

spannungen eine Blechstärke von 25 bis 26 mm; die Mantelbleche eine solche von durchschnittlich 22 mm.

Fig. 202 zeigt die Anordnung eines Doppeldampfraumkessels.

194. Die Wasserröhrenkessel. Wird die Heizfläche eines Röhrenkessels durch die äußere Oberfläche einer größeren Anzahl enger Röhren oder anderer kleiner Kesselteile, durch welche eine stete Zirkulation des Wassers infolge des Unterschiedes der Dichte des heißen und kalten Wassers stattfindet, gebildet, dann bezeichnet man solche Kessel als Wasserröhrenkessel.

In gewöhnlichen Kesseln ist die Wasserzirkulation im allgemeinen ganz unregelmäßig, denn wenn eine Dampfblase an irgend einer Stelle der Heizfläche aufsteigt, wird deren Platz von einem Wasserteilchen eingenommen, welches von irgend einer Seite kommen kann; in einem gut angelegten Wasserröhrenkessel ist hingegen die Zirkulation vollkommen systemmäßig: das Wasser tritt in jedes der Rohre an einem Ende ein durchzieht dasselbe in einem dünnen, kontinuierlichen Strome und verläßt das Rohr teilweise in Dampf verwandelt. Gewöhnlich stehen die Rohre mit einem räumlich von denselben getrennten, darüberliegenden einfach cylindrischen Kessel in Verbindung, an welchen sie den Dampf abgeben; von diesem als Dampf- und Wasserreservoir dienenden Kessel wird einerseits der Dampf entnommen, um direkt oder nach Passierung eines Überhitzers seinem Zwecke zugeführt zu werden, während andererseits das Wasser in dem Maße, als es in den heißeren Partien auftreibt, in den kühleren Rohrpartien vermöge seiner Schwere nachsinkt und somit auf seinem Wege durch dieselben und den Sammelraum einen steten Kreislauf beschreibt.

Die ersten wirklich brauchbaren Wasserröhrenkessel wurden vor etwa 60 Jahren von dem Maschinenfabrikanten Alban zu Plau in Mecklenburg erdacht und in seinem Werke „*Die Hochdruckdampfmaschinen*“ beschrieben. Alban wollte vor allem einen schwer- oder überhaupt nicht explodierbaren Kessel für hochgespannte Dämpfe liefern. Die Albansche Konstruktion kam jedoch bald in Vergessenheit und erst in den sechziger Jahren wurde das Interesse für den Wasserröhrenkessel in beteiligten Kreisen neuerdings angeregt und zwar in erster Linie durch die Konstruktionen des Franzosen Belleville, welche anlässlich der Pariser Ausstellung 1867 gerechtes Aufsehen erregten. Von da an fing ein förmlicher Wettlauf an in der Herstellung brauchbarer Wasserröhrenkessel; der alte Alban-Kessel wurde wieder der Vergessenheit entrissen und in mannigfachen Konstruktionen verbessert; neue Typen wurden geschaffen, indem man sich die Hand in Hand gehenden Fortschritte in der Erzeugung geeigneter Rohre und diverser Verbindungsdetails, in erster Linie jedoch

die inzwischen gemachten Erfahrungen auf diesem nun hochwichtigen Gebiete des Kesselbaues zunutze machte; unter diesen neuen Typen seien als wichtigste genannt die Wasserröhrenkessel von Heine, Steinmüller, Root, Walther & Co., de Nayer, Dürr & Co., Willmann, Büttner, Humboldt, Breda & Co., Gehre, Simonis & Lanz, Babcock & Wilcox, Thornycroft, Jarrow, Niclaue u. a.

Den Ruf, vollkommen explosions sicher zu sein, haben manche dieser Konstruktionen nicht bewahren können, denn wie die Statistik zeigt, treten bei diesen Kesseln ziemlich häufig Explosionen ein, doch sind dieselben nie von jener verheerenden Wirkung, wie Explosionen von Großwasserkesseln. Die Belleville-Kessel waren auch die ersten Wasserröhrenkessel, welche für Schiffszwecke Verwendung fanden und zwar zuerst in Frankreich, jetzt auch vielfach in der englischen Kriegsmarine. Der Kessel hat die gute Eigenschaft, gegen plötzliche Temperaturschwankungen ziemlich unempfindlich zu sein, doch ist das befriedigende Funktionieren desselben an eine Anzahl sinnreicher aber auch komplizierter Ausrüstungsgegenstände gebunden. Nachdem Marinekessel obige Eigenschaft mehr als stationäre Kessel besitzen müssen, wurde auch der Versuch mit gebogenen statt der üblichen geraden Rohre gemacht; außerdem soll ein Schiffskessel möglichst geringes Gewicht besitzen und bei großer Heizfläche wenig Raum in Anspruch nehmen; er muß leicht und sicher zu bedienen und zu reinigen sein. Es gibt wenige Konstruktionen, die diesen Bedingungen im genügenden Maße gerecht werden.

