

Sonderabdruck
aus der
Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure,
Band XXXX.

Die
Wasserrohrkessel der Dampfschiffe.

Von

C. Busley.

St. Nr. 21277



Berlin 1896.

21277

Faint purple circular stamp or mark.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300360

[Handwritten signature]

Die

Wasserrohrkessel der Dampfschiffe.

Von

C. Busley.

St. Nr. 21 277.



Berlin 1896.

267 9 51/44

X
1886

10

II. 20. 1903

III 16923



Akc. nr.

5126/80

Vorwort.

Schon während des Erscheinens der einzelnen Teile dieser Arbeit in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure sind nicht blofs aus Deutschland, sondern auch aus Frankreich, Russland und Nordamerika eine Reihe von Zuschriften an mich gerichtet worden, in denen um eine Zusammenfassung der einzelnen Aufsätze in einem Sonderabdruck gebeten wurde. Aus diesem Grunde entschloss ich mich, eine weit grössere Anzahl von Sonderabdrücken herstellen zu lassen, als ursprünglich in meiner Absicht lag. Bestärkt wurde ich in diesem Entschlusse durch den Umstand, dass von keiner durch meine Kritik berührten Seite ein Widerspruch erfolgt ist, woraus ich schliesse, im allgemeinen das Richtige getroffen zu haben.

Nur eine Berichtigung ging mir zu, die aber leider erst in meine Hände gelangte, als der Abdruck des vorliegenden Heftes schon so weit vorgeschritten war, dass sie nicht mehr berücksichtigt werden konnte. Von befreundeter Seite wurde ich darauf aufmerksam gemacht, dass der in Fig. 118 bis 122 auf Seite 28 dargestellte Kessel nur von C. D. Mosher in New York gebaut wird, indessen nicht auch, wie ich nach meiner Quelle annehmen musste, von der genannten Firma konstruirt wurde. Entworfen ist dieser Torpedobootskessel in dem unter Leitung des Engineer in Chief, Herrn Geo. W. Melville, stehenden Bureau of Steam-Engineering der Vereinigten Staaten-Marine in Washington.

Berlin, im November 1896.

Der Verfasser.

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite
I. Einleitung	1
II. Gliederkessel.	
1. Der Belleville-Kessel	3
2. Der Perkins-Kessel	12
3. Der Herreshoff-Kessel	12
4. Der Root-Kessel	13
III. Wasserkammerkessel.	
5. Der Alban-Kessel	16
6. Der Heine-Kessel	17
7. Der Büttner-Kessel	19
8. Der Oriolle-Kessel	19
9. Der Lagrafel-d'Allest-Kessel	20
10. Der Steinmüller-Kessel	23
11. Der Yarrow-Kessel	25
12. Der Seaton-Kessel	25
13. Der Holtz-Kessel	26
14. Der Penelle-Kessel	26
15. Der Towne-Kessel	26
16. Der Mosher-Kessel	28
17. Der Babcock-Wilcox-Kessel	29
18. Der Haythorn-Kessel	31
19. Der Martin-Kessel	32
20. Der Schichau-Kessel	32
IV. Zirkulationsrohrkessel.	
21. Der Dürr-Kessel	34
22. Der Walther-Kessel	36
23. Der Niclausse-Kessel	38
V. Krummrohrige Kessel mit wagerechten Sammlern.	
24. Der Du Temple-Kessel	40
25. Der Du Temple-Normand-Kessel	41
26. Der Normand-Kessel	42
27. Der Normand-Sigaudy-Kessel	43
28. Der Thornycroft-Kessel	43
29. Der Blechynden-Kessel	48
30. Der Reed-Kessel	49
31. Der Fleming-Ferguson-Kessel	50
32. Der Mosher-Kessel	52
33. Der Ward-Kessel	53
34. Der Boyer-Kessel	53
35. Der Cowles-Kessel	54
36. Der White-Kessel	55
37. Der Yarrow-Kessel	56
38. Der Petersen-Macdonald-Kessel	58
39. Der Sampson-Kessel	59
40. Der Mumford-Kessel	59
VI. Krummrohrige Kessel mit senkrechten Sammlern.	
41. Der Ward-Kessel	61
42. Der Lentz-Kessel	63
VII. Compound-Kessel.	
43. Der Anderson-Lyall-Kessel	66
44. Der Soliani-Kessel	67
45. Der Stroomann-Kessel	68
VIII. Heutiger Wert der Wasserrohrkessel für Schiffszwecke.	
1. Geringes Gewicht	70
2. Geringe Raumbeanspruchung	71
3. Geringe Anlagekosten	72
4. Geringe Reparaturkosten	73
5. Geringe Explosionsgefahr	73
6. Große Wirtschaftlichkeit	74
7. Die Schnelligkeit des Dampfaufmachens	75
8. Die Unempfindlichkeit gegen starke Forcirungen	75
9. Ueberkochen und nasser Dampf	76
10. Schwierigkeit der Speisung	77
11. Empfindlichkeit gegen Rost und Verunreinigungen	77
12. Unverstopfbarkeit schadhafter Rohre	78
IX. Schlusswort	79

I. Einleitung.

Der Kampf zwischen Panzer und Kanone, welcher den Kriegsschiffbau der letzten Jahrzehnte fast unumschränkt beherrschte, ist niemals so heftig entbrannt, wie heute der Streit um Cylinder- und Wasserrohrkessel geführt wird. Noch ist dieser Zwist in den meisten Kriegsmarinen nicht endgültig entschieden und schon beginnt er in das Gebiet der Handelsmarine hinüber zu greifen. Ja, während man in der Kriegsmarine im allgemeinen vom Cylinderkessel über den Lokomotivkessel erst zum Wasserrohrkessel gelangte, sucht der letztere jetzt geradeswegs unter Verdrängung des Cylinderkessels in den Handelsmarinen Boden zu gewinnen. Es ist daher wohl an der Zeit, auf Grund der bisherigen Erfahrungen die Frage zu erörtern, inwieweit die Berechtigung für eine derartige Bewegung vorhanden ist.

Um die heutige hohe Fahrgeschwindigkeit zu erreichen, müssen die Schiffe eine möglichst geringe Wasserverdrängung mit einer möglichst großen Maschinenleistung verbinden. So besitzen die zuletzt fertig gestellten 42 englischen Torpedobootjäger der »Daring«-Klasse bei 220 bis 280 t Wasserverdrängung eine Länge von 55 bis 61 m und eine Maschinenstärke von 4000 bis 4500 PS_i, womit sie sämtlich während der dreistündigen Abnahmeprobefahrt 27 Knoten gelaufen sind. Viele dieser Fahrzeuge haben fast 28 Knoten erreicht, einzelne von ihnen diese Geschwindigkeit sogar noch überschritten, denn es werden »Surly« von Thomson mit 28,05 und »Boxer« von Thornycroft mit 29,17 Knoten und 4487 PS_i angeführt.

Die jetzt in Bau begriffenen 48 englischen Torpedobootjäger sollen bei nicht viel größerer Wasserverdrängung während dreistündiger forcirter Probefahrt 30 Knoten laufen. Der erste hiervon erprobte ist »Desperate« von Thornycroft, welcher bei 272 t Wasserverdrängung eine Länge von 64 m besitzt und dessen Maschine ungefähr 5400 PS indizirte, wobei 30,46 Knoten erzielt wurden. Inzwischen ist im September 1895 von Normand das französische Torpedoboot »Forban« abgeliefert, welches nur 135 t Wasserverdrängung bei 44 m Länge besitzt und mit rund 3500 PS_i eine Geschwindigkeit von 31,029 Knoten während einer etwa zweistündigen forcirten Probefahrt erreicht hat, wobei stündlich 2695 kg Kohlen verbraucht wurden. Da das Boot überhaupt nur 15 t Kohlen an Bord mitführen kann, so reicht jener Vorrat bei größter Fahrgeschwindigkeit nur für 5½ Stunden. Bei einer Marschgeschwindigkeit von 14 Knoten gebraucht dieses Boot dagegen 192 kg Kohlen in der Stunde und könnte dann 1000 Seemeilen durchdampfen, während es mit äußerster Fahrt nur 170 Seemeilen zurücklegt.

Dieser Erfolg der Franzosen scheint den Engländern keine Ruhe zu lassen, denn von den im laufenden Etatsjahr 1896/97 zu erbauenden neuen Torpedobootjägern verspricht Thornycroft für »Albatross« eine Geschwindigkeit von 32 Knoten, Laird für »Express« eine solche von 33 Knoten während dreistündiger forcirter Probefahrt, und es heißt, dass seitens der englischen Admiralität hierfür sogar 34 Knoten gefordert worden sind. Die Wasserverdrängung dieser schnellsten Fahrzeuge soll 350 t nicht überschreiten und ihre Maschinen

müssen fast 9000 PS indiziren, um die außerordentlich hohe Fahrgeschwindigkeit herauszubringen. Damit genügend stark forcirt werden kann, soll den Erbauern ein Kohlenverbrauch bis zu 1,2 kg für 1 PS_i-Std. erlaubt werden, wonach sich der stündliche Kohlenverbrauch zu rd. 10 t berechnet. Die in den Bunkern unterbringbare Kohlenmenge beträgt aber nur 60 t, weswegen diese Fahrzeuge höchstens 6 Stunden lang mit äußerster Fahrt dampfen und damit im günstigsten Falle etwa 200 Seemeilen zurücklegen können.

