

# Die Dampfkraftmaschinen.

Von Dr. A. Witt, Berlin-Friedenau.

## A. Die Dampfkessel.

Die Dampfkessel haben den für die Dampfkraftmaschinen erforderlichen Dampf zu erzeugen. Es sind allseitig geschlossene Behälter, in denen die in den Brennmaterialien aufgespeicherte Wärme dazu verwendet wird, Wasser in Dampf von höherer als atmosphärischer Spannung umzuwandeln. Die hierzu erforderliche Wärmemenge setzt sich aus drei verschiedenen Teilen zusammen. Soll beispielsweise Dampf von 1 at (Atmosphäre) Spannung, das ist ein Druck, der dem Drucke von 1 kg auf das Quadratcentimeter Fläche gleichkommt, erzeugt werden, so muß das zu verdampfende Wasser von 0° C zunächst in seiner Temperatur auf annähernd 100° C erwärmt werden. Diese Wärmemenge, die *Flüssigkeitswärme* genannt wird, beträgt 99,58 WE, wobei unter 1 WE (Wärmeeinheit) oder Kalorie die Wärmemenge zu verstehen ist, die 1 kg Wasser von 0° C zugeführt werden muß, um seine Temperatur auf 1° C zu erhöhen. Eine weitere Wärmemenge, *innere Verdampfungswärme* genannt, ist nötig, um das Wasser von 100° C in Dampf von 100° C umzuwandeln, d. h. es aus dem flüssigen in den dampfförmigen Zustand überzuführen. Diese Wärmemenge beträgt 497,02 WE. Schließlich ist nicht außer acht zu lassen, daß der Dampf ein größeres Volumen einnimmt als das Wasser, aus dem er hervorgegangen ist. Da sich der Dampf den hierzu erforderlichen Raum erst entgegen dem auf der Wasseroberfläche lastenden Drucke schaffen muß, ist eine dritte Wärmemenge vom 40,13 WE nötig, die *äußere Verdampfungswärme*. Je höher die Spannung des Dampfes ist, desto größer ist die zu seiner Erzeugung erforderliche Wärmemenge, jedoch wächst sie nicht in demselben Verhältnis wie die Dampfspannung, vielmehr nur ganz wenig mit der Spannung, so daß es für den Brennstoffverbrauch nicht sehr ins Gewicht fällt, ob Dampf von hoher oder niedriger Spannung erzeugt werden soll.

Folgende Tabelle nach Zeuner läßt den Dampfverbrauch im Verhältnis zur Spannung erkennen:

Druck in kg für 1 qcm	1	2	3	4	5	10	15	20
Gesamtwärme in WE	636,72	642,97	647,00	650,06	652,55	661,06	666,66	670,96

In der Hauptsache ist es die Flüssigkeitstwärme, die den Mehrbedarf an Wärme hervorruft, denn die innere Verdampfungswärme nimmt sogar ab und die äußere nur unwesentlich zu. Da weiter der hochgespannte Dampf eine viel größere Arbeitsfähigkeit besitzt als der niedriggespannte, ist es von Vorteil, möglichst hohe Dampfspannungen zu wählen, wobei allerdings zu beachten ist, daß mit der Dampfspannung auch die Verluste durch Abkühlung wachsen.

Der im Kessel erzeugte Dampf heißt *gesättigter Dampf*. Seine Spannung hängt lediglich von der Temperatur ab, und er kehrt schon bei der geringsten Temperaturerniedrigung in den flüssigen Zustand zurück. Da er bei seiner Entwicklung meistens Wasser mit sich reißt, führt er auch den Namen *Nasßdampf*. Um vollständig trockenen Dampf zu erzeugen, wird der gesättigte Wasserdampf, nachdem er den Kessel verlassen hat, nochmals beheizt, wodurch *überhitzter* oder

*Heißdampf* entsteht. Mit der Überhitzung, die in neuerer Zeit bis auf  $400^{\circ}\text{C}$  getrieben wird, ist bei gleichbleibender Spannung des Wasserdampfes eine Zunahme der Temperatur und des Volumens des Dampfes verbunden. Dem gesättigten Dampfe gleicher Spannung gegenüber besitzt der Heißdampf eine höhere Temperatur und ein größeres spezifisches Volumen (Rauminhalt von 1 kg Dampf). Der überhitzte Dampf beseitigt im Dampfmaschinenbetrieb, da er ein schlechterer Wärmeleiter als der gesättigte ist, die Kondensation in der Zuführungsleitung sowie die Eintrittskondensation im Zylinder; er kehrt auch nicht schon bei der geringsten Temperaturniedrigung in den flüssigen Zustand zurück, sondern wird zunächst in den gesättigten übergeführt. Außerdem besitzt er eine etwas größere Arbeitsfähigkeit als gesättigter Dampf. Zum Betriebe der Dampfkraftmaschinen findet sowohl gesättigter als auch überhitzter Dampf Verwendung.

Die Hauptteile einer Dampfkesselanlage sind: 1. die Feuerungsanlage, 2. der Dampfkessel, 3. die Dampfkesselarmatur, 4. die Zubehörteile.

## I. Die Feuerungsanlage.

Die Feuerungsanlage muß die Erzeugung einer möglichst großen Wärmemenge aus dem

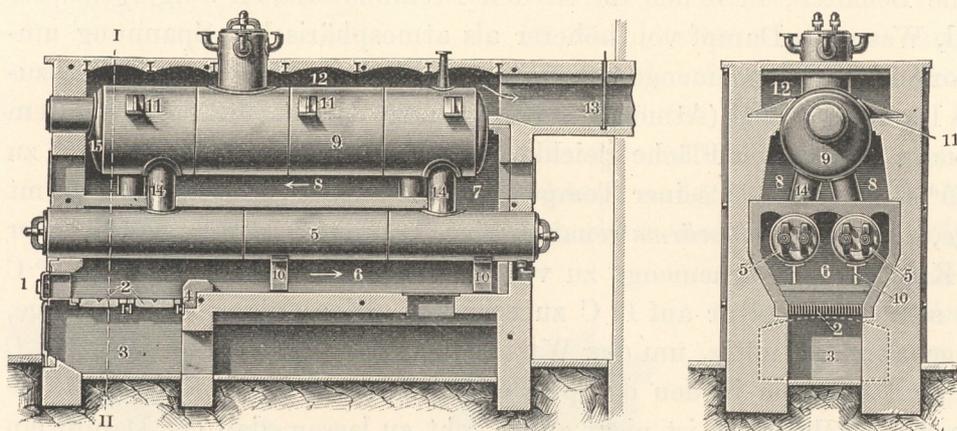


Fig. 74. Mehrfacher Zylinderkessel mit Unterfeuerung.

Querschnitt I II.

Brennmaterial und die möglichst vollkommene Abgabe dieser Wärme an das Wasser im Dampfkessel ermöglichen. Letzteres ist nur durch eine große Heizfläche zu erreichen. Unter der *gesamten* oder *feuerberührten Heizfläche* ist der von den Feuergasen bestrichene Teil der Kesseloberfläche (auf der Feuerseite gemessen) zu verstehen; die Gesamtheizfläche zerfällt in die unmittelbar von der strahlenden Wärme des Feuers getroffene *direkte Heizfläche*, und die ihre Wärme nur durch die Berührung mit den Feuergasen erhaltende *indirekte Heizfläche*. Die *wasserberührte Heizfläche* wird im Kesselinnern von Wasser gespült.

Die Feuerungsanlage besteht aus dem Feuerraum, den Heizkanälen oder Feuerzügen, in denen die aus dem Feuerraum kommenden Verbrennungsgase um oder durch den Kessel ziehen, und schließlich der Vorrichtung zur Erzeugung des für die Bewegung der Verbrennungsgase nötigen Zuges.

Als Brennmaterial finden feste oder staubförmige, seltener flüssige und gasförmige Stoffe Verwendung. Nach der Lage des Feuerraumes zum Kessel unterscheidet man *Unter-, Innen- und Vorfeuerung*. Bei der *Unterfeuerung* (Fig. 74) liegt der Feuerraum unter, bei der *Innenfeuerung* (Fig. 75) in und bei der *Vorfeuerung* (Fig. 76) vor dem Kessel. Alle drei Figuren zeigen Rostfeuerungen, und zwar die beiden ersten solche für feste Brennstoffe. Das Brennmaterial wird durch die Feuertür 1 (Fig. 74) auf den Rost geworfen. Dieser besteht aus vielen nebeneinander gelegten Roststäben 2; die Spalten zwischen ihnen dienen zum Durchtritt der für die Verbrennung nötigen Luft. Der in Fig. 74 und 75 dargestellte wagerechte oder schwach nach hinten geneigte Rost heißt *Planrost*. Die gesamte vom Rost eingenommene Fläche wird als *totale Rostfläche*, die durch die Rostspalten gebildete als *freie* und die übrigbleibende, von den oberen Flächen der hochkant stehenden Roststäbe eingenommene als *tote Rostfläche* bezeichnet. Unter dem Rost 2 befindet sich der Aschenraum 3, der durch eine Aschentür zugänglich ist.

Die von dem Rost 2 kommenden heißen Verbrennungsgase strömen über die Feuerbrücke 4 in den Heizkanal 6 und umspülen die beiden Unterkessel 5, die mit dem Oberkessel 9 durch Stützen 14

verbunden sind. Am Ende des Heizkanals 6 gelangen sie durch den Überströmkanal 7 in den Heizkanal oder Feuerzug 8, dessen obere Begrenzung durch den Oberkessel 9 und das sich gegen diesen legende Mauerwerk gebildet wird. Dieses Mauerwerk dient außerdem zum Tragen des Oberkessels, der sich, wie Querschnitt I II zeigt, mit seinen durch Nietung fest mit ihm verbundenen Prätzen 11 auf das Mauerwerk legt.

