Dampfkesseln angewendeten Apparate sind:

- 1) Probirhähne, resp. Probirventile;
- 2) Wasserstandsglas-Apparate;
- 3) Schwimmer;
- 4) Lärmpfeifen.

#### 1) Probirhähne oder Probir-Ventile.

Die einfachste Vorrichtung zur Erkennung des Wasserstandes an Dampfkesseln erhält man dadurch, daß man Hähne oder Ventile an der Kesselwand anbringt, welche beim

\*) Scholl. Führer des Maschinisten. 9. Aufl. 1875. S. 143.

\*\*) Polytechnisches Centralblatt. 1873. S. 902.

Öffnen durch den ausströmenden Strahl anzeigen, ob die Mündung des Verbindungsrohres im Dampfraume oder im Wasserraume liegt. Man muß immer mindestens 2 Hähne oder Ventile anbringen und zwar so, daß der eine Hahn an der Stelle des zulässigen höchsten und der andere an der Stelle des zulässigen niedrigsten Wasserstandes sich befindet. Hierbei ist nun zu bemerken, daß durch die Probirhähne, die Lage des Wasserstandes selbst nicht zu erkennen ist, sondern nur, ob derselbe sich oberhalb oder unterhalb des betreffenden Probirhahnes befindet.

Die Probirhähne müssen so eingerichtet sein, daß man behufs Entfernung von Kesselstein in gerader Richtung durchstoßen kann.

## 2) Apparate mit Wasserstandsglas.

Ein solcher Apparat ist in seiner einfachsten Gestalt eine Glasröhre, welche am oberen und am unteren Ende in 2 Messinghüllen dampfdicht hineintritt; von diesen letzteren ist die obere durch ein kleines, mit einem Hahne versehenes Rohrstück mit dem Dampfraume und die untere in gleicher Weise mit dem Wasserraume verbunden, so daß das Wasser im Glase in derselben Höhe sich zeigt wie im Kessel, wenn die beiden Hähne geöffnet sind. An der unteren Hülse ist dann noch ein dritter Hahn angebracht, durch welchen das in der Glasröhre befindliche Wasser abgelassen werden kann.

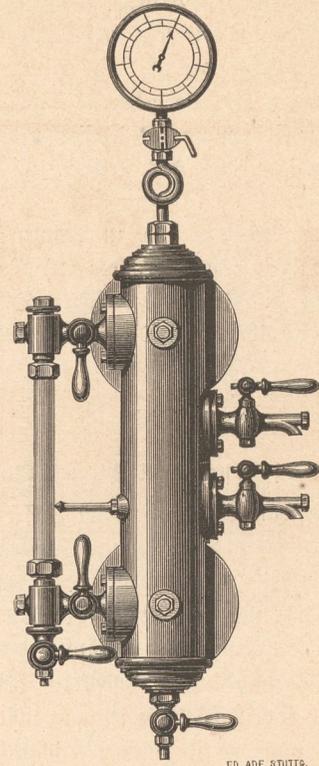
Zweckmäßiger ist es, den vorstehend beschriebenen einfachen Apparat nicht direkt am Kessel, sondern auf einem besonderen Gußeisen-Körper anzubringen (siehe nebenstehende Fig. 55), welcher an die Kesselwand angeschraubt wird; rechts von dem Gußeisencylinder sind 2 Probirhähne angebracht, von denen der untere dem niedrigsten zulässigen Wasserstande entspricht; an der linken Seite des Gußkörpers ist das Wasserstandsglas angebracht und ist der niedrigste Wasserstand durch einen Zeiger markirt.

Außerdem sind noch 2 Hähne zum Absperren des Wasserstandsglases angebracht; ferner noch je ein Hahn am unteren Ende des Wasserstandsglases und des Gußkörpers. Auf dem oberen Theile des Wasserstandes ist in zweckmäßiger Weise das Manometer angebracht.

Vortheilhaft sind Apparate mit 2 Glasröhren, so daß man, wenn ein Glas gesprungen ist, das zweite zum Beobachten des Wasserstandes benutzen kann. Da das Springen der Glasröhren, namentlich bei eintretender Abkühlung durch Luftzug, nicht selten vorkommt, so hat man einen Schutz hiergegen durch eine zweite Glasröhre von größerem Durchmesser oder durch eine entsprechend geschlitzte Messingröhre hervorgebracht.