Eine wie ungemein schwierige Aufgabe die englische Admiralität den Konstrukteuren stellt, wenn sie wirklich eine Maschinenleistung von etwa 9000 PS_i bei 350 t Wasserverdrängung verlangen sollte, lässt sich daran ermaßen, dass unsere 4 neuesten Schlachtschiffe der »Brandenburg«-Klasse bei 10000 t Wasserverdrängung nur über eine Durchschnittsmaschinenleistung von 9000 PS_i verfügen. Ein weiterer Vergleich lässt sich mit unseren neuen Schnellzuglokomotiven anstellen, welche etwa 800 PS indiziren und dabei ohne Tender etwa 50 t wiegen. Es gehören also rd. 11 Lokomotiven mit 550 t Gewicht dazu, um die Leistung von 9000 PS_i hervorzubringen. Hinkt der letzte Vergleich auch etwas, so lässt er sich doch insofern verteidigen, als die Lokomotivkonstrukteure ebenfalls gewöhnt sind, mit den Gewichten zu knausern.

Das Eigengewicht des Schiffskörpers betrug schon bei den älteren englischen Torpedobooten nur 30 bis 35 pCt der Wasserverdrängung gegen etwa 40 pCt bei den gewöhnlichen Schichau-Torpedobooten. Nun heißt es, dass Thornycroft bei diesen neuen englischen Torpedofahrzeugen bis auf 25 und 27 pCt herunter gegangen sein soll, und von Yarrow wird behauptet, dass er gar schon auf 21 pCt gekommen sei. Eine noch weitere Gewichtsverminderung ist bei unserem heutigen Baumaterial unerreichbar, denn im Seegange werden die Hauptverbände infolge der verhältnismäßig großen Länge der Torpedoboote, welche etwa gleich ihrer 10fachen Breite ist, schon bis zur äußerst zulässigen Grenze beansprucht, sodass schliesslich die Seetüchtigkeit solcher Fahrzeuge aufhören muss.

Auch an dem Gewichte der Maschinen ist nichts mehr zu sparen, weil ihre sämtlichen Teile bis auf die Dampfzylinder schon aus Stahl und Bronze bestehen und ihr Gestänge, auf die Einheit der Kolbenfläche bezogen, etwa nur 1/10 so viel wiegt wie bei den meisten gleich starken stationären Maschinen. Die Maschinenanlage ohne die Kesselanlage, jedoch einschliesslich sämtlicher Hilfsmaschinen, aller Maschinenraumeinrichtungen, wie Flurplatten, Leitern, Podeste, der Wellenleitungen mit Propellern, aller Reserveteile, Inventarien und notwendigen Werkzeuge und Utensilien wiegt in diesen Schiffchen für 1 PS_i der dreistündigen Volldampfprobefahrt nur noch 14 bis 15 kg, wovon kaum mehr als die Hälfte auf die eigentlichen Hauptmaschinen einschliesslich ihres in den Kondensatoren, Pumpen und Rohrleitungen befindlichen Betriebswassers entfällt. Da nun durch eine noch größere Herabziehung des Maschinengewichtes kein anderer Erfolg mehr zu erwarten ist als der Zusammenbruch, so

müssen schliesslich die Kessel erhalten, deren Gewicht durch Verminderung des eingeschlossenen Wassers, durch Verringerung der Wandstärke und Fortfall der Verankerung eingeschränkt werden kann, wenn an die Stelle der Cylinder- oder Lokomotivkessel die Wasserrohrkessel treten — und das ist der Hauptgrund, welcher für deren Einführung auf kleinen schnellen Schiffen spricht.

In Frankreich sind die Wasserrohrkessel heute am meisten verbreitet; dort herrscht für Torpedoboote der Normand-Kessel vor, dem sich der Du Temple-Kessel und auf einigen älteren Torpedofahrzeugen, wie »Ouragan« und »Lansquenet«, der Oriolle-Kessel anschliessen. Auf gröfseren Kriegsschiffen wird der Belleville-Kessel am meisten verwandt, dem in neuerer Zeit der Lagrafel-d'Allest-Kessel starken Wettbewerb bereitet, während sich in den letzten Jahren noch der Niclausse-Kessel, welcher aus dem Collet-Kessel hervorgegangen ist, hinzugesellt.

In England gebraucht man für die Torpedobootjäger neben dem Thornycroft-, Yarrow-, Reed-, Blechynden- und Belliss-Kessel in weitem Umfange den französischen Normand-Kessel sowie eine grofse Schar von Kesseln anderer Konstrukteure, die aber sämtlich, wie auch der von Fleming & Ferguson, ein mehr oder minder gleiches Gepräge aufweisen. Für die neuen bald dienstfähigen grofsen Kreuzer »Powerful« und »Terrible« sowie für die gerade bestellten Kreuzer I. Klasse »Diadem«, »Niobe«, »Europa«, »Andromeda« und die Kreuzer II. Klasse »Arrogant«, »Furious«, »Gladiator«, »Vindictive« lässt die englische Admiralität zum gröfsten Aerger ihrer heimischen Konstrukteure Belleville-Kessel bei Maudslay Sons & Field in London erbauen. Auch mit Normand- und Niclausse-Kesseln stellt sie zur Zeit auf kleineren Schiffen Versuche an. Bei der englischen Handelsmarine hat inzwischen der amerikanische Babcock-Wilcox-Kessel Eingang gefunden, in neuester Zeit auch der Niclausse-Kessel.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika sind der neuere Herreshoff-Kessel, der Cowles-, Towne- und Mosher-Kessel für kleinere Fahrzeuge in Aufnahme gekommen, während der kleine Ward-Kessel hauptsächlich den Dampfpinnassen der Marine, der grofse Ward-Kessel aber auch gröfseren Schiffen, wie z. B. dem Monitor »Monterey«, gegeben und die Einführung des Babcock-Wilcox-Kessels, wie z. B. auf dem Kreuzer »Chicago«, angestrebt wird.

In der deutschen Marine sind bisher nur Versuche mit Heine- und Dürr-Kesseln angestellt, während solche mit Kesseln von Thornycroft, Yarrow, Belleville und Niclausse im Gange sind. Es ist bedauerndswert, dass angesichts der vielen im stationären Betriebe bewährten Wasserrohrkessel, welche

Deutschland besitzt, wie z. B. die von Steinmüller, Büttner, Walther und anderen Firmen, noch so gut wie gar keine Schritte zu deren Nutzbarmachung für die Dampfschiffahrt unternommen sind.

Da heute noch fast jeder Tag die schon vorhandene grofse Zahl von Wasserrohrkesseln vermehren hilft und ihre Mannigfaltigkeit vergrößert, so ist es auferordentlich schwer, eine abschliessende Einteilung dieser Kessel vorzunehmen. Ich habe sie hier zunächst in zwei grofse Gruppen geteilt, und zwar in solche mit geraden und solche mit gebogenen oder krummen Rohren. Wenn auch diese Einteilung, wie ich von vornherein zugebe, nicht streng durchführbar ist, so hat sie doch den Umstand für sich, dass die geradrohrigen Kessel meistens auf gröfseren Schiffen, die krummrohrigen dagegen mehr auf Torpedo- und ähnlichen kleineren Fahrzeugen angewendet werden. Zu diesen beiden Gruppen der reinen Wasserrohrkessel gesellen sich noch die gemischten Wasser- und Feuerrohrkessel.

Die geradrohrigen Kessel zerfallen in drei Klassen: Gliederkessel, Wasserkammerkessel und Kessel mit Zirkulationsrohren. Selbstredend giebt es auch hierbei Uebergangskonstruktionen, durch welche sich die Unterschiede zwischen den einzelnen Typen fast ganz verwischen. Die krummrohrigen Kessel besitzen zum gröfsten Teile wagerechte Sammler, es kommen aber auch solche mit senkrechten und schräg gestellten Sammlern vor, weswegen ich die Lage des Sammlers als das charakteristische Unterscheidungszeichen dieser Kesselarten angesehen habe. Die nachstehende Unterbringung der Wasserrohrkessel in den vorgenannten Klassen kann nun selbstredend nicht erschöpfend sein, lässt aber im grofsen und ganzen deren Familienangehörigkeit erkennen, wodurch in dem wilden Durcheinander zunächst einige Ordnung geschaffen ist.

In dieser Einteilung sind ältere Typen, welche, wie der Palmer-, Watt- und Rowan-Kessel, heute nicht mehr auf Dampfern verwendet werden, und die ich bereits früher¹⁾ eingehend beschrieben habe, fortgelassen. Auch neuere Kessel, welche entweder bis jetzt nur in sehr beschränkter Zahl hergestellt wurden, oder sich von einzelnen der genannten nur in geringfügiger Weise unterscheiden, sind nicht mit aufgeführt. Dagegen haben einige Kessel Aufnahme gefunden, welche diese Zeitschrift schon erwähnte, weil ohne sie das von dem Entwicklungsgange der Wasserrohrkessel zu entwerfende Bild zu lückenhaft geworden wäre.

¹⁾ Z. 1889 S. 1076.

II. Die Gliederkessel.

Die Kessel dieses Typs, welche keine Wasserkammern besitzen, bestehen aus einzelnen unter sich verbundenen Rohrreihen — den Gliedern —, die unten aus einem für alle Reihen gemeinsamen Speiswasserbehälter emporsteigen und sich nach einem zickzackförmigen Wege sämtlich in einem oberen mehr oder minder geräumigen Dampfsammler vereinigen. Ihr bemerkenswerter Unterschied liegt in der Verbindung der einzelnen Rohrreihen miteinander, während sich ihr allgemeiner Aufbau ziemlich gleicht.