Zur Unterstützung der Unterkessel sind die Kesselfüße 10 angeordnet. Nachdem die Verbrennungsgase die wasserberührte Heizfläche des Oberkessels 9 bestrichen haben, umströmen sie dessen vordere Stirnfläche 15

und ziehen durch den Abzug 12, in dem sie den Dampfraum des Kessels berühren und zur Trocknung des Dampfes beitragen, in den *Fuchs*, d. h. den Verbindungskanal zwischen den Feuerzügen und dem Schornstein. Zwischen Fuchs und Feuerzügen befindet sich der Rauchschieber 13.

Fig. 75 und 79 zeigen das Beispiel einer *Innenfeuerung*. Der zylindrische Kessel ist in Fig. 75 der Länge nach von zwei weiten, unterhalb des Wasserspiegels liegenden Flammrohren 1 durchzogen, von denen jedes einen Rost enthält. Die Innenfeuerung gewährt eine gute Ausnutzung der Wärme und hat große Verbreitung gefunden. Die Heizgase umstreichen, nachdem sie die Flammrohre 1 verlassen haben, den Außenkessel meist in horizontalen Zügen, in der Figur zunächst den mittleren Teil 2 von hinten nach vorn und dann den unteren Teil 3.

Die *Vorfeuerung* (Fig. 76) liegt vor dem Kessel. Der Feuerraum ist von Mauerwerk begrenzt, das innen mit feuerfesten Steinen 1 bekleidet ist und als Wärmespeicher dient. Steigt die Temperatur im Feuerraum, so nimmt das Mauerwerk Wärme auf, die bei sinkender Temperatur wieder abgegeben wird. Besonders geeignet für Vorfeuerung sind Brennstoffe mit niedrigem Heizwert, wie geringere und mittlere Braunkohlensorten, Torf, Kohlenstaub usw. Dem Vorteil einer sehr guten Verbrennung stehen als Nachteile gegenüber die größeren Ausstrahlungsverluste durch das vor dem Kessel liegende Mauerwerk der Feuerung und der größere Brennstoffaufwand beim Anheizen. Der Wirkungsgrad der Vorfeuerung ist daher kleiner als der der Innenfeuerung.

Während bei den Planrostfeuerungen die Verteilung des Brennstoffes auf dem Roste durch den Heizer erfolgt, geschieht dieses bei den *Schrägrostfeuerungen* selbsttätig, denn bei ihnen sind die Roststäbe stark geneigt, so daß der von oben zugeführte Brennstoff in dem Maße selbsttätig nach unten nabsinkt, wie der Abbrand erfolgt. Die bekannteste Schrägrostfeuerung ist die als Innenfeuerung ausgebildete *Tenbrink-Feuerung* (Fig. 77).

Die Planroststäbe 1, die zur Verhinderung des Durchfallens unverbrannten Brennstoffes auf der oberen Hälfte mit horizontalen Stufen 2 versehen sind, sind in einer Quervorlage 6 untergebracht. Das Brennmaterial wird durch den Kanal 3 eingebracht und sinkt selbsttätig auf dem Roste nach unten nach. Auf der oberen Hälfte des Rostes findet lediglich eine Entgasung des Brennstoffes statt. Die sich hierbei entwickelnden Gase werden durch die von der unteren Hälfte

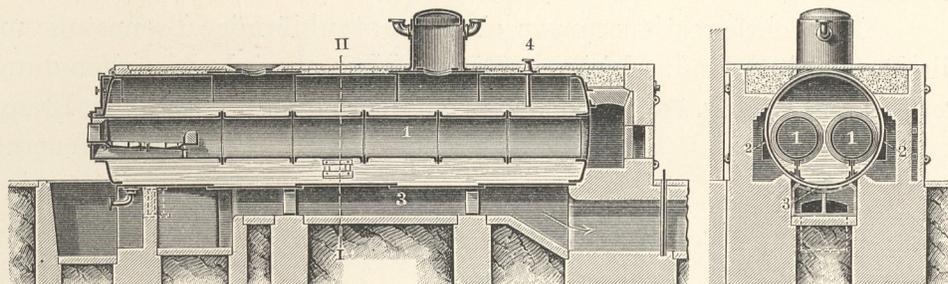


Fig. 75. Zweiflammrohrkessel.

Querschnitt I II.

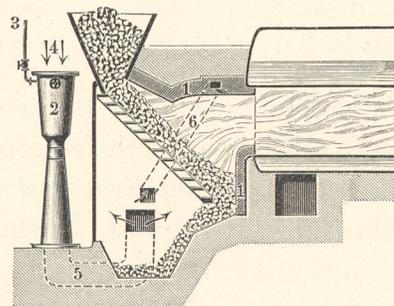


Fig. 76. Vorfeuerung (Treppenrost) mit Unterwindgebläse.

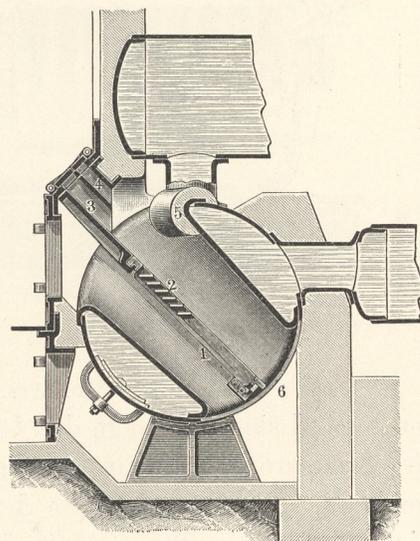


Fig. 77. Tenbrink-Feuerung.

des Rostes aufsteigenden heißen Verbrennungsgase entzündet und erhalten die zur Verbrennung nötige Luft in regelbarer Menge durch den Kanal 4. 5 ist ein Wulst aus feuerfestem Material, um die obere, den Verbrennungsgasen besonders ausgesetzte Begrenzung des Flammrohres zu schützen. Vorzüge der Tenbrink-Feuerung sind hohe Ausnutzung des Brennstoffes und rauchfreie Verbrennung bei geringem Luftüberschuß.

Die Schrägrostfeuerungen sind für staubförmige Brennstoffe unbrauchbar, da diese durch die Rostspalten hindurchfallen. Diesem Mangel wird abgeholfen durch die *Treppen- oder Stufenrostfeuerungen* (Fig. 76), bei denen ebenfalls der oben zugeführte Brennstoff selbsttätig nachsinkt.

Bei dieser Feuerung sind einzelne Platten derart stufenförmig übereinander angeordnet, daß die Rostspalten wagerecht oder schwach geneigt verlaufen. Als Brennstoff finden besonders Staubkohle, Koksgries, Sägespäne und dergleichen Verwendung.

In neuerer Zeit sind Feuerungen in Aufnahme gekommen, bei denen der Brennstoff nicht selbsttätig nachsinkt, sondern auf einem mechanisch bewegten Rost durch die Feuerung geführt wird. Es gestaltet sich bei

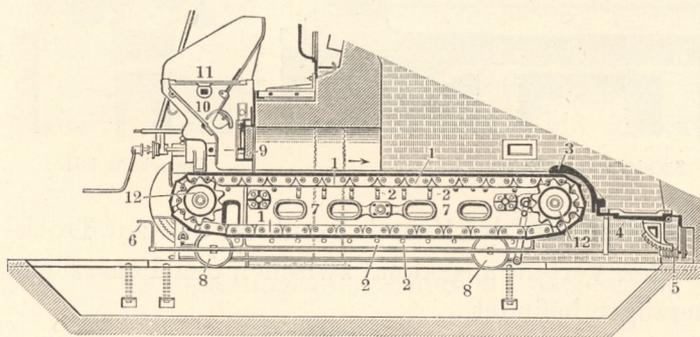


Fig. 78. Mechanische Feuerung (Kettenrost von Babcock & Wilcox).

diesen Feuerungen der Betrieb regelmäßiger als bei den Schrägrostfeuerungen, bei denen mitunter das Nachsinken durch festgebrannte Schlackenstücke gestört wird. Eine derartige mechanische Feuerung zeigt der *Kettenrost* der Firma Babcock & Wilcox (Fig. 78). Der Brennstoff gelangt aus dem Kohlentrichter 11, dessen Abflußöffnung mittels Drehschiebers 10 reguliert werden kann, auf

den Rost; dieser wird von einer aus kleinen Roststäben 1 zusammengesetzten, über zwei Kettenräder 12 laufenden Kette ohne Ende gebildet, die ihre Unterstützung durch Walzen 2 erhält. Das vordere Kettenrad wird durch ein Schaltwerk langsam angetrieben und erteilt dem Kettenrost eine Bewegung in der Richtung des Pfeiles. Kettenräder und Rost sind in zwei Seitenrahmen 7 gelagert, die auf vier Rädern 8 ruhen, so daß die ganze Rostanlage aus dem Feuerraum herausgezogen werden kann. Am Ende des Rostes ist ein Abstreicher 3 vorgesehen, der sich festsetzende Aschen- und Schlackenbestandteile auf die drehbar gelagerte Klappe 4 bringt. Das Heben und Senken dieser Klappe erfolgt durch Drehen der Schnecke 5 mittels Kurbel 6. Die Höhe der Kohlschicht kann durch den Schieber 9 geregelt werden. Den Einbau einer solchen Kettenrostfeuerung zeigt das aufklappbare Modell des Steinmüllerkessels.

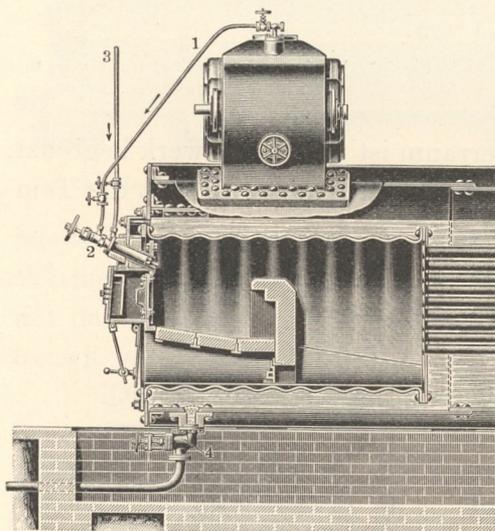


Fig. 79. Petroleumfeuerung (für Lokomobile).