Gut ist es, die Verbindungsrohren, welche nach dem Kessel führen, so einzurichten, daß dieselben leicht zu reinigen sind.

Fig. 55.



Auch ist darauf zu achten, daß das Verbindungsrohr nach dem Wasserraume nicht durch einen Heizkanal oder gewärmtes Mauerwerk geht, ferner muß dasselbe horizontal oder etwas fallend, aber nicht steigend zum Kessel geführt werden.

## 3) Schwimmer und Lärmpfeifen.

Die ältesten Apparate zum Erkennen des Wasserstandes sind die Schwimmer. Dieselben werden entweder als hohle Körper von dünnem Blech oder massiv hergestellt. Im letzteren Falle wird das Gewicht des Schwimmers durch ein Gegengewicht ausbalancirt. Um nun den Stand des Wassers im Kessel erkennen zu können, muß der Schwimmer mit einem außerhalb des Kessels befindlichen Zeiger verbunden sein. Diese Verbindung geschieht nun auf mechanischem Wege oder durch einen Magnet. Wenn man auf die erstere Weise den Schwimmer durch eine Zugstange mit dem Zeiger verbindet, so muß die Zugstange durch eine Stopfbüchse geführt werden, was, da Stopfbüchsen stets Reibung verursachen, als ein Uebelstand zu bezeichnen ist, der bei Anwendung eines Magnetes nicht vorhanden. Gegenüber den Wasserstandsglas-Apparaten haben die Schwimmer der ersteren Art den Nachtheil der Stopfbüchse, wobei sie sich festklemmen und falsch zeigen können. Dagegen ist der Zeiger des Schwimmers weiter sichtbar, als der Stand des Wassers in der Glasröhre.

Ein Schwimmer der gebräuchlichsten Art ist in neben-

Fig. 56.

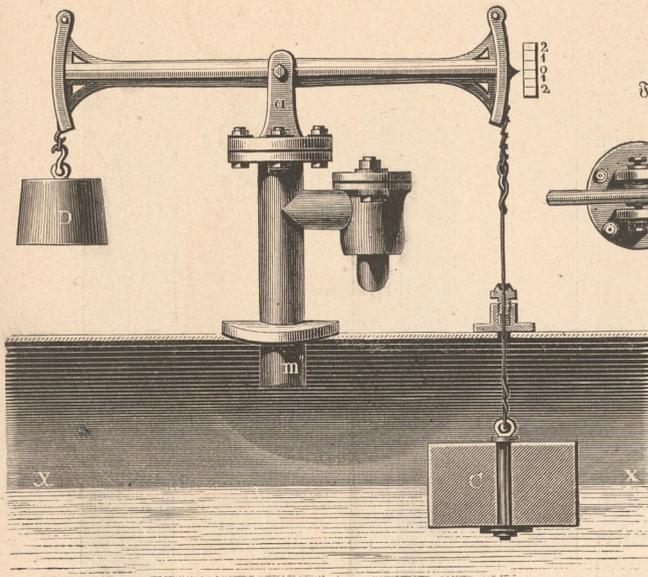


Fig. 57.

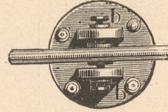
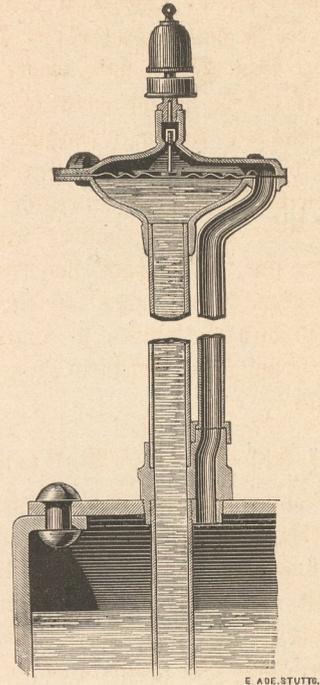


Fig. 58.



stehender Fig. 56 und 57 dargestellt. Der Apparat ist hierbei auf dem Speiserohre angebracht und ist die Wirkungsweise leicht aus der Zeichnung ersichtlich.

Häufig verbindet man diese Schwimmer mit einer Dampfpeife in der Weise, daß bei einem bestimmten (nicht normalen) Wasserstande die Dampfpeife zu ertönen anfängt. Ein derartiger Apparat (siehe obenstehende Fig. 58) enthält in dem oberen Theile eine dünne gewellte Federplatte.