I. Der Belleville-Kessel.

Der heute von Delaunay Belleville & Co. in St. Denis gebaute Wasserrohrkessel zählt unbedingt zu den konstruktiv am besten ausgebildeten. Die zu seinem ungestörten Betriebe getroffenen Einrichtungen und erforderlichen Vorrichtungen sind auf grund einer fast 50 jährigen Erfahrung mit so eindringlichem Scharfsinn ausgedacht, dass eine solche Kesselanlage mit allen ihren Einzelheiten als ein wahres Kunstwerk erscheint.

Schon am 28. August 1850 ist Julien Belleville in Frankreich ein Patent auf einen Wasserrohrkessel mit gusseisernen Rohren erteilt, die erst später durch überlappt geschweißte schmiedeiserne ersetzt wurden. Im Jahre 1855 wurde der erste Versuch mit 4 solchen Kesseln, wie sie Fig. 1 und 2¹⁾ darstellen, auf der französischen Korvette »Biche« unternommen. Dieser älteste Belleville-Kessel setzt sich aus 2 unteren wagerechten Rohren zusammen, aus denen je eine Reihe senkrechter Rohre emporsteigt. In die unteren wagerechten Rohre tritt das Speiswasser und gelangt dann in die senkrechten Rohre. Bis zur Decke des Feuerraumes sind die senkrechten Rohre gerade, hier sind sie nach innen zusammengebogen, um die Feuerung zu begrenzen. Der obere Teil der Rohre ist schlangenförmig weiter geführt, bis sie sich zuletzt sämtlich in einem wieder wagerechten Rohre vereinigen, welches als Dampfsammler dient. Die Dampfsammler der zu einer Gruppe vereinigten Kessel münden in

¹⁾ A. Ledieu: *Traité élémentaire des appareils à vapeur de navigation*, Paris 1865, Bd. II S. 470.

Fig. 1.

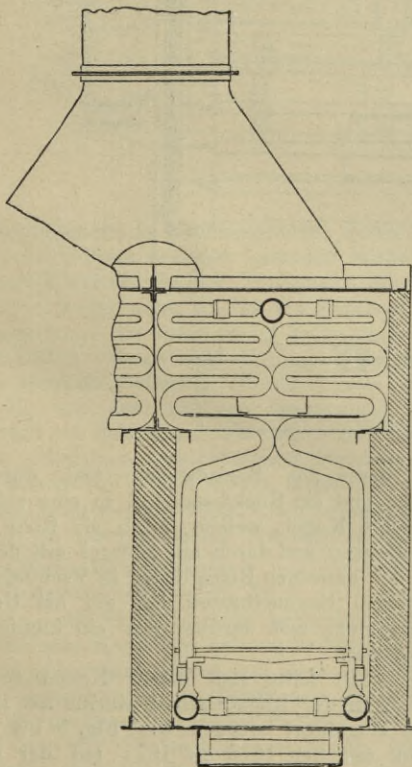
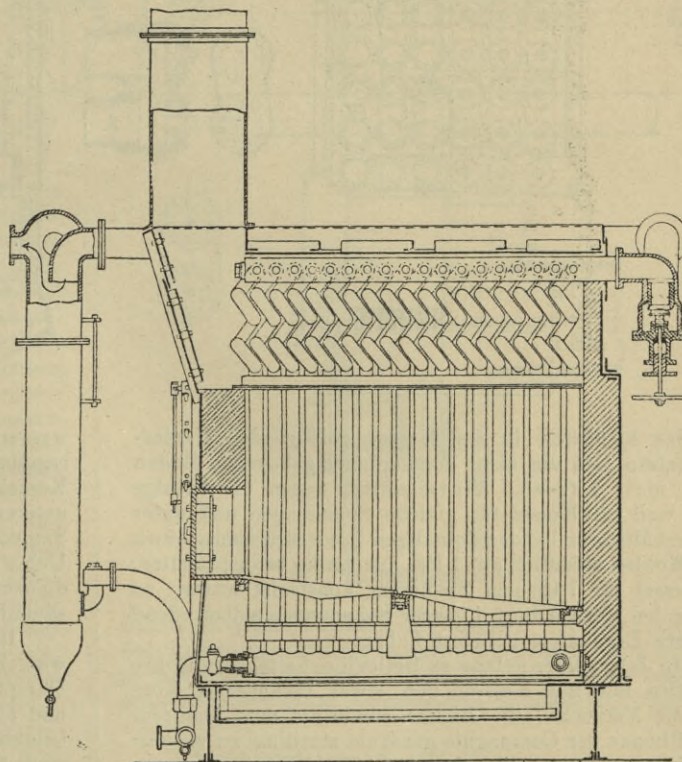


Fig. 2.



einen Wasserabscheider, welcher seitlich von den Kesseln angeordnet ist, und von hier wird der vom mitgerissenen Wasser befreite Dampf zur Maschine geleitet.

Der Wasserabscheider ist oben mit einem Wasserstandsgläse versehen, während er unten durch ein Rücklaufventil mit den das Speisewasser aufnehmenden unteren wagerechten Rohren des Kessels in Verbindung steht. Stellt sich der Wasserstand im Abscheider höher als der Wasserstand im Kessel, so lässt das Rücklaufventil das im Abscheider angesammelte Wasser in den Kessel fließen, wogegen es den Uebertritt des Wassers aus diesem in den Abscheider verhindert. Durch seine Bodenhähne kann der Abscheider, wenn erforderlich, entwässert werden. Die Feuerungsanlage ist aus den Figuren deutlich zu ersehen; zu bemerken ist nur, dass eine über der ersten Biegung der Rohre angeordnete Scheidewand die Heizgase zwingt, durch die Schlangenrohre hindurchzugehen, ehe sie in den Schornstein entweichen können. Die aus Eisenblech bestehende Kesselhülle ist mit Schamott ausgemauert.

Die ersten Versuche an Bord von »Biche« schlugen fehl, weil die schlecht geschweißten eisernen Rohre infolge der erlittenen Ausdehnungen und Zusammenziehungen in den Schweisstellen aufrissen. Die Kessel hatten außerdem wegen des sehr beschränkten Wasserraumes den Uebelstand, dass es an Bord sehr schwierig war, einen nur einigermaßen gleichmäßigen Wasserstand in ihnen zu halten. Sie verlangten des weiteren süßes Speisewasser und konnten demgemäß nur für Maschinen mit damals noch sehr seltenen Oberflächenkondensatoren Verwendung finden. Aber auch bei jenen wurde das nötige Zusatzwasser aus See entnommen,

angestellten Erprobungen mit diesem in unermüdlicher Weise zahlreichen Abänderungen unterworfenen Kesseltyp, bis sie endlich als aussichtslos aufgegeben wurden. Julien Belleville entwarf nun den in Fig. 3 und 4 dargestellten Kessel, mit dem er 1862 an die Öffentlichkeit kam. Hier zeigen sich die ersten Anfänge seines heutigen selbstthätigen Speise-

Fig. 3.

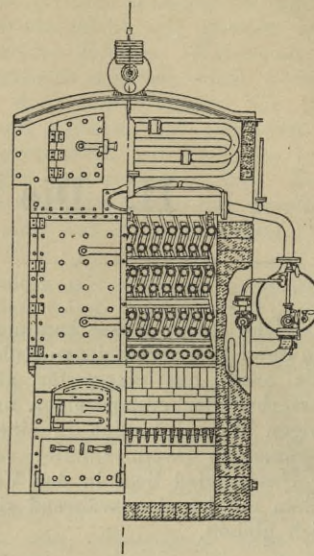


Fig. 4.

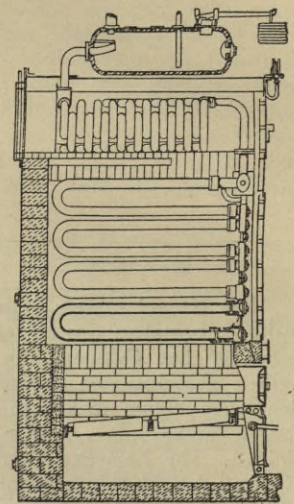
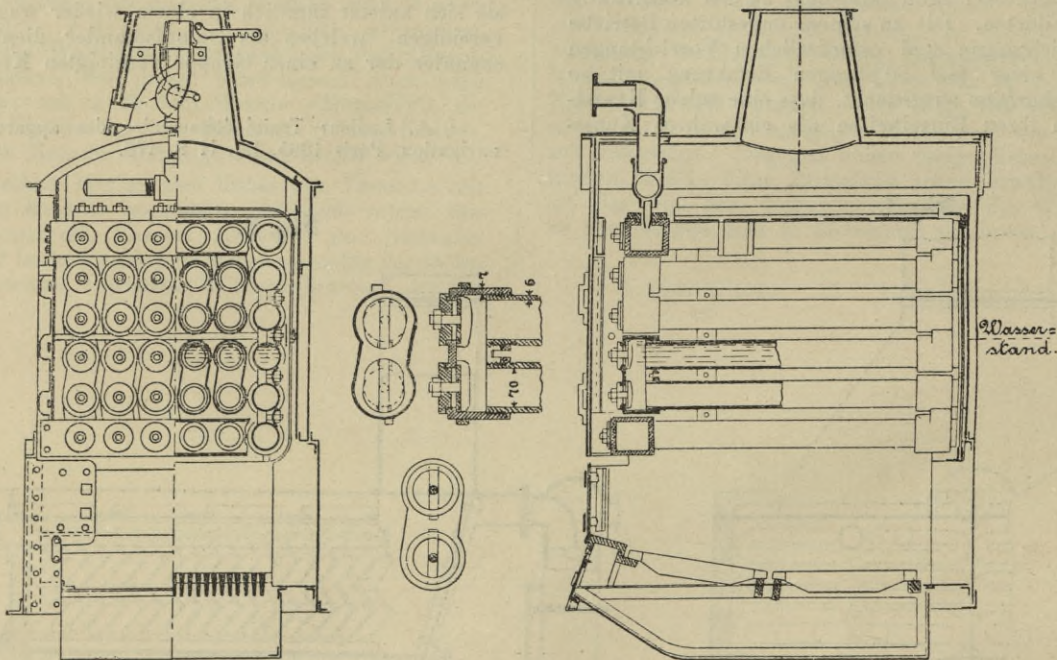