In der deutschen Marine haben außer dem geradröhri gen Bellevillekessel, sowie dem Kessel von Niclaue, auch die Dürrkessel, dann von den Konstruktionen mit gebogenen Rohren die Kessel von Thornycroft (London) und Schulz (Germania in Tegel) ausgedehntere Anwendung gefunden.

Die Gewichtersparnis beträgt ca. 33 Prozent gegenüber den gewöhnlichen Schiffskesseln mit großem Wasserinhalt; das Raumbedürfnis dürfte ziemlich das gleiche sein. Der Nutzeffekt beträgt durchschnittlich 68 bis höchstens 70 Prozent.

Bezüglich der Brauchbarkeitsdauer liegen bis heute noch keine abschließenden Erfahrungen vor; Schiffskessel haben übrigens an und für sich keine lange Lebensdauer. Die Handelsmarine verhält sich bisher den Wasserröhrenkesseln gegenüber ablehnend.

Ohne auf eine Besprechung der allgemeinen Anordnung, sowie der mitunter sehr komplizierten konstruktiven Einzelheiten der verschiedenen Wasserröhrenkesselsysteme eingehen zu können*), sei hier, dem Zwecke

*) Dispositionsskizzen und Details verschiedener Wasserröhrenkessel siehe u. a.: Haeder, *Bau und Betrieb der Dampfkessel*, 1898, Duisburg. Reiche, *Anlage und*

und Umfange dieses Buches entsprechend, nur je eine bewährte Konstruktion mit geraden, beziehungsweise gebogenen Wasserröhren herausgegriffen und zwar für erstere Gruppe der beliebte und sehr verbreitete Babcock & Wilcox-Kessel, für die zweite Gruppe der Kessel von Thornycroft.

Die Konstruktion eines Babcock & Wilcox-Kessels mit Dubieauscher Emulsion und Überhitzer, wie solche von der im Dampfmaschinenbau Weltruf genießenden Ersten Brüner Maschinenfabriks-Gesellschaft seit Jahren ausgeführt wird, ist durch Fig. 203 im Längenschnitte, durch Fig. 204 im Querschnitte dargestellt. Der Kessel besteht aus einem hoch-

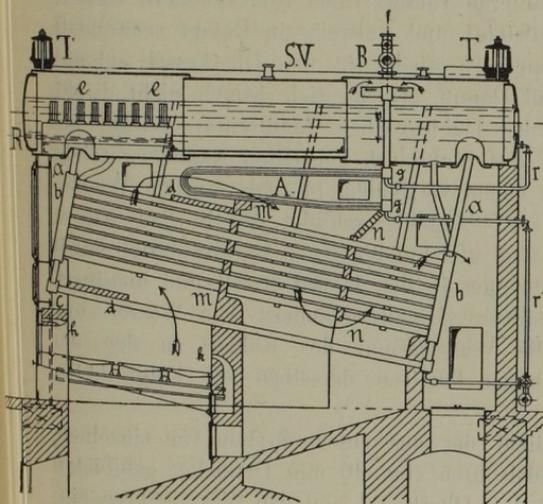


Fig. 203.

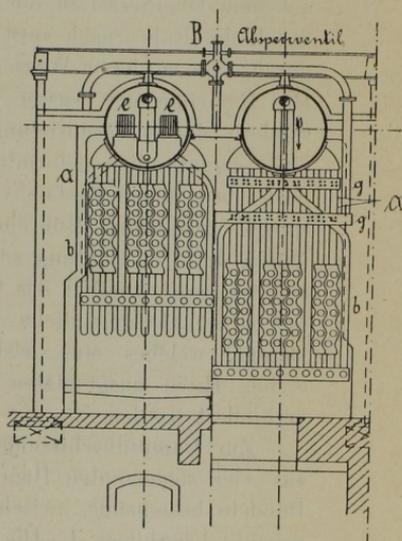


Fig. 204.

liegenden cylindrischen Oberkessel, einem System von geneigt liegenden schmiedeeisernen Wasserröhren und den dieselben mit dem Oberkessel, als Dampf und Wassersammler verbindenden, in kurze Geradrohre *aa* übergehenden, reihenweise angeordneten Wasserkammern *bb*.