Bei normalem Wasserstande ist unterhalb der Platte Wasser und oberhalb Dampf. Sinkt der Wasserstand um ein Gewisses, so läuft das Wasser unter der Platte aus dem Rohre fort und die Federplatte geht nach oben; hierdurch wird ein Ventil geöffnet und die Dampfpeife zum Tönen gebracht. Zu erwähnen sind noch die schmelzbaren Pfropfen, welche an bestimmten Stellen in der Heizfläche angebracht werden und dann schmelzen, wenn diese Stellen vom Wasser entblößt werden, sowie der Blak'sche Speiserufer.

**a. 3) Abblase-Vorrichtung.**

Das Wasser muß aus dem Kessel ganz, zum Zwecke der Kesselreinigung, oder theilweise, zum Zweck des Fortschaffens von schlammigen Bestandtheilen, abgelassen werden können. Das Ablassen des Wassers aus dem Kessel geschieht gewöhnlich bei einer noch vorhandenen geringen Spannung des Dampfes, daher wird diese Manipulation auch wohl Abblasen genannt.

Zu diesem Zwecke muß an der tiefsten Stelle des Kessels ein Rohr angebracht sein, welches mit einer Absper-

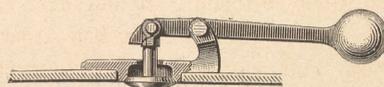
Vorrichtung versehen ist. Man wendet zweckmäßig einen Hahn an, weil bei einem Ventile sich leicht Schlammtheile zwischen Sitz und Ventil festsetzen und so Undichtigkeiten herbeiführen können. Zweckmäßig ist es, Speiserohr und Abblaserohr vor dem Eintritte in den Kessel zu vereinigen, weil der Austritt des Schlammes und Kesselsteines dann an der Stelle erfolgt, wo sich erfahrungsmäßig am meisten bildet, d. h. beim Eintritte des Speisewassers in den Kessel.

**a. 4) Luftventil.**

Dasselbe hat den Zweck beim Erkalten des Kessels und später eintretender Kondensation des Dampfes im Innern des Kessels Luft in den Letzteren eintreten zu lassen und so den Kessel von dem äußeren Luftdrucke zu entlasten. Gewöhnlich giebt man nur den Kesseln mit niederem Drucke und zwar solchen mit flachen Wänden Luftventile.

Wenn Luftventile nicht da sind, müssen die etwa vorhandenen Quecksilber-Manometer vom Kessel abgesperrt werden, weil sonst beim Erkalten des Kessels und Kondensiren des Dampfes das Quecksilber in den Kessel treten kann.

Fig. 59.



Zu vorstehender Fig. 59 ist ein Luftventil dargestellt.

## a. 5) Mannlöcher.

Zum Zwecke der Reinigung resp. des Ausklopfens des Kesselsteins muß jeder Kessel mit einer entsprechend großen, verschließbaren Oeffnung zum Hineinsteigen versehen sein. Die meist ovale Oeffnung hat etwa 0,34m Breite und 0,45 bis 0,57m Länge. Reinigungsluken oder Schlammlöcher sind kleine Oeffnungen zum Herausnehmen des Schlammes u. s. w. und werden fast nur bei Lokomotiv- und Schiffskesseln angebracht.

## §. 27.

## b. 1) Vorrichtungen zum Kontrolliren des Dampfdruckes.

Um die im Kessel herrschende Dampfspannung jeder Zeit erkennen zu können, müssen ebenfalls besondere Vorrichtungen, Manometer genannt, angebracht werden.

Die gebräuchlichsten Arten sind Quecksilber- und Feder-Manometer. Die ersteren kann man eintheilen in Heber-Manometer und Gefäß-Manometer. In nebenstehender Fig. 60 ist ein Heber-Barometer dargestellt. Rechts mündet das Dampfrohr in das kürzere Rohrende ein. Beide Schenkel der eisernen Röhre sind bis zur Einmündung des Dampfrohres mit Quecksilber gefüllt. Tritt nun Dampf ein, so wird das Quecksilber in den langen Schenkel gehoben und damit gleichzeitig ein auf dem Quecksilber befindlicher Schwimmer, welcher durch eine Schnur mittelst einer Rolle einen Zeiger bewegt, so daß dann auf einer entsprechenden Skala der Stand des Quecksilbers in dem langen Schenkel, resp. der Dampfdruck abgelesen werden kann. Oben auf dem längeren Rohrende ist ein besonderes Gefäß angebracht, durch welches ein etwa eintretendes Herausschleudern des Quecksilbers verhindert werden soll.