Fig. 5 bis 9.



und von den hierdurch in den Kessel gelangenden Niederschlägen ließen sich die nicht zugänglichen gebogenen Enden der Rohre nicht befreien. Wirtschaftlich waren die Erfolge recht gut, weil die Kessel für gleiche Spannungen und unter gleichen Verhältnissen bei den damaligen Niederdruckmaschinen statt 2 kg Kohlen stündlich auf 1 PS, nur 1,75 kg beanspruchten. Da die Kessel für 7 kg/qcm Spannung konstruiert waren, so würden sie bei Verwendung höherer Spannungen selbstredend noch bessere Ergebnisse geliefert haben.

Erst ein Jahr später gelang es Belleville, haltbarere Rohre zu beschaffen und mit Kesseln von etwas veränderter Konstruktion die Versuche auf »Biche« sowie auf dem Dampfer »Seine-et-Rhône« der Compagnie générale maritime zu wiederholen. Bis zum Jahre 1859 dauerten die immer aufs neue

wasserreglers, denn das Speisewasser trat durch einen regelbaren Hahn und ein Rückflussventil in eine seitlich vom Kessel angebrachte Kugel, welche durch ein Rohr mit dem unteren Sammelkasten und durch ein anderes mit dem oberen Sammelkasten der einzelnen Rohrglieder in Verbindung stand. Ueber dem oberen Sammelkasten lag ein als Ueberhitzer dienendes Rohrsystem und darüber war ein kleiner Dampf-sammeler angeordnet.

Im Jahre 1868 hatte sich dieser Kessel soweit entwickelt, dass er in der französischen Marine als Kessel für Dampfboote eingeführt wurde, wie Fig. 5 bis 9 zeigen, und als solcher mit den 1870 bis 1871 auf der Loire erbeuteten Dampfpinnassen auch in der deutschen Marine Eingang fand. Solche Kessel bestanden aus mehreren Gliedern

schmiedeiserner, wagerecht übereinander liegender Rohre, welche an beiden Enden durch Kopfstücke aus schmiedbarem Guss abgeschlossen wurden. Die Rohre mündeten unten in einen viereckigen Kasten, in welchen das Speisewasser eintrat, und oben in einen gleichen Kasten, aus dem der Dampf entnommen wurde. Die untere Hälfte der Rohrreihen war mit Wasser gefüllt, die oberen Rohrreihen enthielten den Dampf. Die Heizgase umstrichen von dem unter den Rohren liegenden Rost das ganze Rohrbündel und entwichen oben in den Schornstein. Die Umhüllung des Kessels war aus zwei

englischen Kriegsschiffen für 384 000 PS_i im Betriebe oder im Bau, wozu noch etwa 73 000 PS_i auf Handelsdampfern kommen.

Im Jahre 1891 hat sich der alte Julien Belleville nach einer langen Reihe sorgenschwerer und arbeitsreicher, aber auch von Erfolg gekrönter Jahre von den Geschäften zurückgezogen.

Fig. 10 und 11 veranschaulichen die Belleville-Kessel, welche in die großen englischen Kreuzer »Powerful« und »Terrible«¹⁾ eingebaut sind. Die aus Flusstahl bestehenden,

Fig. 10.

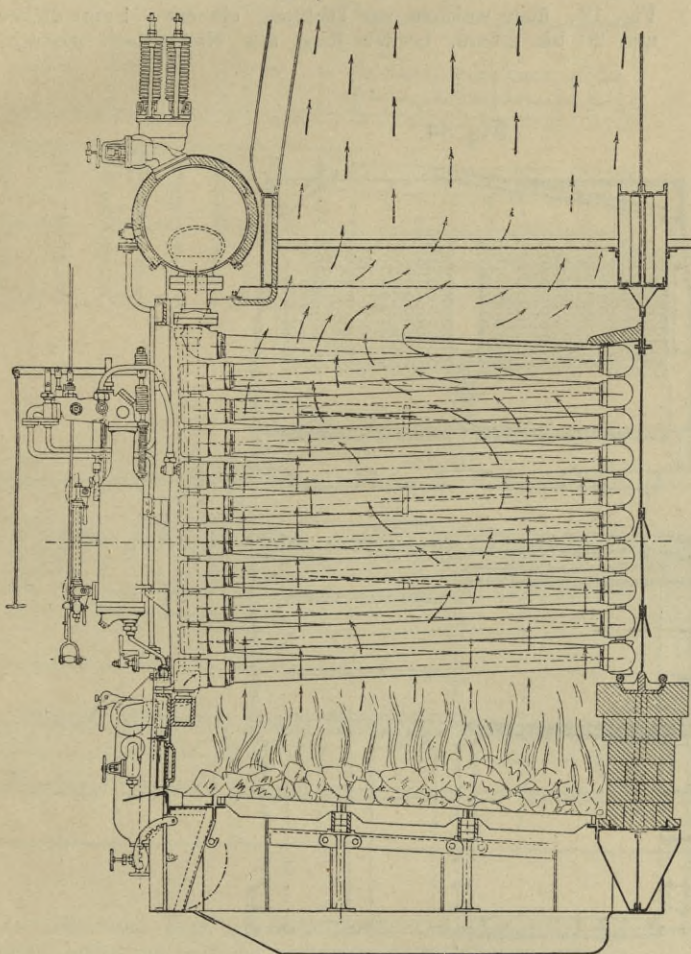
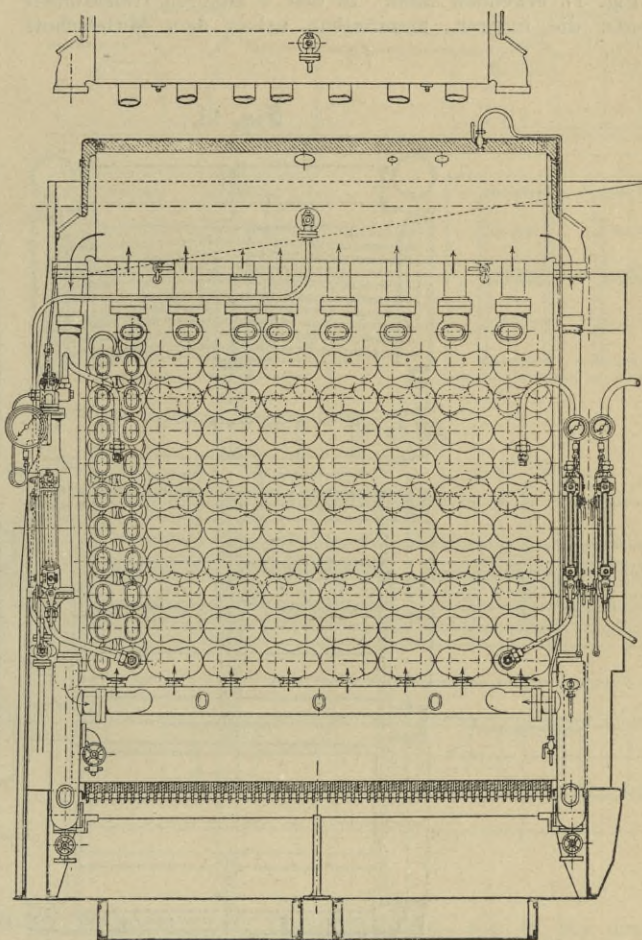


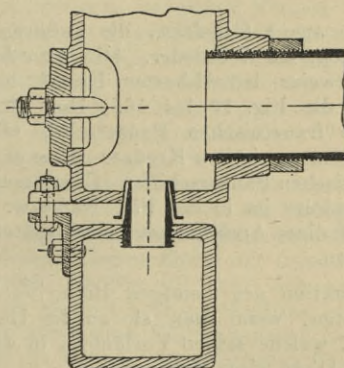
Fig. 11.



dünnen Blechmänteln zu sammengesetzt, deren Zwischenraum mit einem die Wärme schlecht leitenden Stoffe (gewöhnliche Asche) ausgefüllt war. In der Vorderseite dieser Umhüllung waren Thüren angebracht, welche die Zugänglichkeit zu den Rohren sicherten. Die nach dieser Seite zu liegenden Stirnwände der Rohre waren behufs Reinigung im Innern mit losnehmbaren Deckeln versehen. Hierdurch war die Möglichkeit geboten, die von dem salzigen Zusatzwasser herrührenden Niederschläge zu entfernen. Die nicht mit Oberflächenkondensatoren versehenen Dampfheißboote besaßen Speisewasserbehälter, welche mit Frischwasser angefüllt wurden. Trotz ihrer wesentlichen Verbesserungen vermochten aber auch diese Kessel nicht an Bord größerer Seedampfer einzudringen.