Flüssige Brennstoffe werden in Deutschland wenig für Dampfkesselfeuerung benutzt; dagegen sind sie häufiger in den Gebieten, in denen Rohpetroleum gewonnen wird. Die Zerstäubung des Brennstoffes und Einführung in die Verbrennungskammer erfolgt meistens mittels Dampfstrahlgebläses. Fig. 79 zeigt eine derartige Feuerung für eine Lokomobile. Das Petroleum wird aus einem höher gestellten Gefäße durch Rohr 3 dem Düsenzerstäuber 2 zugeführt. Durch ein zweites Rohr 1 strömt vom Dom der Lokomobile aus Dampf direkt auf die Mündung der Petroleumdüse und bringt das austretende Petroleum zur Zerstäubung. Die Feuerbüchse ist teilweise mit Schamotteausmauerung versehen, die von der Flamme in glühenden Zustand versetzt wird. Durch mehrere Öffnungen in der Schamotteausmauerung wird die Verbrennungsluft von unten zugeführt und durch Berührung mit den glühenden Steinen hoch erhitzt, wodurch eine fast rauchlose Verbrennung entsteht. Da die Einführung des Dampfes in die Feuerung einen Wärmeverlust zur Folge

hat, haben auch Anordnungen Verwendung gefunden, bei denen das Strahlgebläse mit Preßluft betrieben wird oder durch eine Pumpe ersetzt ist.

Zum Ansaugen der zur Unterhaltung der Verbrennung nötigen Luft dient der *Schornstein (Esse)*, der, da er heiße, leichtere und infolgedessen nach oben steigende Gase enthält, eine lebhaft Luftzuströmung durch den Rost bewirkt. Wesentlich für die Zugkraft des Schornsteines ist seine Höhe, durch die auch eine Belästigung der Umgebung durch die Verbrennungsgase vermieden wird. Die Regulierung des Zuges erfolgt durch den Rauchschieber (Fig. 74, Teil 13). Die beweglichen Kessel (Lokomotiv-, Lokomobilkessel usw.), bei denen sich die Anordnung eines hohen Schornsteines verbietet, werden mit künstlichem Zuge betrieben, der durch Einblasen eines Dampfstrahles in das Abzugrohr der Feuergase oder mittels eines Ventilators erzeugt wird, der Luft vor oder hinter dem Rost einführt. Im ersteren Falle wirkt diese Luft drückend, im letzteren saugend auf die Verbrennungsluft. Eine derartige Vorrichtung zur Erzeugung künstlichen Zuges zeigt Fig. 76. Das Strahlgebläse 2, dem durch Rohr 3 Dampf zugeführt wird, saugt bei 4 Luft an und drückt diese durch den Kanal 5 unter den Rost. Ein Teil der Luft wird durch den Kanal 6 über den Rost geführt.

## II. Die Kessel.

Die Dampfkessel sind allseitig geschlossene feste Gefäße, die zur Aufnahme des zu verdampfenden Wassers dienen. Als Material wird hauptsächlich Schweißisen, Flußeisen und Flußstahl verwendet, seltener Kupfer, Messing, Gußeisen.

Die Leistungsfähigkeit eines Dampfkessels wird ausgedrückt durch die *Beanspruchung* oder die *Anstrengung* des Kessels, das ist die Dampfmenge in Kilogrammen, die auf 1 qm Heizfläche in der Stunde erzeugt wird. Die von einem Kessel erzeugte Dampfmenge ist gleich der zugeführten Speisewassermenge und wird durch Wiegen der letzteren gemessen. Ungefähre Mittelwerte für die Anstrengung der Kessel sind:

für ortfeste Kessel	12—30 kg	} Dampf auf 1 qm Heizfläche in 1 Stunde.
- Lokomotivkessel	35—60 kg	
- Schiffskessel	20—30 kg	

Nach der Größe der Heizfläche wird auch die Größe des Rostes bemessen, die außerdem von dem Brennmaterial abhängig ist. Für mittlere Steinkohle ist die totale Rostfläche für ortfeste und Schiffskessel =  $\frac{1}{25}$ — $\frac{1}{35}$ , für Lokomotivkessel =  $\frac{1}{50}$ — $\frac{1}{90}$  der Heizfläche, die sich aus der vom Kessel zu erzeugenden Dampfmenge ergibt. Soll beispielsweise der Kessel in der Stunde 1000 kg Dampf liefern und wird angenommen, daß auf 1 qm Heizfläche in der Stunde 20 kg Dampf erzeugt werden, so muß der Kessel eine Heizfläche von  $\frac{1000}{20} = 50$  qm haben.

Die Güte eines Kessels richtet sich nach der Größe seiner *Verdampfungsfähigkeit* (kurz *Verdampfung*), das heißt nach der Dampfmenge in Kilogrammen, die in dem Kessel von 1 kg Brennmaterial erzeugt werden kann. Die Verdampfung ist abhängig von dem Brennmaterial und dem Kesselsystem. Es verdampft durchschnittlich:

1 kg Steinkohle	5,0—10 kg Wasser	(5,0—10fache Verdampfung)
1 kg Koks	4,5—8 - -	(4,5—8fache - )
1 kg Braunkohle	3,0—5 - -	(3,0—5fache - )

Von der im Brennmaterial enthaltenen Wärme werden bei Dampfkesseln ungefähr 60—80 Proz. nutzbar gemacht, in einzelnen Fällen noch mehr. Ein großer Teil der Wärme geht mit den abziehenden Verbrennungsgasen verloren, jedoch wird diese Wärme teilweise zur Erzeugung des Zuges nutzbar gemacht. Ein weiterer Verlust, dem durch Einmauern und Isolieren abgeholfen werden soll, entsteht durch Wärmeleitung und Wärmestrahlung.

Der von dem Kessel eingeschlossene Raum zerfällt in den *Dampfraum* und den *Wasser-raum*. Die Trennung zwischen beiden erfolgt durch die *Verdampfungsoberfläche*, das ist der Wasserspiegel im Kessel. Der Raum zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasserstande des Kessels heißt der *Speiseraum*.

Nach der Größe des Wasserraumes können die Kessel eingeteilt werden in *Groß-* und *Kleinwasserraumkessel*. Erstere sind besonders geeignet als Dampferzeuger für unregelmäßigen Betrieb, z. B. für Fördermaschinen, Walzenzugmaschinen usw. Der große Wasserinhalt des Kessels dient hier als Wärmespeicher. Findet infolge Dampfnahme ein Druckabfall statt, so liegt die dem nunmehr im Kessel herrschenden Drucke entsprechende Siedetemperatur unter der Temperatur, die das im Kessel befindliche Wasser besitzt. Es kann also ein Nachverdampfen stattfinden, ohne daß Wärme von außen zugeführt zu werden braucht. Für gleichmäßige Dampfnahme sowie für rasche Dampferzeugung eignen sich die Kleinwasserraumkessel.

Von großer Bedeutung für alle Kesselarten ist eine gute Wasserbewegung im Kessel. Abgesehen davon, daß hierdurch die Wärmeübertragung auf das Wasser gefördert wird, findet eine Verminderung der Bildung des Kesselsteines statt, wodurch der Nutzeffekt der Heizfläche bedeutend vergrößert, ungleiche Beanspruchung des Kesselmaterials eingeschränkt und die Dauerhaftigkeit des Kessels gesteigert wird. Je nachdem, ob die Strömung des Wassers im Kessel gleich oder entgegengesetzt der der Verbrennungsgase verläuft, werden *Parallel-* und *Gegenstromkessel* unterschieden. Nach der Bauart unterscheidet man noch *horizontale (liegende)* und *vertikale (stehende)* sowie hinsichtlich des Verwendungszweckes *stationäre (ortfeste)* und *mobile (bewegliche)* Kessel.

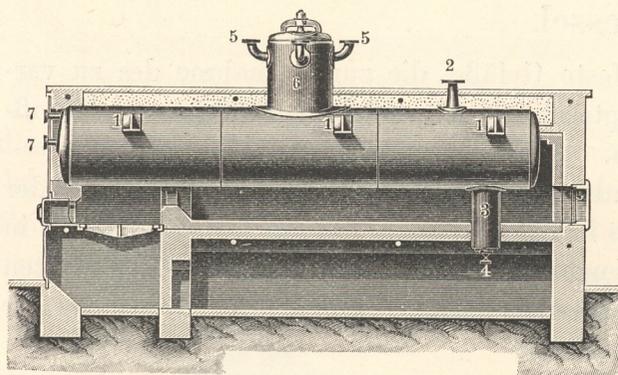
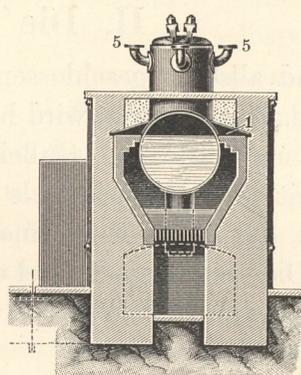


Fig. 80. Einfacher Zylinderkessel.



Querschnitt.

(stehende) sowie hinsichtlich des Verwendungszweckes *stationäre (ortfeste)* und *mobile (bewegliche)* Kessel.