Damit die Heizgase zur Zirkulation gezwungen werden, sind einerseits die Zwischenwände *mm* und *nn* aus Schamottesteinen und dahinterliegenden Gußeisenplatten, andererseits die gleichfalls aus feuerfesten Steinen gebildeten Deckplatten *dd* eingebaut. Die unterste Rohrreihe ist in einem größeren Abstände von den übrigen Rohrreihen gelegt, um einer-

Betrieb der Dampfkessel, Leipzig 1888. Pohlhausen, Dampfkesselanlagen, 1899, sowie die Berichte über die Ausstellung in Paris 1900 etc.

seits Raum für die untere Deckplatte *d* zu schaffen und die Heizgase innig zu mischen, andererseits zu verhindern, daß die Heizgase unmittelbar nach ihrer Entwicklung gegen das ganze massige Rohrsystem stoßen und sich sofort energisch abkühlen. Die beiden horizontalreihigen Wasserkammern *cc* dieser untersten Rohrreihe sind, wie aus dem Querschnitte zu ersehen, teils durch kurze Geradrohre mit den darüberliegenden Wasserkammern *b*, teils durch zwischen diesen, sowie zu beiden Seiten außerhalb derselben liegenden Röhren direkt mit dem Oberkessel verbunden, um hierdurch eine lebhaftere Wasserzirkulation zu erzielen. Infolge dieser Gesamtanordnung findet ein steter Kreislauf des Wassers statt, indem dasselbe aus dem Oberkessel in die kühleren rückwärtigen Rohrkammern eintritt, durch die Rohre nach vorn aufsteigt und teilweise in Dampf verwandelt, durch die vorderen Wasserkammern wieder in den Oberkessel gelangt. Das Gemenge aus Wasser und Dampf ergießt sich jedoch nicht direkt, sondern durch Vermittelung des Dubieauschen Emulseurs, welcher aus einer eigentümlich geformten, aus Stahlblech gepreßten Kammer, welche nach oben in ein System von engen vertikalen, bis nahe an den Wasserspiegel reichenden Röhren *ee* übergeht, gebildet ist, in den Kessel. Durch diese Vorrichtung soll eine gleichmäßigere Wasserzirkulation sowie ein ruhigerer Austritt des Gemenges in den Kessel erzielt und hierdurch das sonst unvermeidliche stoßweise Hinausschleudern von Wasser und Dampf, welches eine partielle Wasserarmut der Röhren in den der ersten Hitze ausgesetzten oberen Partien derselben zur Folge hätte, verhindert werden.

Zur Dampfüberhitzung dient der aus einem System von einzelnen, aus vier sogenannten Haarnadelröhren von 40 mm Diameter gebildeten Bündeln bestehende, zwischen dem Oberkessel und den Wasserröhren eingebaute Überhitzer *A*. Die in horizontaler Reihe nebeneinander liegenden Röhrenbündel vereinigen sich an beiden Enden in je ein Querstück *gg*; das obere entnimmt den gesättigten Dampf aus dem Kessel, das untere führt den überhitzten Dampf durch seitlich außerhalb des Kessels aufsteigende Rohre nach dem Absperrventil *B*. Während der Anheizperiode wird der Überhitzer mit Wasser gefüllt erhalten, welches vor Beginn der Dampfenahme, also der Überhitzung, aus demselben abgelassen werden muß; hierzu dienen die aus der Zeichnung ersichtlichen engen Anschlußrohre *rr'*.

Die Speisung erfolgt von der vorderen Stirnfront des Kessels durch ein in denselben ragendes horizontales Rohr *R*; vor der Mündung desselben ist ein Schlammfänger angebracht.

Der ganze Kessel wird durch ein Gerüst aus vertikalen und horizontalen Eisenträgern getragen, an welchem der Oberkessel durch Rundenisen-

schlingen, die sich oberhalb des Kessels an der Aufhängestelle T vereinen, aufgehängt ist, somit der Länge nach freibeweglich schwebt.

Die Dampfkammern sind selbstverständlich so eingerichtet, daß durch leicht abnehmbare Deckelstücke die einzelnen Rohre gereinigt, wenn notwendig ausgewechselt werden können.