Durch keine Enttäuschungen mutlos gemacht, erreichte es Julien Belleville endlich im Jahre 1877, einen auch für große Kriegs- und Handelsschiffe geeigneteren Kessel herzustellen. Der neue Kesseltyp mit zweireihigen Gliedern wurde zuerst in eingehendster Weise auf dem französischen Aviso »Voltigeur« erprobt und im Laufe der Jahre derartig verbessert, dass er heute, was die Feinheit der Konstruktion anbelangt, von allen Wasserrohrkesseln am höchsten steht; er ist deshalb auch an Bord bei weitem am meisten angewandt. Bis jetzt sind davon auf französischen, russischen und

Fig. 12.



überlappt geschweißten Rohre besitzen 115 mm äußeren Dmr. bei 9,5 mm Wandstärke in den unteren und 5 mm Wandstärke in den oberen Reihen. Die Rohre sind in die hinteren, aus schmiedbarem Guss hergestellten Kopfstücke eingeschraubt,

¹⁾ Engineering vom 28. Juni 1895.

wobei der Gewindegang am Rohr um ein Geringes von dem im Kopfstück abweicht, um eine metallische Dichtung zwischen beiden herbeizuführen. Der größeren Sicherheit wegen ist auf jedes Rohr noch ein besonderer Dichtungsring geschraubt und gegen das Kopfstück gepresst. An dem vorderen Kopfstück ist die Verbindung ähnlich, mit dem Unterschiede, dass nur das eine der beiden Rohre in dem Kopfstück endigt. Das andere Rohr ist kürzer und wird mittels einer Muffe mit einem kurzen, in dem Kopfstück befestigten Rohrende zusammengehalten. Diese Anordnung soll die Auswechslung der Rohre innerhalb eines Gliedes erleichtern.

Die 48 Kessel sind auf »Powerful« so untergebracht, wie Fig. 17 erkennen lässt. In den 4 hinteren Heizräumen bestehen die inneren, unmittelbar neben dem Mittelschott

Der ungenügende Wasserumlauf in den alten Belleville-Kesseln mit wagerechten einreihigen Gliedern ist durch doppelreihige, aus fortwährend um etwa 4 pCt ansteigenden Rohren gebildete Glieder verbessert. Außerdem sind die Kopfstücke der Rohre mit Scheidewänden versehen, gegen welche das Wasser beim Uebertritt von dem einen Rohr in das andere stößt, wodurch eine Vermischung des am Umfange des Rohres entlang fließenden, stärker erhitzten Wassers mit dem inneren, weniger warmen vermittelt und die Bildung von Dampfsäcken in den einzelnen Rohren eingeschränkt wird. Die einzelnen Glieder werden mit dem unteren Wasserkasten durch je einen in dem letzteren verschraubten und in das Kopfstück des Gliedes etwa 15 mm hoch hineinragenden Konus verbunden, Fig. 12, über welchen zur Dichtung ein etwa 1 mm dicker und 20 bis 25 mm breiter Ring aus Nickelblech gestreift

Fig. 13.

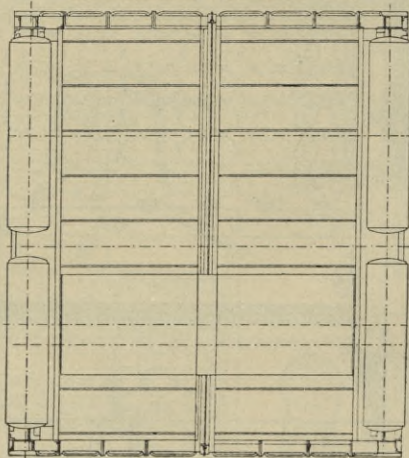
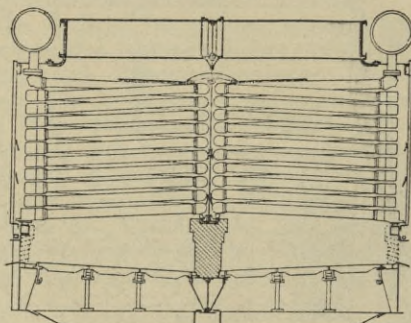


Fig. 15.

Fig. 14.

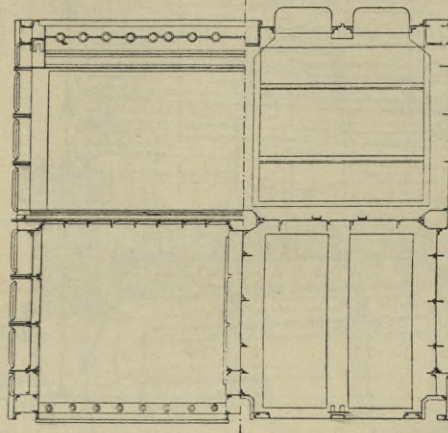
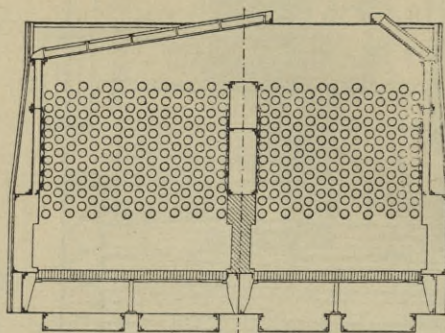


Fig. 16.

liegenden Kessel aus 8 Gliedern, die äußeren haben, um Raum zu gewinnen, nur 7 Glieder. Die Anordnung und die Umhüllung je zweier benachbarter Kessel mit 8 und 7 Gliedern zeigen die Fig. 13 bis 16. Der Einbau von 32 Kesseln in dem französischen Panzerschiff »Bouvet«, von weiteren 32 in dem russischen Kreuzer »Rosssa« und von je 20 in den französischen Panzerschiffen »Charlemagne«, »Saint-Louis« und »Gaulois« ist in den Fig. 18 bezw. 19 bezw. 20 dargestellt. Auf diese Anordnungen wird später noch bezug genommen werden.

Die Konstruktion des heutigen Belleville-Kessels wird am verständlichsten, wenn man sie an der Hand der Vorwürfe betrachtet, welche seinen Vorläufern in der Praxis gemacht wurden. Diese gipfelten in:

- dem sehr mäfsigen Wasserumlauf,
- dem kleinen Wasserraum und der hiermit zusammenhängenden schwierigen Speisung,
- der Neigung zum Ueberkochen und zur Erzeugung nassen Dampfes,
- der Schwierigkeit der Reinigung.

wird. Ein an das Kopfstück angegossener kleiner Flansch, der durch eine Schraube niedergehalten wird, presst das Glied auf dem Konus fest. Aber selbst in diesen Kesseln ist die Zirkulation nicht vollkommen, denn nach einer gewissen Betriebszeit biegen sich die untersten Rohre der einzelnen Glieder erfahrungsmäfsig immer etwas nach unten durch. Sie müssen dann aus den Kopfstücken herausgeschraubt und wieder gerade gerichtet werden. Diese Durchbiegung erfolgt, trotzdem besonders dafür gesorgt ist, dass sich die einzelnen Glieder nach hinten ausdehnend verschieben können, denn unter dem hinteren untersten Kopfstück jedes Gliedes liegt eine über seine ganze Breite reichende schmiedeeiserne Rolle von 25 bis 38 mm Dmr., Fig. 10, welche sich in einem kleinen gusseisernen Führungskasten frei bewegen kann.

Trotz des Aufsehens, welches die an Modellen vorgenommenen Versuche von Watkinson¹⁾ erregt haben, muss hier gleich eingeschaltet werden, dass diese für die Praxis ziemlich belanglos sind, ja, weil sie die wirklichen Verhält-

¹⁾ Transactions of the institution of naval architects, London 1896 S. 277.

nisse des Rohrquerschnittes zum Rohrumfang und der Dampfblasengröße zum Rohrquerschnitt nicht berücksichtigen können, zum Teil sogar irreleitend wirken. Mehr Beachtung verdienen indessen Watsons Ausführungen über die Zirkulation in den Belleville-Kesseln, welche von der in anderen Kesseln sehr verschieden ist. Die Gesamtlänge eines Gliedes vom Speisewasserkasten bis zum Dampfsammler schwankt bei den Schiffskesseln Bellevilles etwa zwischen 30 bis 45 m, das

Wasserspiegels in den Dampfsammler tritt, besonders beim Anheizen mehr oder minder heftige Wasserschläge. Ist der Belleville-Kessel jedoch in regelrechtem Betrieb, so ist der Umlauf kräftig und vollkommen.

Der kleine Wasserraum des Belleville-Kessels, welcher gegenüber demjenigen eines schottischen Kessels nur einen unbedeutenden Wärmespeicher bildet, gestattet einen plötz-

Fig. 17.

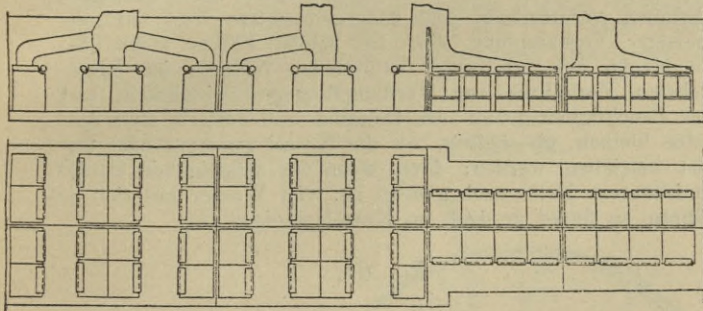


Fig. 18.