### 1. Der Walzenkessel.

Der Walzenkessel ist ein an den Enden durch ebene oder gewölbte Böden geschlossener, liegend oder stehend angeordneter Zylinder und stellt die einfachste Form aller Dampfkessel dar. Er wird nur noch in solchen Betrieben verwendet, in denen zur Heizung die abziehenden Gase anderer Feuerungen ausgenutzt werden. Bei eigener Feuerung befindet sich der Rost an einem Ende unter dem Kessel, der auf ungefähr zwei Drittel seines Umfanges in einem Zuge von den Heizgasen bestrichen wird. Der Kessel (Fig. 80) ist nach hinten schwach geneigt und legt sich mit Tragpratzen 1 auf das Mauerwerk. Die Speisung erfolgt bei 2 durch ein unter dem Wasserspiegel mündendes Eintauchrohr (s. hierzu auch Fig. 75, Teil 4). Infolge der stärkeren Erwärmung am vorderen Ende des Kessels erfolgt an dieser Stelle ein Emporsteigen des Wassers und ein Nachströmen des Frischwassers vom hinteren Ende des Kessels her. Heizgase und Wasser strömen also einander entgegen (*Gegenstromkessel*). An dem hinteren, tieferen Ende des Kessels ist ein Wasser- oder Schlamm sack 3 angeordnet, der mit Abblasehahn oder Ventil 4 versehen ist. Die Dampfnahme erfolgt durch die Stutzen 5 des Dampfdomes 6, die außerdem noch zur Anbringung der Sicherheitsventile dienen. In dem Dampfdom ist ferner das Mannloch vorgesehen, das zum Einsteigen bei Reinigungsarbeiten dient. 7 sind die Anschlußstutzen für das Wasserstandsglas (vgl. den Abschnitt über Dampfkesselarmatur).

Vorteile des Walzenkessels sind seine Einfachheit im Bau und in der Bedienung. Er gehört zu den Großwasserraumkesseln und eignet sich daher besonders für Betriebe mit stark wechselndem Dampfverbrauch. Nachteile sind infolge der kurzen Feuerzüge schlechte Wärmeausnutzung und geringe Dampferzeugung. Ferner sammeln sich infolge des Wasserumlaufes von hinten nach vorn über dem Rost, also gerade an der heißesten Stelle, Kesselstein und Schlamm an und hindern den guten Wärmeaustausch. Die mehrfachen Zylinderkessel bestehen aus einem größeren, oberen Haupt- oder Oberkessel und einem, zwei oder drei kleineren, darunterliegenden Unterkesseln, die mit dem ersteren durch Stutzen verbunden sind (vgl. Fig. 74).

## 2. Flammrohrkessel.

Walzenkessel, bei denen die Heizgase, ehe sie den Kesselmantel umspülen, zunächst durch weite, den Kessel der Länge nach durchziehende und die Böden verbindende Rohre gehen, heißen Flammrohrkessel. Sie werden entweder mit Innen- (Fig. 75 und 81) oder Vorfeuerung (Fig. 86) ausgebildet. Nach der Anzahl der Flammrohre werden Ein-, Zwei- und Dreiflammrohrkessel unterschieden. Bei Kesseln mit einem Flammrohr liegt dieses in der vertikalen Kesselmitte oder seitwärts davon (*Seitenrohrkessel*; Teil 1 in Fig. 81). Die Flammrohre erhalten, da sie von dem unter Kesseldruck stehenden Wasser umspült sind, äußeren Druck und müssen deshalb versteift werden. Gegenüber glatten Flammrohren bieten erhöhte Festigkeit und zugleich größere Heizfläche gewellte Flammrohre (s. Fig. 86, Unterkessel). Dasselbe wird erreicht durch den Einbau von *Quersiedern* oder *Gallowayrohren* (Teil 2 in Fig. 81), worunter das Flammrohr diametral durchdringende Rohre zu verstehen sind. Einen Zweiflammrohrkessel zeigt Fig. 75. Für kleine Anlagen mit beschränkten Raumverhältnissen finden stehende Flammrohrkessel ohne Einmauerung Verwendung.

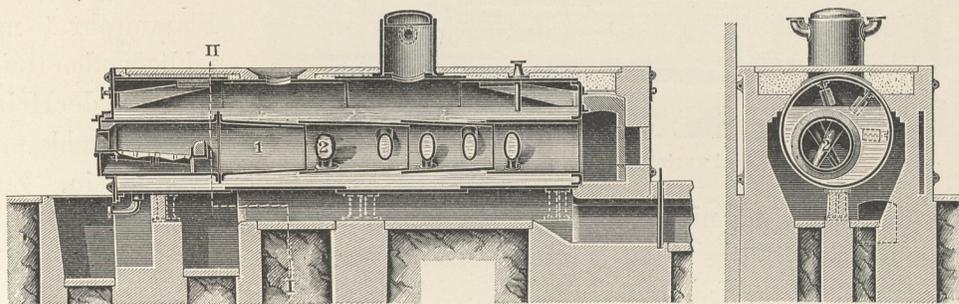


Fig. 81. Einflammrohrkessel mit Gallowayrohren.

Querschnitt I II.

## 3. Heizrohrkessel.

Die Heizrohrkessel sind nicht wie die Flammrohrkessel von 1—3, sondern von einer großen Anzahl außen vom Wasser umspülter Heiz-, Feuer- oder Rauchrohre durchzogen, wodurch eine

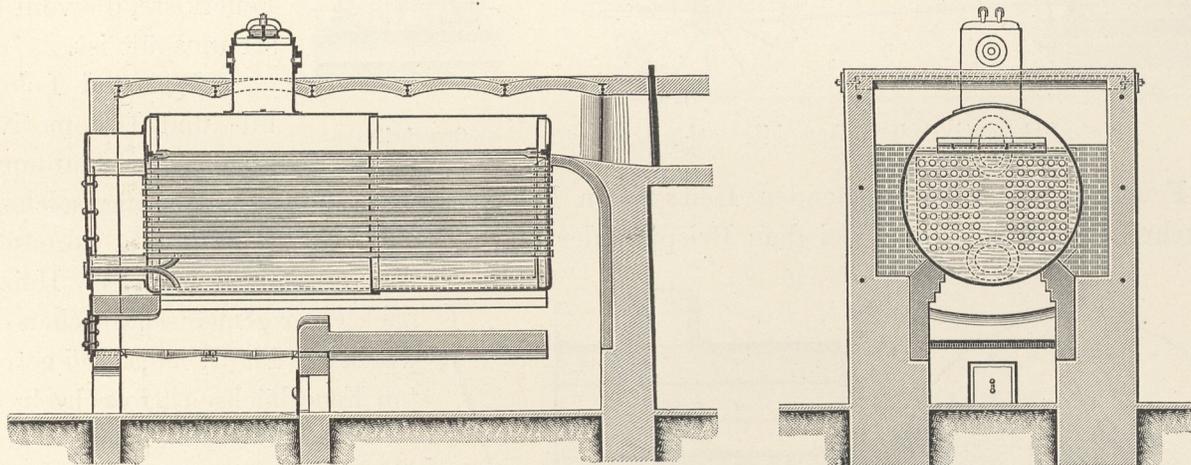


Fig. 82. Heizrohrkessel mit Unterfeuerung.

große Heizfläche bei geringem Kesselvolumen erzielt wird. Der Größe des Wasserraumes nach stehen die Heizrohrkessel zwischen den Großwasserraumkesseln (Walzen- und Flammrohrkessel) und den unten beschriebenen Wasserrohrkesseln mit meist nur verhältnismäßig kleinem Wasserraum. Wegen der großen Heizfläche entwickeln die Heizrohrkessel rasch Dampf, liefern aber infolge der kleinen Verdampfungsoberfläche nassen Dampf. Ferner sind Heizrohrkessel empfindlich gegen schlechtes Speisewasser, da die Reinigung der Heizrohre schwierig ist.

Einen Heizrohrkessel mit Unterfeuerung zeigt Fig. 82. Die Heizgase bestreichen zunächst die untere Hälfte des Kesselmantels, gehen an der hinteren Stirnseite nach oben und durchziehen dann die Rauchrohre. An der anderen Stirnseite des Kessels ändern sie ihre Richtung und verlassen den Kessel, nachdem sie in einem Oberzuge noch den Dampfraum bestrichen haben. Auch hier ist bezüglich der Unterfeuerung der Nachteil hervorzuheben, daß sich gerade an der Stelle

der größten Hitze Schlamm und Kesselstein ansammeln. Die Rauchrohre sind, wie die Querschnittsfigur zeigt, in zwei Bündeln angeordnet, um ein Befahren des Kessels zu ermöglichen. Die Speisung erfolgt am besten durch ein Einhängerohr, wie es in Fig. 75, Teil 4, zu sehen ist.

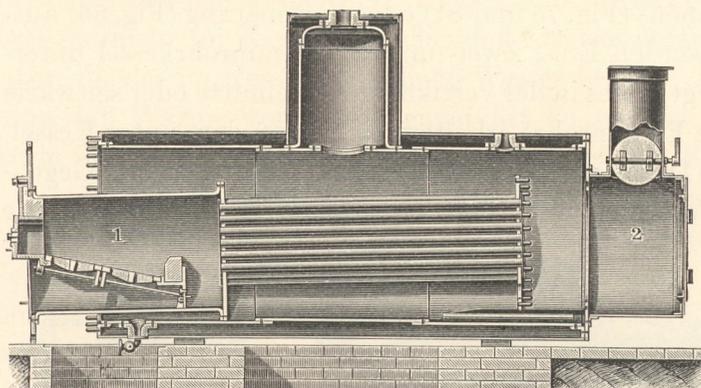


Fig. 83. Ausziehbarer Röhrenkessel.

verlustrate trägt der nicht eingemauerte Kessel eine Blechummantelung. Der Vorteil dieses Kessels liegt darin, daß das Rohrsystem jederzeit leicht herausgenommen, gereinigt und wieder eingesetzt werden kann.