Bei dem Gefäß-Manometer (siehe nebenstehende Fig. 61 und 62) treten die beiden eisernen Rohrenden in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß und wird der Dampfdruck in ganz ähnlicher Weise angezeigt, wie bei dem vorher beschriebenen Heber-Manometer.

Statt der eisernen Röhren werden auch wohl solche von Glas angewendet, so daß der Stand des Quecksilbers unmittelbar an der Röhre abgelesen werden kann; bei hohen Spannungen sind jedoch lange Glasröhren nicht gut zu verwenden.

Es sind außerdem noch verschiedene andere Konstruktionen von Quecksilber-Manometern weniger häufig angewendet worden, welche anzuführen der Raum hier nicht gestattet.

Von den Feder-Manometern sind 2 Hauptarten zu erwähnen, welche am meisten Verwendung finden: 1) die Plattenfeder-Manometer von Schäffer u. Buddenberg und 2) die Röhrenfeder-Manometer von Bourdon.

Fig. 61.

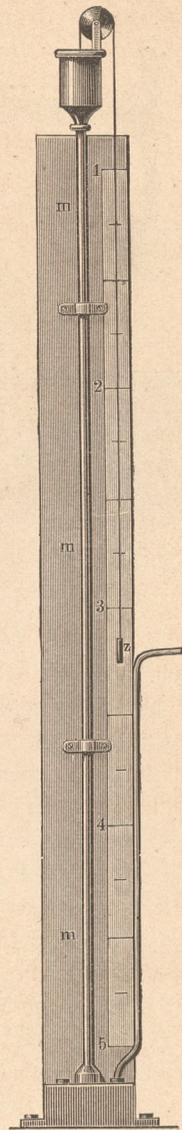


Fig. 60.

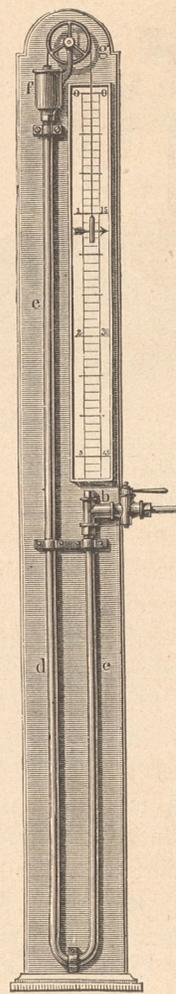
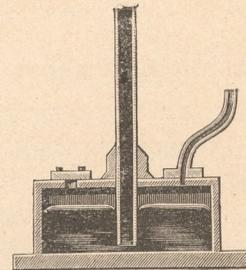


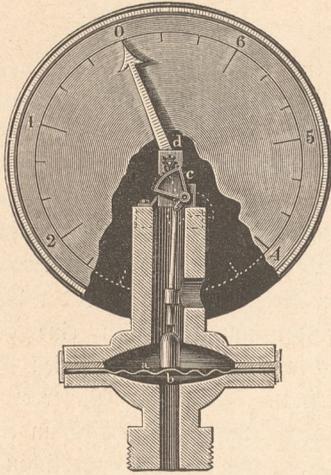
Fig. 62.



Bei den ersteren drückt der Dampf, resp. das Wasser gegen eine gewellte federnde Stahlplatte und durch die mehr oder weniger große Durchbiegung dieser Platte wird ein Zeiger

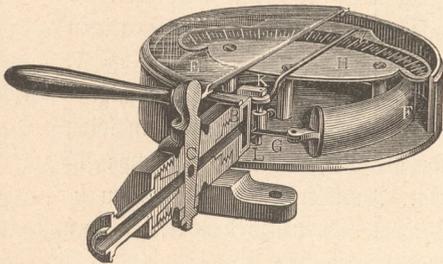
durch geeignete Uebersetzung bewegt, welcher dann die jedesmalige Dampfspannung auf einem Zifferblatte anzeigt. Ein derartiges Manometer ist in untenstehender Fig. 63 dargestellt.

Fig. 63.



Bei den Röhrenfeder-Manometern tritt der Dampf in ein gekrümmtes Rohr von ovalem Querschnitt und bewirkt durch Veränderung der Krümmung eine Verlängerung resp. Verkürzung des Rohres, wodurch dann ein mit dem Rohrende verbundener Zeiger bewegt wird. Ein solches Bourdon'sches Manometer ist aus Fig. 64 ersichtlich.