Zur Erzielung einer möglichst vollkommenen Verbrennung wird über dem Roste durch bei h mündende Düsen ein Dampfschleier eingeblasen, andererseits durch Schlitze k Luft zugeführt.

Die Wasserröhren haben einen Durchmesser von 102 mm im Lichten bei 4 mm Wandstärke; eine Baulänge von 5500 mm; der Oberkessel einen Durchmesser von 1200 mm bei ca. 7000 mm Länge. Eine Änderung der Heizfläche wird nur durch die Anordnung der Rohrsektionen erzielt, indem nicht nur die Zahl der übereinander liegenden Rohre einer Sektion, als auch die Anzahl der nebeneinander liegenden Sektionen geändert wird*).

Der Konstruktion des Wasserröhrenkessels in seiner speziellen Anwendung als Schiffskessel wurde von Thornycroft die größte Aufmerksamkeit gewidmet. Wie aus Fig. 205 (s. S. 476), welche einen Thornycroftkessel im Querschnitt und Vorderansicht darstellt, zu ersehen, besteht die Heizfläche desselben aus einer großen Anzahl enger gebogener Röhren, welche zunächst, von zwei seitlich liegenden weiten Horizontalröhren ausgehend, über dem Feuer eine Wölbung bilden, um sich dann wieder nach auswärts zu biegen und schließlich in einem über der Feuerung liegenden Oberkessel zu vereinen. Von diesem fließt das Wasser durch zwei außerhalb des Heizraumes liegende geneigte Rohre (in Fig. 205 links zu sehen) nach den zu beiden Seiten der Feuerung liegenden, vorhin erwähnten Sammlern, um von diesen, aufwärtssteigend, sich in den Wasserröhren zu verteilen.

Durch die der Länge der Feuerung nach in Vertikalsektionen sich aneinander reihenden Wasserröhren wird eine lebhafte Zirkulation der Heizgase erzwungen; andererseits sind die Wandstärken der nur 25 bis 40 mm weiten Rohre sehr klein (2,2 bis 2,6 mm) es findet daher eine verhältnismäßig günstige Wärmeausnützung statt. Nach eingehenden u. a. von Prof. Kennedy ausgeführten Versuchen an Thornycroftkesseln beträgt das Verhältnis der in Dampf verwandelten Wärme zum Wärmewerte des hierzu verbrauchten Brennstoffes, also der Nutzeffekt des Kessels im Mittel 0,67. Die Versuche Kennedys wurden mit forciertem Zuge unter verschiedenen Pressungen bis zu 52 mm Wassersäule an einem

*) 32 Stück Babcock- und Wilcoxkessel von je 300 qm Heizfläche, 52 qm Überheizungsfläche, bei 14 Atmosphären Betriebsspannung sind derzeit seitens der Ersten Brünnener Maschinenfabrik-Gesellschaft für die städtischen Elektrizitätswerke in Wien im Bau; sie liefern den Dampf für acht Stück 3000 PS-Maschinen.

Torpedobootkessel von 170 qm Heizfläche bei 2,8 qm Rostfläche durchgeführt. Bei dem höchsten Winddrucke betrug die Leistung der von diesem Kessel gespeisten Maschine 770 PS_i; hierbei wurden durchschnittlich 340 kg Kohle pro qm Rostfläche und Stunde verbrannt. Eine Analyse der Heizgase ergab 17,2 kg Luft per kg Kohle, sowie einen ca.