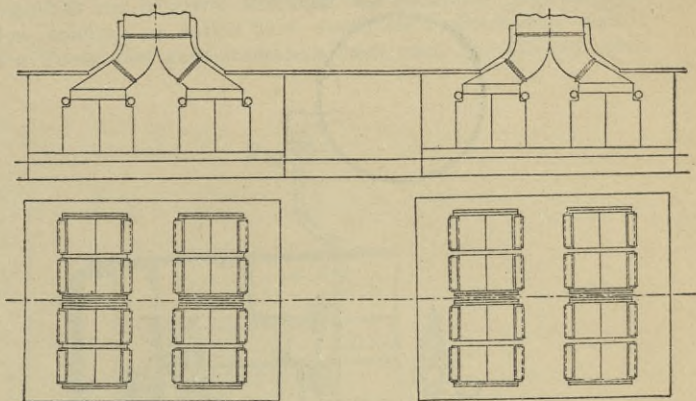


Fig. 19.

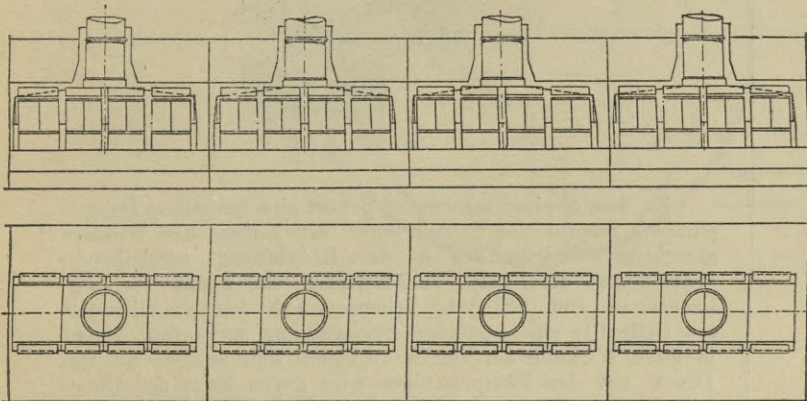
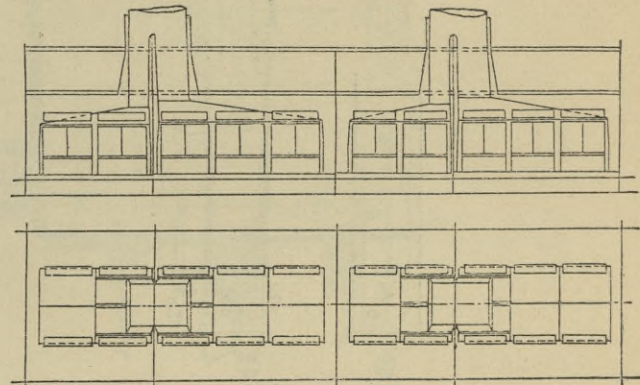


Fig. 20.



oberste Rohrende liegt zwischen 1,6 bis 1,8 m höher als das unterste, und daran schließt sich noch ein 0,3 bis 0,5 m langes Einmündungsrohr in den Dampfsammler. Bildeten die gesamten Rohre eines Gliedes ein gerades fortlaufendes Rohr, so würde eine Wassersäule von etwa 0,6 m genügen, um das Wasser in ähnlicher Weise durchzutreiben wie in anderen Wasserrohrkesseln. Weil in jedem Kopfstück ein Richtungswechsel des umlaufenden Wassers eintreten muss, ist dieser Druck nicht so stark, dass er den dadurch hervorgerufenen Widerstand überwinden kann. Um nun trotzdem einen ausreichenden Umlauf hervorzurufen, ordnet Belleville vor dem Eintritt des Speisewassers in den unteren Wasserkasten ein Rücklaufventil an und lässt ferner das Wasser in die einzelnen Glieder durch die oben beschriebenen verengten Kegel treten. Da das Wasser in dem vom Dampfsammler kommenden Speiserohr höher steht als im Kessel, so drückt es das Rücklaufventil auf, strömt in den Kessel und gelangt zur Verdampfung. Die Dampfbildung findet aber in allen Rohren gleichzeitig statt, und so wird das Wasser, welches der in den unteren Rohren erzeugte Dampf in die oberen Rohre treibt, durch den hier entstehenden, in den Dampfsammler oberhalb des Wasserspiegels entweichenden Dampf wieder zurückgedrängt, wodurch in den Rohren ein Hin- und Herfließen des Wassers verursacht wird. Das Rücklaufventil verhindert den Austritt des zurücklaufenden Wassers aus dem Kessel, und deshalb entstehen in diesem wie in allen Kesseln, in denen der entwickelte Dampf oberhalb des

lichen Wechsel in der Dampfentnahme, wie er bei einer manövrierenden Schiffsmaschine stets auftritt, nicht. Bei plötzlichem stärkeren Dampfverbrauch kochen die Kessel infolge der Druckentlastung leicht über. Belleville hat nun, um dem Ueberkochen zu wehren, an seinen Kesseln eine sehr sinnreiche, allerdings etwas empfindliche selbstthätige Vorrichtung angebracht, welche die Speisewasserzuführung regelt. Sie hat sich, wenn gut gepflegt, auch in schlechtem Wetter auf See bewährt, solange der Kessel stark geschont wird und mit gleichmäßiger Dampfentnahme arbeitet.

Dieser Speisewasserregler, welcher von einer besonders konstruirten Dampfpumpe unterstützt wird, ist in Fig. 21 und 22 abgebildet. Er besteht aus einem aus Stahlguss gefertigten Gefäß, dessen unteres Ende mit dem unteren Sammler des Kessels und dessen oberes Ende mit dem nächstgelegenen vorderen Kopfstück (in Fig. 10 dem siebenten von unten) verbunden ist. Im unteren Teil des Gefäßes befindet sich ein Schwimmer, der unten eine Führungsstange besitzt, Fig. 22. Der Schwimmer ist mittels seiner oberen Stange an einem auf einer Schneide balancirenden Hebel aufgehängt, dessen anderes Ende eine kleine Rolle trägt. Die Rolle presst gegen eine Stange, die in einen aufsen angebrachten Hebel greift. Das linke Ende des äußeren Hebels wird durch eine Spiralfeder nach unten gezogen, welche der leichteren Regulirbarkeit wegen durch einige Bleischeiben unterstützt wird. Der Schwimmer befindet sich hierdurch sowie durch den Auftrieb des von ihm verdrängten Wassers im Gleichgewicht.

In dieser Stellung hat sich das am rechten Hebelende angebrachte Speisewasser-Regulirventil etwas (ungefähr 1 mm) geöffnet, und das von der Dampfspeisepumpe kommende, durch das Rückflussventil (welches in Fig. 22 am äußersten rechts sitzt) zutretende Wasser kann durch das etwa 20 bis 25 mm im Durchmesser haltende Rückschlagventil oben in den Dampfsammler treten, wie Fig. 10 und 11 erkennen lassen. Fig. 23 zeigt das mit einer seitlichen Aufräumschraube versehene Rückschlagventil des Dampfsammlers in $\frac{1}{3}$ n. Gr. Es sei hierbei bemerkt, dass die Stopfbüchsen sowohl für die auf der

Fig. 22.

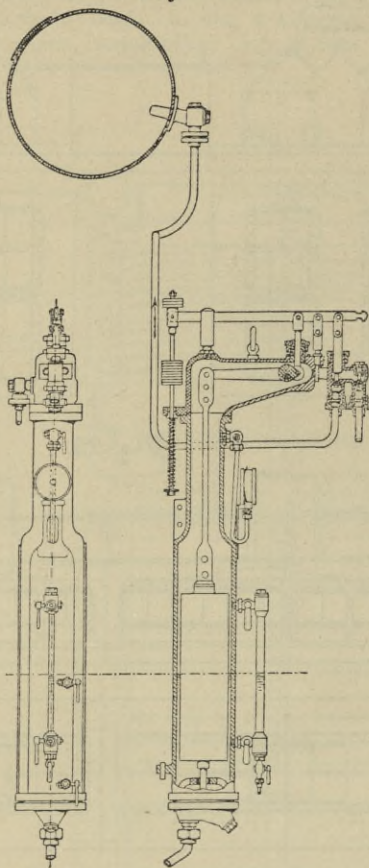


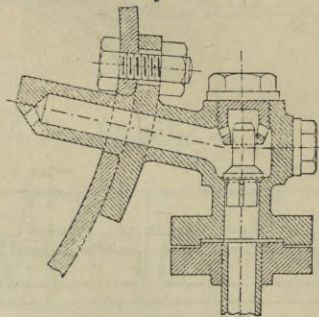
Fig. 21.

Rolle stehende Stange wie für die Stange des Regulirventils mit einer besonderen von Belleville hergestellten Dichtungsmasse gefüllt sind, die sich immer weich erhält und infolge der hohen Heizraumtemperatur nicht zusammentrocknet. Dieser Umstand ist für ein tadelloses Arbeiten des Speisewasserreglers sehr wesentlich. Für den Fall, dass der Speisewasserregler seinen Dienst verweigern sollte, ist noch ein besonderes Speiseventil vorhanden, welches in Fig. 10 unmittelbar unterhalb des Schwimmergefäßes sitzt und das Wasser von der Pumpe in den Kessel befördert.