Fig. 64.



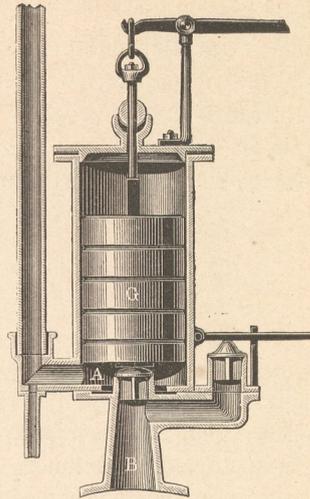
Die in Preußen gesetzlich vorgeschriebenen Control-Manometer sind nach dem Bourdon'schen Systeme konstruirt.

Zu empfehlen ist die Anbringung eines Wasserfadens zwischen Manometer und Kessel, damit nur kaltes und reines Wasser auf die Feder wirkt, weil einerseits Schlamm und Kesselstein ungünstig auf die Federn wirken und andererseits die Temperaturerhöhung der Federn durch heiße Dämpfe den richtigen Gang beeinflusst.

**b. 2) Sicherheitsventile.**

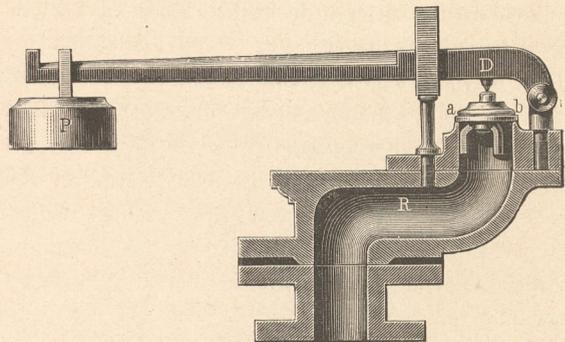
Das Sicherheitsventil hat den Zweck, den Dampf aus dem Kessel fortzulassen, sobald die höchste gesetzliche Dampfspannung überschritten wird. Im Allgemeinen kann man dieselben einteilen in solche mit direkter und in solche mit

Fig. 65.



indirekter Belastung. Bei direkter Belastung (siehe obenstehende Fig. 65) wird der durch den Dampf auf der unteren Seite des Ventiles herbeigebachte Druck durch ein direkt auf das Ventil wirkendes Gewicht ausgeglichen, während bei der indirekten Belastung erst noch eine Hebelübersetzung (siehe untenstehende Fig. 66) angewendet wird.

Fig. 66.



Die Dichtungsflächen sind etwa 2 mm breit zu machen.

Nach den früheren Preußischen Vorschriften soll die freie Ausströmungsöffnung des Sicherheitsventils wenigstens  $\frac{1}{3000}$  der Heizfläche betragen.

Die gewöhnlichen Sicherheitsventile können insofern nicht als ein vollkommen sicheres Mittel gegen Vergrößerung der Dampfspannung angesehen werden, weil beim Ausströmen des Dampfes die Spannung unter dem Ventile sinkt und zwar um so mehr, je größer der Hub des Ventiles ist, so daß erst eine größere Spannung als die normale im Kessel vorhanden sein muß, wenn genügend Dampf ausströmen soll. Um diesem Uebelstande entgegenzuwirken, hat man Ventile konstruirt, bei denen der Dampf, welcher das Heben derselben bewirkt, nicht mit dem ausströmenden Dampfe direkt in Berührung kommt.

## b. 3) Dampfenahme.

Die Dampfenahme aus dem Kessel muß durch einen besondern Apparat, ein Dampfventil, regulirt werden. Man bringt dies Ventil auf derjenigen Stelle im Kessel an, wo man möglichst trocknen Dampf erhält.

Es werden hierbei auch wohl noch besondere Vorrichtungen zum Zurückhalten des mitgerissenen Wassers angebracht.