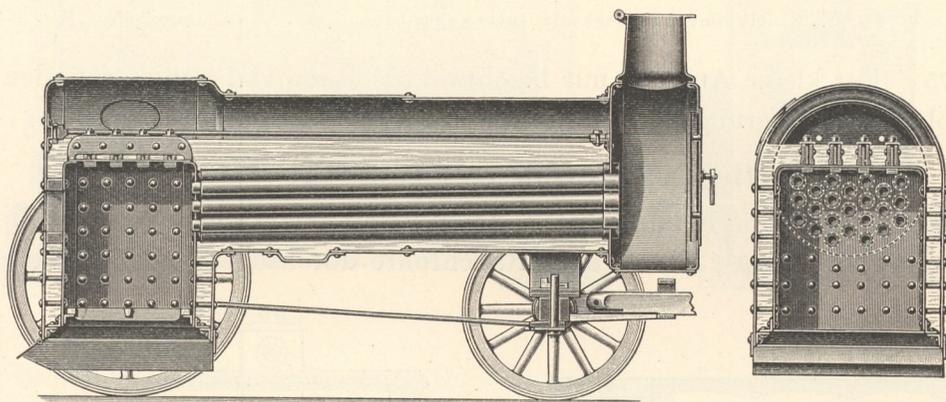


Fig. 84. Lokomotiv- oder Lokomobilkessel.

Querschnitt.

Ähnlich ausgebildet ist der *Lokomotivkessel*, Fig. 84, nur befindet sich bei diesem der Rost nicht in einem Flammrohre, sondern in einer kastenartig ausgebildeten Feuerbüchse oder Feuerkiste, die vom Wasser umspült ist.

Während Lokomobil- und Lokomotivkessel meistens Flammrohre bzw. Feuerbüchsen mit vorgehenden Heizrohren haben, zeigen *Schiffskessel* häufig solche mit rückkehrenden Heizrohren. Bei dem Beispiel der Fig. 85 sind drei Flammrohre 1 vorgesehen.

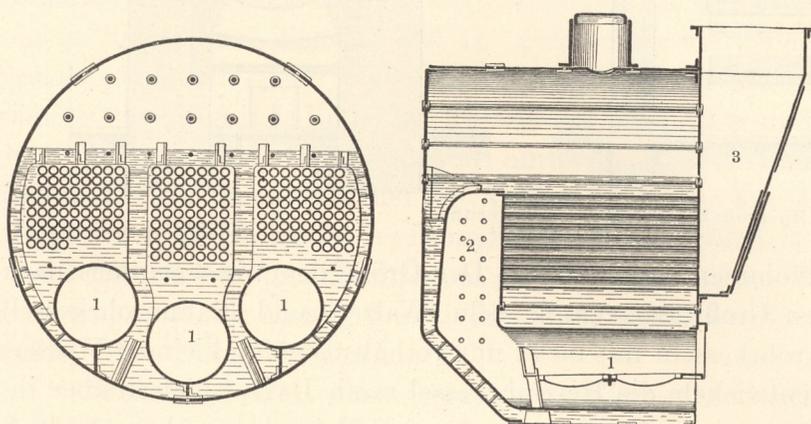


Fig. 85. Schiffskessel, Querschnitt.

Längsschnitt.

Aus diesen gelangen die Heizgase nach einer gemeinschaftlichen oder, wie in der Figur, nach drei getrennten Feuerbüchsen 2, wechseln dort ihre Richtung und gelangen durch die Heizrohre in die Rauchkammer 3. Auch diese Kessel sind nicht eingemauert. Trotzdem und trotz der häufig geringen Länge der Heizrohre ist die Wärmeausnutzung bei diesen Kombinationen eine sehr gute, da bei ihnen Innenfeuerung und Innenzüge vereinigt zur Anwendung kommen.

Bei den vorstehend beschriebenen Kombinationen sind verschiedene Kesselsysteme an einem einzigen Kessel vereinigt. Daneben kommen auch Bauarten vor, bei denen die einzelnen Kessel für sich einem der genannten Systeme entsprechen und dann vereinigt werden. Hierbei wird gewöhnlich der Unterkessel als Walzen- oder Flammrohrkessel und der Oberkessel als Heizrohrkessel ausgebildet. Letztere Bauart, die auch als *Weinligkessel* bezeichnet wird, zeigt die Fig. 86.

Die aus den Flammrohren austretenden Heizgase bestreichen den Mantel des Unterkessels, gehen nach oben, durchziehen die Heizrohre des Oberkessels von vorn nach hinten, bespülen dessen Mantel und gelangen schließlich durch einen Oberzug nach dem Fuchs. Bemerkenswert ist das Vorhandensein von zwei getrennten Dampfäumen 1 und 2, wodurch eine große Verdampfungsoberfläche erreicht wird. Durch das Dampfrohr 3 steht der Dampfraum des Unterkessels mit dem des Oberkessels in Verbindung, während durch Überlaufrohr 4 das Wasser von dem Oberkessel in den Unterkessel gelangt. Allgemeiner sind jetzt Anordnungen, bei denen das Überlaufrohr in dem Dampfrohr liegt und erst kurz vor Erreichung des oberen Wasserspiegels aus diesem heraustritt. Die Speisung erfolgt in den Oberkessel.

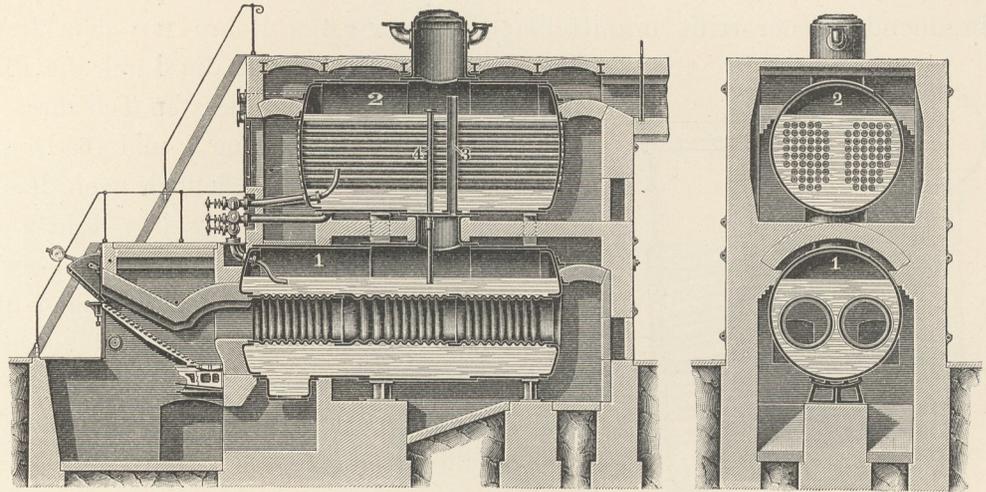


Fig. 86. Kombiniertes Flamm- und Heizrohrkessel.

Querschnitt.

Diese Kesselbauart, die auch mit Innenfeuerung ausgerüstet sein kann, bietet den Vorteil einer großen Heizfläche auf kleiner Grundfläche. Sie ist daher, gutes Speisewasser vorausgesetzt, besonders empfehlenswert bei großen Anlagen auf teurerer Bodenfläche und bei in der Hauptsache regelmäßigem Dampfverbrauch.

Diese Kesselbauart, die auch mit Innenfeuerung ausgerüstet sein kann, bietet den Vorteil einer großen Heizfläche auf kleiner Grundfläche. Sie ist daher, gutes Speisewasser vorausgesetzt, besonders empfehlenswert bei großen Anlagen auf teurerer Bodenfläche und bei in der Hauptsache regelmäßigem Dampfverbrauch.

#### 4. Wasserrohrkessel.

Die Wasserrohrkessel bestehen im wesentlichen aus einer großen Anzahl geneigt liegender Rohre (von ungefähr 80—122 mm Durchmesser), die mit Wasser gefüllt sind und von den Heizgasen umspült werden. Da der Wasser- und Dampfraum der nur aus Rohren bestehenden Kessel im Verhältnis zur Heizfläche klein ist, werden die Wasserrohrkessel meistens zur Vergrößerung dieser Räume mit zylindrischen Oberkesseln versehen. Die Wasserrohrkessel besitzen die Vor- und Nachteile der übrigen Kleinwasserraumkessel in mehr oder weniger hohem Maße. Einer ihrer Hauptnachteile besteht darin, daß sie im allgemeinen nasser Dampf liefern als die Großwasserraumkessel. Ferner verlangen sie ein sehr reines Speisewasser. Wegen ihrer geringeren Explosionsgefahr gegenüber anderen Kesseln werden sie mitunter auch als *Sicherheitskessel* bezeichnet.

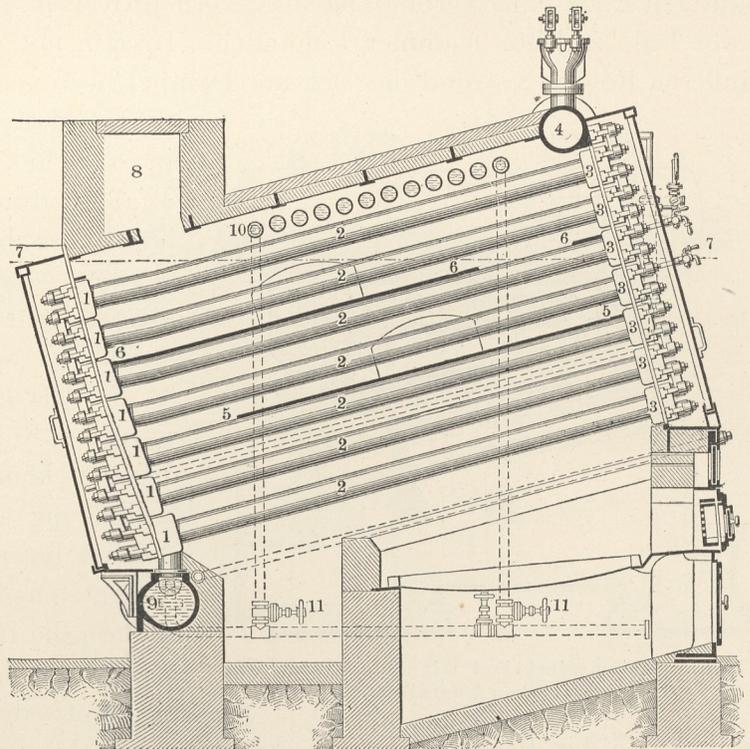


Fig. 87. Rootscher Wasserrohrkessel.