Sinkt im Schwimmergefäß der Wasserspiegel, so sinkt auch der Schwimmer, der innere Hebel hebt die zum äußeren Hebel führende Stange, wodurch das Regulirventil heruntergedrückt und mehr geöffnet wird; mit steigendem Wasserspiegel schließt sich das Ventil. Der Wasserstand lässt sich also immer auf einer bestimmten Höhe halten, welche sich je nach Umständen durch Hinzufügen einiger Bleischeiben auf dem äußeren Hebelende leicht vermehren und durch Abnehmen derselben vermindern lässt. Zu bemerken ist noch, dass der gegen das untere Ende des Regulirventils ausgeübte Dampfdruck bemüht ist, das Ventil zu schließen, während der im oberen Schwimmergefäß vorhandene Dampf auf die Verbindungsstange der beiden Hebel drückt und hierdurch das Ventil zu öffnen sucht. Die Durchmesser des Ventils und der Stange nebst ihren bezüglichen Hebelarmen müssen daher so gewählt werden, dass sich ihre Momente gegenseitig aufheben. Mit Hilfe des Speisewasserreglers will

Belleville auch einen geringen Feuchtigkeitsgehalt des im Kessel erzeugten Dampfes erzielen. Im Ruhezustande hat das Gefäß des Speisewasserreglers denselben Wasserstand wie der Kessel; wird Dampf erzeugt, so wird durch den Widerstand, den dieser mit Wasser vermischte Dampf beim Aufsteigen in den Rohren erfährt, eine gewisse Reaktion auf das im Kessel verbleibende Wasser ausgeübt, wodurch sich dessen Oberfläche und damit auch die im Schwimmergefäße, um so mehr erhöht, je lebhafter die Verdampfung wird oder je stärker geheizt wird. Da diese Reaktion zunimmt, je mehr Wasser der Dampf bei erhöhter Dampfentwicklung mit sich reißt, so muss sich mit steigender Oberfläche auch der Schwimmer heben und beim Regulirventil eine geringere Oeffnung verursachen. Das Entgegengesetzte tritt bei sehr mäßiger Verdampfung ein. In beiden Fällen steht also die Menge des im Kessel enthaltenen Wassers im umgekehrten Verhältnis zur Verdampfungsgeschwindigkeit, und der Feuchtigkeitsgehalt des Dampfes soll deshalb stets derselbe bleiben, gleichgiltig, ob die Kessel geschont oder forcirt betrieben werden; denn wenn der aufsteigende Dampf in letzterem Falle auch geneigt ist, viel Wasser mit sich zu führen, so findet er doch im Kessel weniger vor.

Fig. 23.



Zu dem Speisewasserregler gehört eine besondere Dampfpumpe. Sobald das Regulirventil den Zufluss des Wassers unterbricht, würde das in der Rohrleitung verbleibende Wasser auf die Pumpe zurückwirken und könnte sie möglicherweise zum Stillstand bringen. Um dem vorzubeugen, hat Belleville eine besondere Speisepumpe entworfen, welche in ihrer Wirkung der von Worthington sehr ähnlich ist. Der Druck auf den Pumpenkolben wird gegen Ende des Hubes etwas vermindert, wodurch der Dampfkolben in stand gesetzt wird, mittels seines überschüssig werdenden Druckes den Dampfschieber zu bewegen. Zu diesem Zwecke ist die Schieberstange mit dem oberen Ende eines zweiarmigen Hebels verbunden, dessen unteres Ende gabelförmig gestaltet ist. Gegen das eine oder das andere dieser Gabelenden stößt abwechselnd ein Knaggen, welcher an dem Verbindungsstück der beiden Kolbenstangen sitzt. Der Schieber wird deshalb erst kurz vor dem Hubwechsel umgesteuert und hält während der übrigen Zeit seines Stillstandes sowohl den Eintritts- wie den Austrittskanal vollkommen offen. Die Verminderung des Druckes auf den Pumpenkolben wird dadurch bewirkt, dass letzterer vor jedem Hubende gegen einen an jeder Stirnseite des Cylinders aufgehängten Knaggen stößt, welcher, durch den Kolben mitgenommen, eine Oeffnung frei giebt, die den Druckraum mit dem Saugraum verbindet, mithin einen Teil des geförderten Wassers in diesen wieder entweichen lässt. Da der Knaggen aber selbst eine Bohrung von 1 mm Dmr. besitzt, so kann durch diese schon während des übrigen Teiles des Hubes beständig etwas Druckwasser hindurchgehen, dessen Menge um so größer ist, je größer der Druck in der Speiserohrleitung bei wenig oder gar nicht geöffnetem Regulirventil ist. Die Pumpe kommt daher niemals zum Stillstand, sie geht bei geschlossenem Regulirventil nur sehr langsam und lässt das geförderte Wasser wieder sämtlich in den Saugraum zurückströmen.

Sowohl die Druckventile als auch die Saugeventile schließen infolge ihrer Form langsam ab und eröffnen ebenso. Sie bilden oben offene Hohlzylinder, deren untere Stirnwand die konische Sitzfläche trägt. Die Ventilylinder

bewegen sich in oben geschlossenen Führungscylindern, welche unmittelbar unterhalb ihrer Decke vier in den Cylindermantel einander gegenüberliegend gebohrte Löcher von etwa 5 bis 6 mm Dmr. tragen. Durch diese Löcher muss jedesmal beim Heben des Ventilylinders ein Teil des darin angesammelten Wassers entweichen und beim Senken wieder zufließen. Ohne diese Belleville eigentümliche Dampfpumpe hat man bisher seine Kessel nicht in Betrieb halten können, was auch erklärlich ist, wenn man erfährt, dass das Wasser in den Belleville-Kesseln etwa nur $\frac{1}{3}$ so viel wiegt wie in den anderen französischen Wasserrohrkesseln, welche auf großen Dampfmaschinen benutzt werden. So wiegen z. B. in dem Postdampfer »Australien« die Kessel mit Zubehör 392 t, das Wasser darin aber nur 20 t; auf dem Kreuzer »Bugeaud« stellen sich diese Zahlen auf 273,3 t und 16 t; also beträgt das Wasser $\frac{1}{17}$ bzw. $\frac{1}{19}$ des betriebsfähigen Kesselgewichtes.

1 PS_r-Stde., die später, als die Heizer besser eingearbeitet waren, auf 1,11 kg herabgingen und selbst bei der wirtschaftlichsten Fahrt noch 0,84 kg betragen.

Die schlechte Verbrennung unter den Belleville-Kesseln kommt daher, weil ein großer Teil der Heizgase noch unverbrannt zwischen die Rohre tritt. Um diesem Uebelstande zu steuern, wird Pressluft unterhalb der Rohre über die Feuerung geblasen. In Fig. 10 liegt diese Luftzuführung in dem Raum über dem unteren Sammelkasten und der Feuerthür an der Vorderseite des Kessels. Durch diese Pressluft, zu deren Erzeugung besondere Luftkompressionspumpen aufgestellt werden müssen, soll den Heizgasen nicht blofs Gelegenheit zur besseren Mischung mit Sauerstoff gegeben werden, sondern sie sollen auch durch die Luftstrahlen, welche den Feuerraum gewissermaßen nach oben abschließen, noch

Fig. 24.

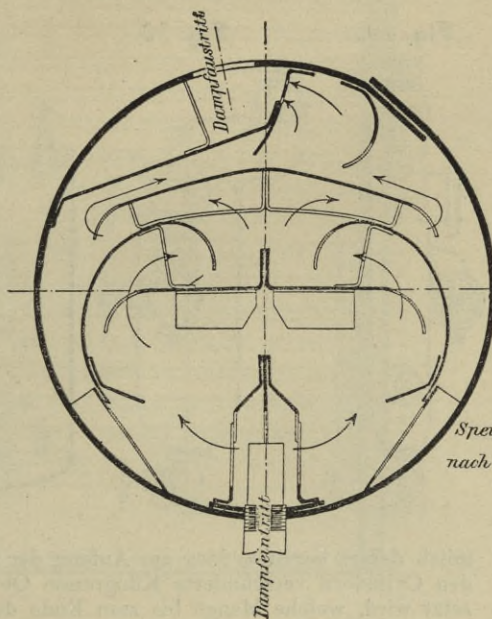
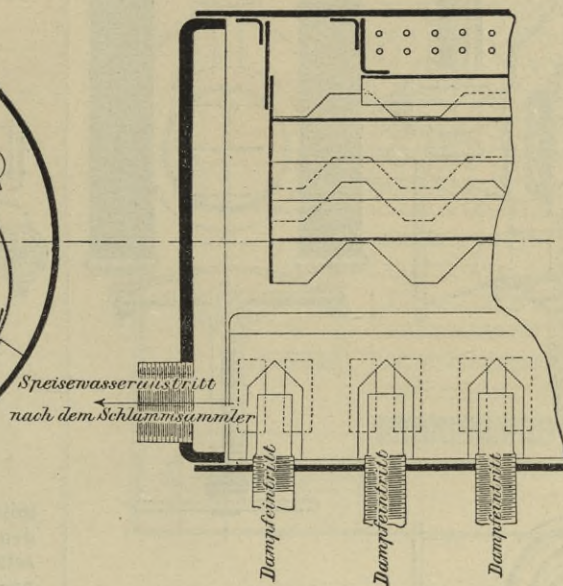


Fig. 25.