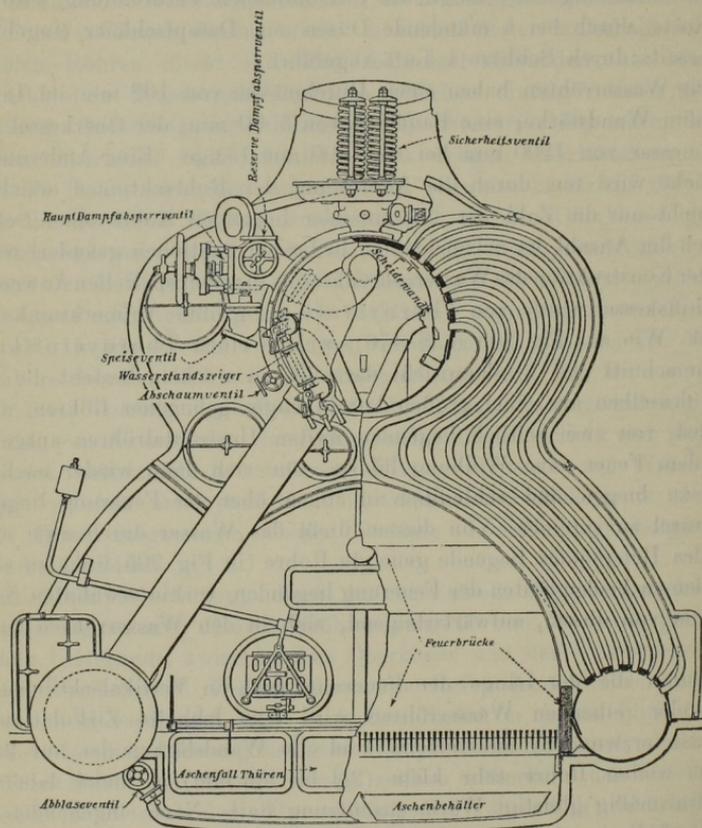


Fig. 205.

neunprozentigen Verlust an Energie des Brennmaterials infolge unvollkommener Verbrennung.

Bei einer Windpressung von nur 13 mm Wassersäule gab die Maschine 450 PS_i bei so ziemlich dem gleichen Luftbedarfe pro kg Kohle; der Energieverlust betrug jedoch nur ca. 5 Prozent, der Nutzeffekt hingegen stieg auf 0,78. Diese und andere Resultate der Versuche Ken-

nedys*) zeigen, daß ein Kessel dieser Art sehr veränderliche Dampfmen gen erzeugen kann, ohne daß selbst bei sehr forciertem Zuge eine bedeutende Reduktion des Nutzeffektes eintritt, während derselbe bei normaler Beanspruchung des Kessels außergewöhnlich hoch ist.

Es seien hier des Zusammenhanges wegen die instruktiven Versuche erwähnt, welche Prof. Watkinson an Modellkesseln mit Glasröhren durchführte, um die Wasserbewegung in Babcock-, Belleville-, Thornycroft-, Yarrow-, Niclause- u. a. Kesseln studieren zu können (*Transactions of the Institution of Naval Architects* 1896).

195. Stehende Kessel. Die stehenden Kessel arbeiten fast ausschließlich mit Innenfeuerung, da sie heutzutage mit Ausnahme der in Hüttenwerken gebräuchlichen eingemauerten, indirekt gefeuerten Stehkessel nur für Kleinbetriebe verwendet werden, daher selten eine Heizfläche größer als 20 qm, in der Mehrzahl der Anwendungsfälle eine wesentlich kleinere Heizfläche besitzen.

Die stehende, in die Höhe gehende Bauart der Kessel benötigt eine sehr kleine Bodenfläche, daher dieselben bei räumlich beschränkten Lokalitäten leicht untergebracht werden können; auch fällt die Einmauerung bei Innenfeuerung weg; die ganze Heizfläche konzentriert sich im Innern des Kessels, wodurch der Nutzeffekt bei so kleinen Kesseln wesentlich erhöht wird. Um jedoch Wärmeverluste durch Ausstrahlung nach außen tunlichst zu vermeiden, muß der Kessel durch schlecht wärmeleitende Substanzen sorgfältig eingehüllt werden.

Die stehenden Kessel haben jedoch eine im Verhältnisse zur Heizfläche meist sehr kleine Verdampfungsoberfläche, neigen daher zum Überkochen und geben häufig schon bei normalem, umsomehr bei forciertem Betriebe nassen Dampf.

Die stehenden Kessel bestehen aus einem cylindrischen Kessel mit konzentrisch eingebauter, gleichfalls cylindrischer Feuerbüchse zur Aufnahme des Rostes. Die Oberfläche der Feuerbüchse und der an dieselbe anschließenden Feuer- und Wasserröhren bilden die Heizfläche des Kessels. Kleinkessel werden zunächst auf einen gußeisernen Untersatz gestellt, welcher als Aschenfall, mitunter auch als Vorwärmer des durch denselben zirkulierenden Speisewassers dient. Am höchsten Punkte des Kessels (bei Heizröhrenkesseln ist noch eine Rauchkammer aus Blech oder Gußeisen aufgesetzt) ziehen die Heizgase nach dem Kamine ab.

Die Kessel werden entweder als Heizröhrenkessel gebaut, indem von der Deckplatte der Feuerbüchse ein Rohrbündel nach dem oberen Kessel-

*) *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, Vol. XCIX, S. 57.