Die Wasserrohrkessel lassen sich einteilen in solche mit mäßig und in solche mit stark ansteigenden Rohren. Die erste Gruppe zerfällt, je nachdem ob die Rohre an ihren Enden durch einzelne Verbindungsstücke vereinigt sind oder in gemeinschaftliche Kammern münden, in Glieder- und Kammerkessel. Bei den letzteren kann man Ein- und Zweikammerkessel unterscheiden.

Die Wasserrohrkessel lassen sich einteilen in solche mit mäßig und in solche mit stark ansteigenden Rohren. Die erste Gruppe zerfällt, je nachdem ob die Rohre an ihren Enden durch einzelne Verbindungsstücke vereinigt sind oder in gemeinschaftliche Kammern münden, in Glieder- und Kammerkessel. Bei den letzteren kann man Ein- und Zweikammerkessel unterscheiden.

Das Beispiel eines Gliederkessels zeigt der *Rootsche Wasserrohrkessel* (Fig. 87), bei dem je zwei vertikale Rohrreihen ein Element bilden. Die Anfangspunkte 1 sämtlicher parallel liegender Rohre 2 eines Elementes einerseits und die sämtlichen Endpunkte 3 andererseits stehen miteinander durch Kopfstücke in Verbindung. Der in jedem Rohr entwickelte Dampf findet einen Weg durch die höher gelegenen Verbindungen 3 nach dem Dampfsammelrohr 4. Das auf dem Rost brennende Feuer trifft unmittelbar die untersten Rohre mit dem frisch zugespeisten Wasser.

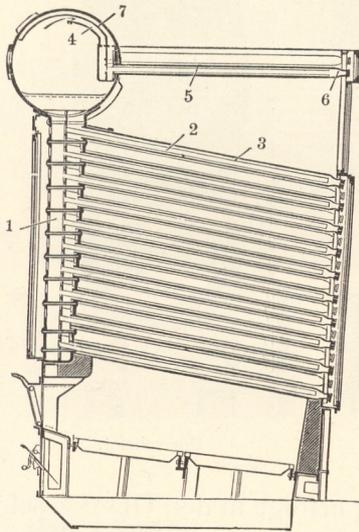


Fig. 88. Dürre-Kessel.

Die Heizgase durchziehen die durch die Platten 5 und 6 gebildeten Züge, trocknen auf dem letzten Teil ihres Weges den in den Rohrteilen über der Wasserlinie 7 und im Dampfsammler vorhandenen Dampf und gelangen schließlich nach dem Fuchs 8. Die Speisung erfolgt in ein querliegendes weites Rohr 9, das *Schlamm-sammler* genannt wird. Zum Vorwärmen des Speisewassers wird oft vor dem Fuchs eine Vorwärmerschlange 10 eingebaut, die durch die in der Speiseleitung befindlichen Ventile 11 ausgeschaltet werden kann, in welchem Falle das Speisewasser unmittelbar nach 9 gelangt. Der Kessel kann auch mit einem Oberkessel versehen werden. Ohne einen solchen hat er keinen Wasserumlauf und nur eine sehr kleine Verdampfungsoberfläche. — Von anderen hierher gehörenden Bauarten sei der *Bellevillekessel* genannt, bei dem je zwei vertikale Rohrreihen eine zusammenhängende Rohrschlange bilden.

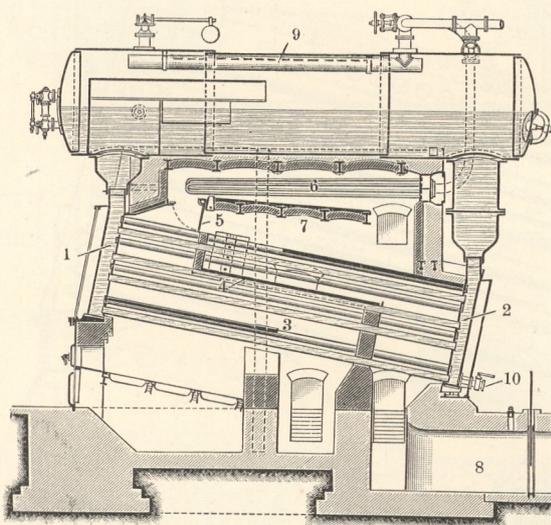


Fig. 89. Steinmüllerkessel mit eingebautem ausschaltbarem Überhitzer.

Zu den Einkammerkesseln gehört der *Dürsche Schiffskessel* (Fig. 88), der aus einer Anzahl Doppelrohre 2, 3 besteht, die am hinteren Ende ohne Verbindung sind, vorn jedoch in eine durch eine senkrechte Scheidewand in zwei Teile zerlegte Kammer 1 münden. In den mit den Heizgasen in Berührung kommenden äußeren Rohren 3 strömt das sich mit Dampfblasen vermischende Wasser hoch und gelangt in die rechte Hälfte der Kammer 1, was ein Nachsinken des in der linken Hälfte dieser Kammer vorhandenen Wassers durch die Rohre 2 in die Rohre 3 zur Folge hat. Der Kessel ist mit einem Überhitzer 5, 6 ausgerüstet. Der Dampf gelangt durch den Kanal 4 in das innere Rohr 5, dann in das äußere 6 des Überhitzers und wird schließlich durch den Kanal 7 abgeführt. Die Einkammerkessel haben den Vorteil, daß sich die Rohre einzeln unabhängig voneinander ausdehnen können, dafür aber den Nachteil, daß die Reinigung schwierig ist. Besser läßt sich diese bewerkstelligen bei dem mit zwei Kammern 1 und 2 ausgerüsteten *Steinmüllerkessel* (Fig. 89). Bei diesem erhalten die Heizgase ihre Führung durch die Platten 3, 4 und gelangen, je nachdem wie die Klappe 5 gestellt ist, entweder über den Überhitzer 6 oder durch den Kanal 7 in den Fuchs 8. Das Wasser steigt infolge der stärkeren Beheizung der vorderen Rohrenden in der Kammer 1 hoch und sinkt in der Kammer 2 nach. Statt des Domes ist ein in seinem oberen Drittel mit Schlitzen versehenes Rohr 9 angeordnet, das den Dampf je nach Stellung der Ventile entweder dem Überhitzer oder unmittelbar der Verbrauchsstelle zuführt. Die genauere Ausbildung dieses Kessels sowie im besonderen auch die Anordnung der Ventile zum Ein- und Ausschalten des Überhitzers ist aus dem aufklappbaren Modell ersichtlich.

Mehr den Großwasserraumkesseln nähert sich der *Mac-Nicolkessel*, eine Kombination aus einem Wasserrohrkessel und einem mehrfachen Walzenkessel. Zu den Kesseln mit stark ansteigenden Rohren gehören der *Garbekessel* (Fig. 90) und der *Schulz-Wasserrohrkessel* (Fig. 91).

Das wesentliche Merkmal des ersteren besteht darin, daß er lediglich aus zylindrischen Kesselteilen und einem dazwischen vertikal oder etwast geneigt stehend angeordneten Rohrbündel zusammengesetzt ist, das seinerseits in die gleichzeitig wellen- und stufenförmig gepreßten Patent-Garbeplatten 1 eingewalzt ist. Die von dem Kettenrost (System Dürr) kommenden Verbrennungsgase bestreichen zunächst die schräg aufwärts gerichteten Rohre, umspülen dann den Überhitzer 2 und gelangen nach Beheizung des senkrecht stehenden Rohrsystems in den Fuchs. Ober- und

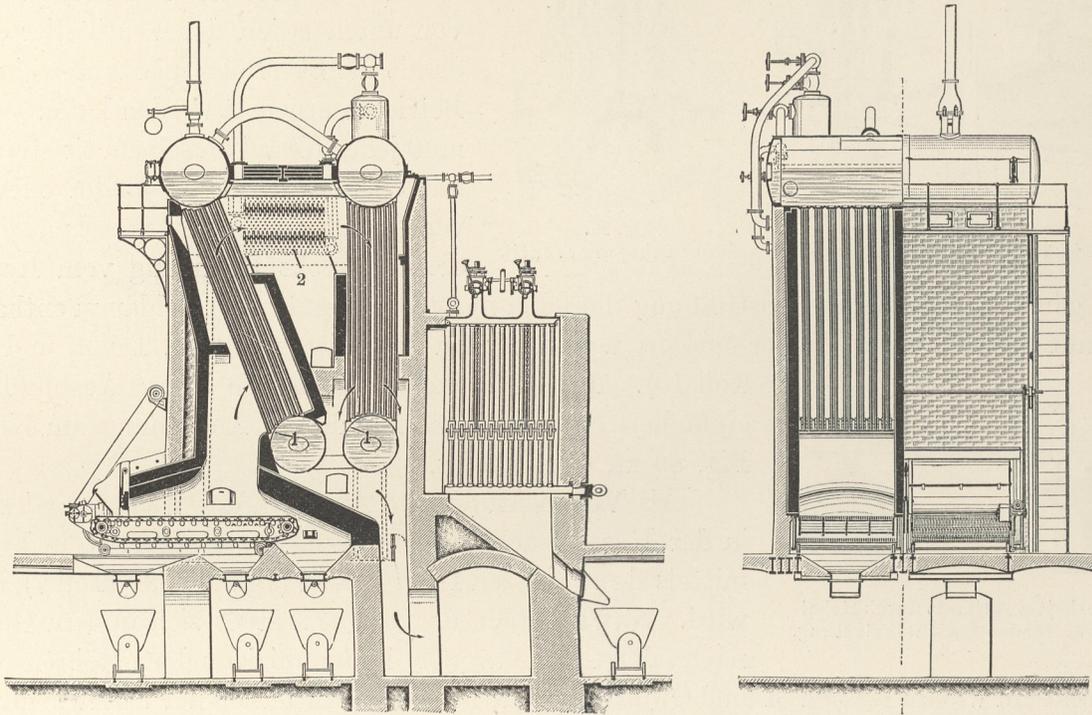


Fig. 90. Garbekessel der Düsseldorf-Rattinger Röhrenkesselfabrik.