## §. 28.

## Kessel-Explosionen.

Kessel-Explosionen, d. h. das Bersten der Kessel beim Betriebe, kommen trotz aller angewendeten Mühe, um die Ursachen derselben festzustellen und danach geeignete Gegenmittel anwenden zu können, noch immer vor. Nicht allein, daß bei einer Explosion der Kessel selbst verloren geht, es werden auch in der Nähe befindliche Baulichkeiten geschädigt und häufig gehen Menschenleben dabei zu Grunde. Man hat die Kessel-Explosionen theilweise durch außergewöhnliche Vorgänge, als: 1) das Leidenfrost'sche Phänomen, 2) Bildung von Knallgas, 3) Siedeverzug, 4) Stoßwirkungen u. s. w. zu erklären versucht; es ist aber bis jetzt noch nicht gelungen, eine einzige dieser aufgestellten Theorien zu allgemeinerer Anerkennung zu bringen. Man kann daher bis auf Weiteres nur annehmen, daß jede Kessel-Explosion entweder in ungenügender Widerstandsfähigkeit der Kesselwände für die normale Dampfspannung oder in ungenügender Wartung resp. Bedienung des Kessels ihren Grund hat.

Die nicht genügende Widerstandsfähigkeit des Kessels kann liegen 1) in ungenügender Festigkeit des Materials sowohl beim neuen Kessel als auch später hervorgebracht durch Rosteinwirkung, Hin- und Herbiegen der Bleche bei Ausdehnung durch die Wärme u. s. w.; 2) in mangelhafter Konstruktion des Kessels. Als Mittel hiergegen sind die gesetzlich vorgeschriebenen Druckproben und Revisionen zu erwähnen.

Bei ungenügender Wartung des Kessels kann die Gefahr einer Explosion herbeigeführt werden: 1) durch Wassermangel; die vom Feuer berührten Flächen werden glühend und haben dann keine genügende Festigkeit mehr, um dem Dampfdrucke widerstehen zu können; 2) durch zu große Ansammlung von Kesselstein, wodurch ein Glühendwerden der Kesselwände herbeigeführt werden kann; 3) durch übermäßig hohe Dampfspannung.

## Viertes Kapitel.

## Heizung der Gebäude.

## §. 29.

## Vorbemerkungen.

\* Die Heizung von Wohnräumen hat den Zweck, in denselben einen angemessenen Temperatur-Grad zu erzeugen. Es bedarf dessen, um den Wärmeverlust auszugleichen, welchen der Mensch durch die Ausscheidungen seines Körpers und die Differenz einer ihn umgebenden niedrigeren Temperatur erleidet. Der menschliche Körper hat nämlich eine nahezu konstante Temperatur von 36—38° C., die umgebenden Medien sind aber in der Regel kälter: in Folge dessen findet ununterbrochen eine gewisse Wärmeabgabe durch Strahlung von der freien Oberfläche und durch Leitung statt. Auch die Wasserverdunstung durch Haut und Lungen, welche in 24 Stunden 800—1000 Gramm beträgt, bedingt einen erheblichen Wärmeverlust (Seguin).

Bis zu einem gewissen Grade kann dieser Wärmeverlust durch entsprechende Kleidung und hinreichende Ernährung ausgeglichen werden; sind aber die Differenzen bedeutend, so verlangt der Körper eine künstliche Erwärmung der umgebenden Luftschichten.

Der für gesunde Personen erforderliche Wärmegrad schwankt nun nach Lebensalter, Gewohnheit und Art der Beschäftigung nicht unerheblich (zwischen 10° und 20° C.). Für Krankenzimmer wird im Allgemeinen eine möglichst gleichmäßige Temperatur von 18° C. = 15° Réaumur. als geeignet empfohlen.\*) Auch bei ruhigem Verhalten im Zimmer variiren die Grenzen des individuell Behaglichen, doch dürfte als Normaltemperatur etwa 15—16° C. festzusetzen sein. In Werkstätten, Turnsälen u. dergl. Lokalen, worin Personen sich in fortwährender, ermüdender Bewegung befinden, kann man bis auf 10° C. hinabgehen.

Zur Erwärmung der Zimmerluft wird, wie in §. 3 gezeigt wurde, die Verbrennungswärme verschiedener Brennmaterialien benützt. Ein Theil der von dem glühenden Brennstoff entwickelten Hitze wird hierbei an die Umgebung abgestrahlt. Das Verhältniß zwischen dieser abgestrahlten und der, bei vollkommener Verbrennung entwickelten, Wärmemenge wurde der Strahlungs-Coefficient genannt. Pécelet fand denselben für Holz = 0,25, für Steinkohlen 0,50 und für Coaks 0,55. Am größten ist das Strahlungsvermögen der Brennstoffe, welche ohne Flamme brennen.

\*) Roth und Lex. Handbuch der Militär-Gesundheitspflege. I. Band.