Unterkessel stehen je durch Rohrstützen in Verbindung. Neben einem guten Wasserumlauf hat der Garbekessel den Vorteil, daß sich die Rohrsysteme nach unten ausdehnen können.

Ein Kessel mit gebogenen Wasserrohren ist schließlich der Schulz-Wasserrohrkessel (Fig. 91) der Germaniawerft in Kiel, der hauptsächlich in der Kriegsmarine Verwendung findet. Er besteht aus dem Oberkessel 1, einem Rohrsystem und drei Unterkesseln 2, die von einem Mantel umschlossen sind. An einigen (in der Figur durch stärkere Linien gekennzeichneten) Stellen bilden die Rohre dichte Wände, wodurch Züge entstehen, durch die die Heizgase in Schlangen nach oben ziehen. Der Wasserumlauf entsteht dadurch, daß das Wasser aus dem Oberkessel durch die vom Feuer am wenigsten getroffenen Rohre in die Unterkessel sinkt und durch die am stärksten beheizten Rohre wieder in den Oberkessel zurückströmt. Die ausgezogenen Pfeile deuten den Weg der Heizgase, die anderen den Wasserumlauf an.

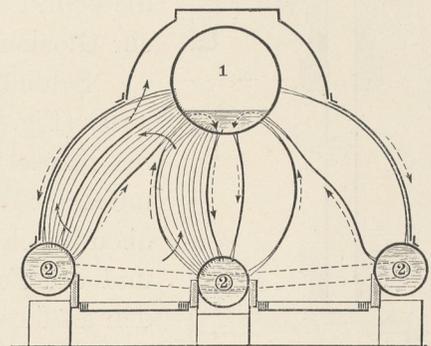


Fig. 91. Schulz-Wasserrohrkessel.

### III. Die Dampfkesselarmatur.

Man unterscheidet *feine* und *grobe* Dampfkesselarmatur. Zu ersterer gehören die Abschlußorgane für die Wasser- und Dampfwege und die Vorrichtungen zum Anzeigen des Wasserstandes und des Dampfdruckes, zu letzterer die Mann-, Hand- und Fahrlochverschlüsse, die Armaturstützen, das Feuergeschränk mit dem Rost und der Rauch- oder Essenschieber.

Durch das *Speiseventil* tritt das Speisewasser aus der Speiseleitung in den Kessel. Das

Speiseventil 1 (Fig. 92) ist als selbsttätiges Rückschlagventil ausgebildet, das dem bei 2 zuströmenden Wasser durch den Stutzen 3 den Eintritt in den Kessel gestattet, im übrigen aber ein Zurücktreten des Wassers aus dem Kessel verhindert, da es hierdurch auf seinen Sitz gepreßt wird.

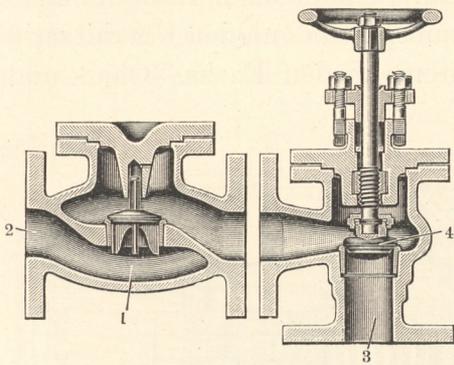


Fig. 92. Speiseventil.

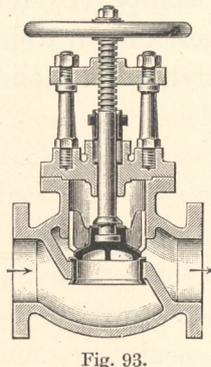


Fig. 93. Dampfabsperrentil.

Zwischen Speiseventil und Kessel ist gewöhnlich noch ein Absperrventil 4 vorgesehen. Das Beispiel eines *Dampfabsperrentils* zeigt Fig. 93. Der Dampf soll stets von unten gegen den Ventilteller drücken, damit die Stopfbüchspackung während des Betriebes erneuert werden kann. — Ferner muß jeder Kessel an seinem tiefsten Punkte mit einer durch Abblasehahn oder -ventil verschließbaren Leitung versehen sein, durch die er zwecks Reinigung vom Kesselstein

entweder gänzlich oder behufs Austreibung des den meisten Schmutz oder Schlamm enthaltenden Wassers nur teilweise vom Wasser entleert werden kann (vgl. hierzu Fig. 79, Teil 4, und Fig. 89, Teil 10).

Fig. 94 veranschaulicht die innere Ausbildung eines einfachen *Sicherheitsventils*, dessen Anordnung am Kessel aus Fig. 89 zu ersehen ist.

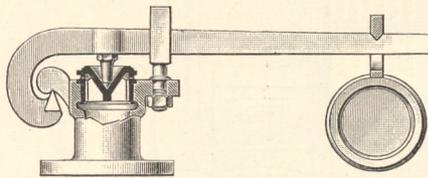


Fig. 94. Sicherheitsventil mit durch Hebelübertragung wirkender Gewichtsbelastung.

Als Vorrichtung zum Anzeigen des Wasserstandes kommt in der Hauptsache das *Wasserstandsglas* (Fig. 95) in Frage, das mittels der Stutzen 1 am Kessel (vgl. Fig. 80, Teil 7) befestigt wird. Nach Öffnen der Hähne 2 stellt sich in dem Glasrohr 3 nach dem Gesetz der kommunizierenden Röhren derselbe

Wasserstand ein wie im Kessel. 4 sind Öffnungen, die nach dem Entfernen der Überwurfmuttern 5 von außen eine Reinigung der feinen nach dem Zylinder führenden Kanäle ermöglichen. 6 ist ein

Abblasehahn. Zur annähernden Feststellung des Wasserstandes dienen außer dem Wasserstandsglas noch die in verschiedenen Höhen am Kessel angeordneten *Probierhähne*. Ferner sind mitunter noch Signalapparate vorhanden, die beim Über- bzw. Unterschreiten des höchsten bzw. tiefsten Wasserstandes ein Glockenzeichen oder Pfeifensignal geben.

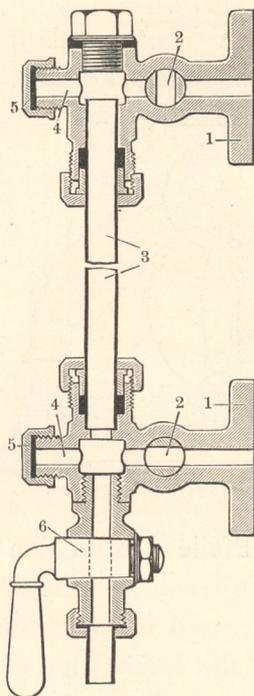


Fig. 95. Wasserstandsglas.

Schließlich ist noch das zum Anzeigen des Dampfdruckes dienende *Manometer* (Fig. 96) zu erwähnen. In einer geschlossenen Kapsel befindet sich die Plattenfeder 1, die sich unter der Wirkung des zu messenden Druckes nach oben durchbiegt und hierbei mittels der Stange 2 und des Zahnbogens 3 das kleine Zahnrad und den an diesem befestigten Zeiger 4 vor der Skala zum Ausschwingen bringt. Da die Manometerfedern eine zu starke Erwärmung nicht vertragen, werden die Manometer mit dem Kessel durch ein Rohr verbunden, das derart gebogen ist, daß ein Wassersack entsteht. Die Manometerfeder kommt also nicht mit dem Dampf, sondern mit dem im Wassersack kondensierten Wasser in Berührung.

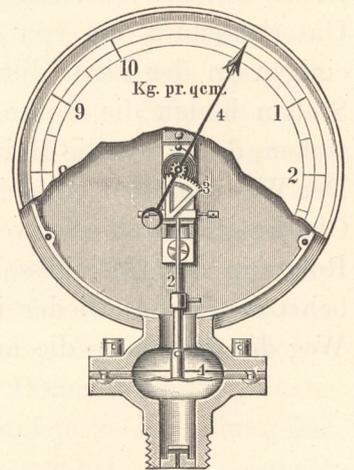


Fig. 96. Plattenfedermanometer.

Zu der *groben* Armatur gehören zunächst die verschiedenen Einrichtungen, durch die das Innere der Kesselanlage zwecks Reinigung, Reparatur und Revision zugänglich gemacht wird. An erster Stelle sind hier die Mannlochverschlüsse zu nennen. Das *Mannloch* ist eine ovale Öffnung, die während des Betriebes durch einen Deckel geschlossen ist und nach Entfernung des Deckels zum Befahren des Dampfkessels, d. h. zum

Einsteigen einer Person, dient. Kleiner ausgebildet sind die Handlochverschlüsse. Während die Mann- und Handlochverschlüsse den Zutritt zum Kesselinnern ermöglichen, sind die Fahrlochverschlüsse Einsteigöffnungen im Kesselmauerwerk, um die Züge, wie alle Teile, die zur Lagerung des Kessels im Mauerwerk und zur Verankerung des letzteren dienen, zugänglich zu machen. Ferner gehörten zur groben Armatur der *Rauch- oder Essenschieber* (Fig. 74, Teil 13), der zur Regulierung des Zuges dient, und das *Feuergeschränk*, das aus einem die Feuer- und Aschenfalltür aufnehmenden Rahmen besteht. Schließlich sind hierher noch der *Rost* sowie die zur Anbringung der feinen Armatur nötigen *Armaturstutzen* zu rechnen. Die Anordnung der einzelnen Teile am Kessel zeigt das Klappmodell des Steinmüllerkessels.

#### IV. Die Zubehörteile.

Zu den Zubehörteilen einer Dampfkesselanlage gehören die Vorrichtungen zur Reinigung und Vorwärmung des Speisewassers, zur Speisung des Kessels und zum Überhitzen des Dampfes, sowie die Apparate zur Reinigung der Kesselrohre.

Häufig enthält das Speisewasser Unreinigkeiten in Gestalt von mechanisch beigemengtem, nicht gelösten Bestandteilen (z. B. Lehm), gelösten Salzen, Ölen, Fetten (bei mit Oberflächenkondensation arbeitenden Maschinen) und freien Säuren. Ist dieses der Fall, so wird das Wasser, bevor es in den Kessel eintritt, mechanisch oder chemisch gereinigt.

Als Speisevorrichtung für Dampfkessel dienen *Injektoren* und *Kolbenpumpen*. Dem in Fig. 97 dargestellten *Injektor* wird durch das Rohr 1 nach Öffnen des Ventils 3 mittels des Handgriffes 2 aus dem zu speisenden Kessel Dampf zugeführt, während bei 5 das Speisewasser eintritt. Der aus der Dampfduüse 6 austretende Dampfstrahl reißt aus Raum 4 das Wasser in die Mischdüse 7 hinein, mischt sich mit ihm und wird dadurch kondensiert. Er erlangt hierbei eine Geschwindigkeit, die erheblich größer ist als die eines unter Kesseldruck austretenden Wasserstrahles, so daß er den Zwischenraum (Übersprung) zwischen Mischdüse 7 und Druckdüse 8 überspringen und durch den Stutzen 11 in die Speiseleitung des Kessels treten kann. Der aus der Mischdüse austretende Strahl tritt beim Anlassen durch den Übersprung in den Schlabberraum 9 und aus diesem durch das Schlabberrohr 10 nach Überwindung eines Rückschlagventils ins Freie, bis der Dampfzutritt geöffnet und eine vollständige Kondensation erfolgt ist.

In Fig. 98 ist eine schwungradlose *Duplex-Dampfpumpe* zur Kesselspeisung dargestellt. Sie besteht aus zwei doppelwirkenden Pumpen 1, von denen jede von einer mit Muschelschiebersteuerung (vgl. Fig. 106) versehenen Dampfmaschine 2 angetrieben wird, wobei die Kolbenstange des einen Dampfzylinders den Muschelschieber des anderen steuert. Der Dampfzutritt erfolgt durch das Absperrventil 3. Das Wasser strömt der Pumpe durch den Stutzen 4 zu und verläßt sie durch den Stutzen 5 des Druckwindkessels 6.

Zur Vorwärmung des Kesselspeisewassers, die eine nicht unbeträchtliche Ersparnis zur Folge hat, wird entweder die Wärme des Frisch- oder Abdampfes oder die Wärme benutzt, die

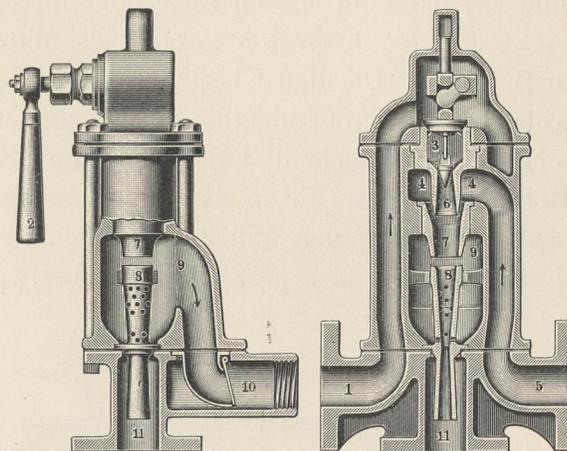


Fig. 97. Injektor.

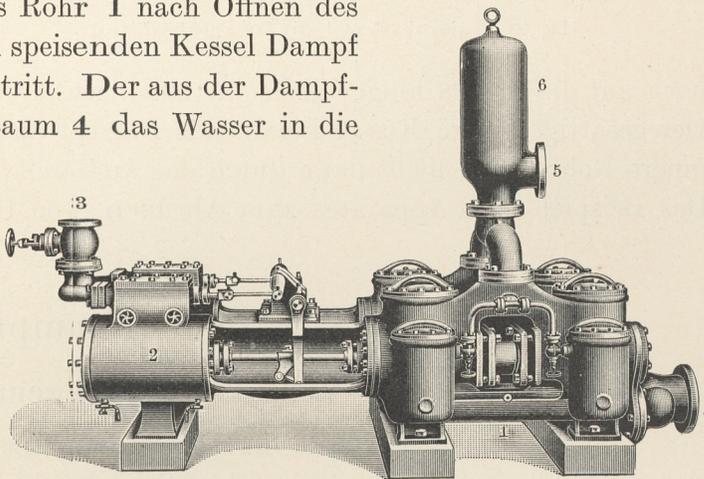


Fig. 98. Duplex-Dampfpumpe.

den aus dem Kessel abziehenden Heizgasen noch innewohnt. Eine Nutzbarmachung der Wärme des Frischdampfes findet bei den mit Frischdampf betriebenen Injektoren zur Kesselspeisung statt. Findet Abdampf zur Vorwärmung des Kesselspeisewassers Verwendung, so wird entweder die Speiseleitung des Kessels in die Abdampfleitung der Maschine verlegt (s. Fig. 160, Teil 44; Fig. 170, Teil 5), oder es findet eine direkte Mischung des Abdampfes mit dem Kesselspeisewasser statt, wobei gewöhnlich der Abdampf in einen Raum geleitet wird, von dessen Decke das Speisewasser, fein verteilt, niederrieselt. Die mit Abgasen des Kessels geheizten Vorwärmer (*Economiser*) sind entweder im letzten Zuge oder im Fuchs angeordnet (vgl. Fig. 87, Teil 10).

Für die *Überhitzer* kommt als Material nicht nur Schmiedeeisen, sondern auch Gußeisen in Betracht. Die den Überhitzer bildenden Rohre sind entweder alle hintereinander geschaltet, wobei der Dampf ungeteilt alle Rohre nacheinander durchströmt, oder sie sind parallel geschaltet, in welchem Falle von dem Zuleitungsrohr für den gesättigten Dampf zahlreiche Rohre ausgehen, die in das Ableitungsrohr für den überhitzten Dampf münden. Ferner sind noch Kombinationen üblich, bei denen einzelne Gruppen von Rohren gebildet werden, die dann hintereinander oder parallel geschaltet werden. Zur Beheizung des Überhitzers werden sowohl

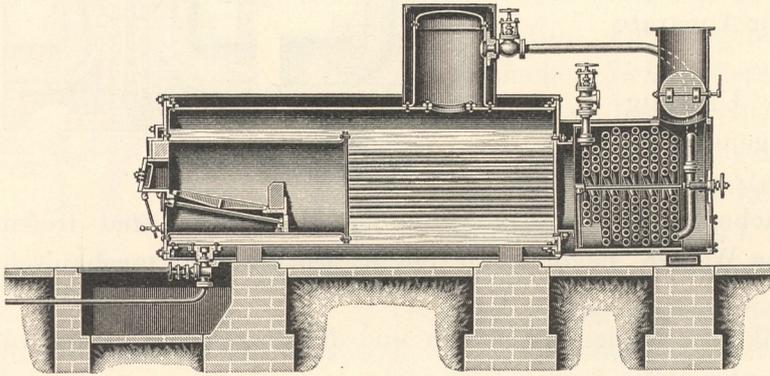


Fig. 99. Heizrohrkessel mit Dampfüberhitzer.

die aus dem Kessel abziehenden Heizgase als auch besondere Feuerungen verwendet. Bei den schmiedeeisernen Überhitzern finden einfache, gerade oder auch U-förmig gebogene Rohre (vgl. Fig. 89, Teil 6, sowie das Klappmodell des Steinmüllerkessels) Verwendung. Ferner sind auch Überhitzer mit gebogenen Rohren gebräuchlich. Einen solchen aus spiralförmig gebogenen Rohren bestehenden Überhitzer zeigt Fig. 99. Schließlich sei

noch auf die Fig. 88 hingewiesen, die einen aus Doppelrohren 5, 6 bestehenden Überhitzer zeigt. Der gesättigte, vom Kessel kommende Dampf durchströmt bei diesem Überhitzer zunächst das innere Rohr 5 und fließt dann durch das äußere, von den Heizgasen bestrichene Rohr 6 zurück. Das Beispiel eines Apparates zum Abrußen von Heizrohren zeigt Fig. 167, Teil 9, 10.

## B. Die Dampfmaschinen.

### I. Allgemeines.

Schon frühzeitig wurde der Dampf zur Leistung von Arbeit benutzt. Erste Versuche waren der Heronsball und die auf dem Prinzip des Segnerschen Rades beruhende Äolipile. Beide sind schon 120 v. Chr. beschrieben. Trotzdem sind in den folgenden Jahrhunderten auf dem Gebiete der Dampfbenutzung keine nennenswerten Erfolge bis zum Anfange des 18. Jahrhunderts zu verzeichnen. Auch dann war es bei den damaligen Dampfmaschinen nicht die Dampfkraft, sondern der Druck der Atmosphäre, der zum Antriebe der Maschinen benutzt wurde. Der Dampf war lediglich das Mittel zur Erzeugung des für diese sogenannten *atmosphärischen Maschinen* erforderlichen Vakuums. Wichtigste Vertreterin dieser Gattung ist die Dampfmaschine von Newcomen, die seit 1712 zum Fördern von Grubenwasser zu Griff in Warwickshire verwendet wurde.

Die Bewegungsübertragung erfolgt bei dieser Maschine (Fig. 100) durch einen drehbar gelagerten Balancier 5, der an einem Ende mittels Kette mit dem im Zylinder 2 gleitenden Kolben 4 und am anderen Ende, ebenfalls durch Kette, mit dem Pumpengestänge 7 und einem Gegengewicht 6 verbunden ist. Unter dem Arbeitszylinder befindet sich der kugelförmige Dampfkessel 1. Nach Öffnen des Hahnes 3 geht der Kolben 4, infolge des Übergewichtes des Pumpengestänges