Der nasse Dampf, welchen die Belleville-Kessel erzeugen, bringt es mit sich, dass sie sich für die Erzielung einer gesteigerten Leistung mit verstärktem Heizen schon bei natürlichem Zuge weniger gut eignen. Bei sehr lebhafter Verbrennung soll stets die Gefahr nahe liegen, dass die Kessel anfangen, überzukochen, und dass die zwischen den Rohren ziemlich ungehindert abströmenden Heizgase, s. Fig. 10, noch mit langer heller Flamme aus dem Schornstein herausgeschlagen. Es ist dies im allgemeinen derselbe Vorwurf, welchen Isherwood gegen den Perkins-Kessel erhebt und den er auf die kleine Wasseroberfläche zurückführt, aus welcher der Dampf entweichen muss. Bei gesteigertem Betriebe kommt die Wasseroberfläche nicht in Ruhe, und wenn der Kessel nicht gleich überkocht, so entsteht doch nasser Dampf. Daher arbeiten denn auch die Belleville-Kessel bei langsamer Verdampfung günstig, bei sehr schneller Verdampfung hingegen ungünstiger, wie alle bisherigen Probefahrtergebnisse erkennen lassen. So wurden bei den Probefahrten des noch mit Compoundmaschinen versehenen Avisos »Milan« für 1 PS_r-Std. 0,915 kg Kohle verbraucht, als man rund 60 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche in der Stunde verbrannte, während 1,080 kg für dieselbe Leistung erforderlich waren, als rund 130 kg in der Stunde auf ein 1 qm Rostfläche verfeuert wurden, welche letztere Zahl ungefähr die größte in Belleville-Kesseln verbrannte Kohlenmenge angibt. Bei den Probefahrten des französischen Panzerschiffes »Brennus« mit Dreifach-Expansionsmaschinen gebrauchte man zuerst 1,89 kg Kohlen für

einige Zeit in letzterem zurückgehalten werden, um Gelegenheit zur vollkommeneren Verbrennung zu finden.

Zur Trocknung des entstehenden nassen Dampfes bedient sich Belleville zweier Mittel, indem er nämlich zunächst in den Dampfsammler jedes Kessels einen Dampftrockner einbaut, um den Dampf auf mechanischem Wege vom Wasser zu befreien, und darauf den schon etwas getrockneten Dampf in der Rohrleitung vom Kessel zur Maschine durch ein Drosselventil leitet, in welchem die Kesselspannung um 5 bis 7 kg/qcm erniedrigt wird. Da sich der Dampf bei plötzlicher Expansion ohne Arbeitsverrichtung überhitzt, so soll durch diese starke Drosselung die Verdampfung der noch mitgeführten Wasserteilchen herbeigeführt werden.

Den Dampftrockner zeigen die Fig. 24 und 25. Jedes Kesselglied mündet im Dampfsammler mit einem von Blechen umhüllten Stutzen. In die Seitenbleche sind viereckige Löcher eingeschnitten, durch welche der Dampf erst in das Innere des Dampfsammlers gelangt. Er hat hier verschiedene Bleche zu umströmen, deren vorspringende, meistens gekrümmte Kanten sägenartig ausgeschnitten sind. Der oberste Teil des Dampfsammlers, an dem das Dampfabsperrentil sitzt, ist gegen den übrigen Raum vollkommen abgesperrt. Der Dampf kann zu dem Ventil nur gelangen, nachdem er eine gelochte Blechplatte durchströmt hat. Die Löcher in dieser Platte sind, wie Fig. 25 erkennen lässt, durchaus nicht sehr zahlreich und haben nur etwa 20 bis 25 mm Dmr.

Das Drosselventil ist in Fig. 26 bis 28 dargestellt; es besteht aus einem unten offenen, oben geschlossenen Hohlzylinder, der am Ende eines einarmigen Hebels aufgehängt ist. Etwa auf $\frac{2}{3}$ des Umfanges des Ventilzylinders ist ungefähr in der Mitte ein Kanal eingeschnitten, bzw. bei größeren Ventilen mehrere, mit dem ein anderer, bzw. mehrere andere, im Führungszylinder korrespondiert. Der eintretende Dampf gelangt durch diese Kanäle in das Innere des Ventilzylinders und von dort zu dem nach der Maschine führenden Dampfrohr. Im Ruhezustande sind die Kanäle gegeneinander verschoben und das Ventil geschlossen. Geöffnet wird das Ventil dadurch, dass die den einarmigen Hebel belastenden Federn mittels des Handrades und der

Fig. 26.

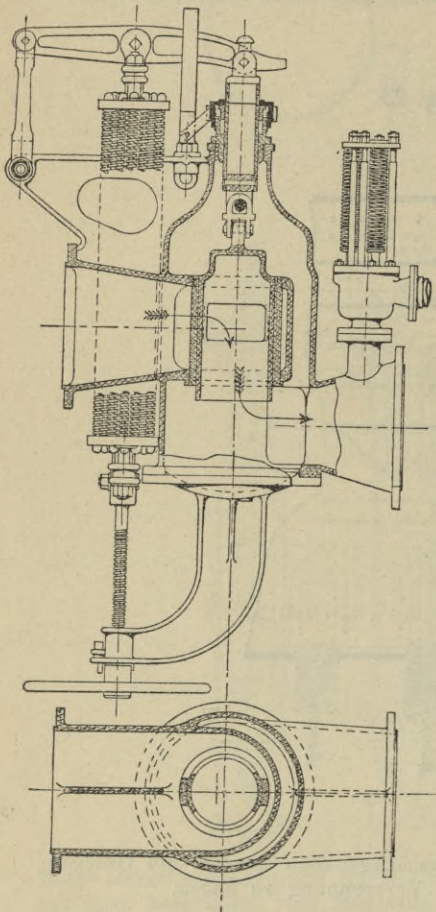


Fig. 27.

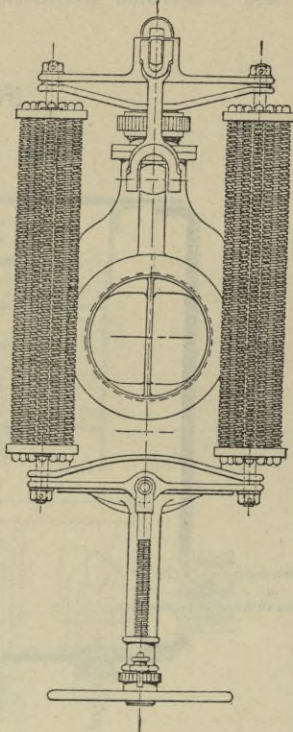


Fig. 28.

Schraubenspindel gespannt werden. Der Hebel bemüht sich dann, den Ventilzylinder nach unten zu drücken, wodurch die Kanalöffnungen aneinander rücken und den Dampf durchlassen. Der ins Innere des Ventilzylinders eingetretene Dampf ist dagegen bemüht, diesen wieder nach oben zu verschieben und dem Federdruck das Gleichgewicht zu halten. Durch Hinzufügung oder Wegnahme von Belastungsfedern lassen sich die Grenzen, innerhalb deren der Druck vermindert werden soll, beliebig verändern. Das auf dem Auslassstutzen des Drosselventils angebrachte Sicherheitsventil soll den Dampf entweichen lassen, falls sein Druck nicht so viel verringert sein sollte, wie verlangt wird.

Die Schwierigkeiten der Reinigung überwindet Belleville zunächst dadurch, dass das Speisewasser bei einem Kesseldruck von 20 kg/qcm von der Speisepumpe mit einem Druck von 40 bis 45 kg/qcm durch das höchstens 25 mm im Durchmesser haltende Speiseventil, Fig. 23, in den Dampfsammler gepresst wird und diesen durchfließen muss. Da die Dampfspannung in den neuen Belleville-Kesseln zwischen 12 bis 20 kg/qcm Ueberdruck schwankt, also im Dampfsammler eine Temperatur von 190 bis 214° C herrscht, so wird das in dünnem Strahle zutretende Wasser plötzlich sehr stark er-

wärmt und verliert hierdurch den größten Teil seiner aufgelösten Bestandteile. Diese werden in einem seitlich neben den Feuerungen angebrachten Schlammfänger (Fig. 29 und 30) abgelagert, den das Wasser zu durchströmen hat, ehe es in den Kessel gelangt, und lassen sich daraus von Zeit zu Zeit ausblasen. Die bisherigen Erfahrungen beim Betriebe mit Compoundmaschinen haben gezeigt, dass bei dieser Einrichtung eine Kesselreinigung, wenn nötig, etwa 6 Monate lang aufgeschoben werden kann, wobei die dem Feuer am meisten ausgesetzten Rohre im Innern nur mit einer etwa 1 bis 1,5 mm starken Kesselsteinschicht überzogen sind, trotzdem das Zusatzwasser aus See entnommen wurde.

Kessel für Mehrfach-Expansionsmaschinen werden nur mit destilliertem Wasser gespeist, welchem beständig Kalkmilch zugeführt wird. Für die Bereitung der Kalkmilch ist meistens über den Luftpumpen ein besonderer Behälter, Fig. 31, vorgesehen, in dem oben ein Zweigrohr aus dem Speisepumpendruckrohr mündet, und aus dem ein die Kalkmilch abführendes Rohr mit Regulirhahn nach dem unteren Teile des Kondensators abgeht. In diesem Behälter wird die Kalk-

Fig. 29.

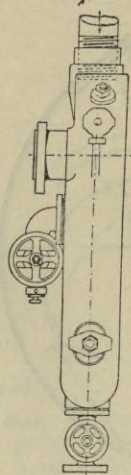


Fig. 30.

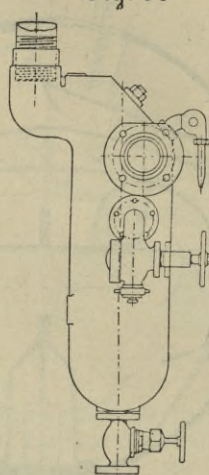
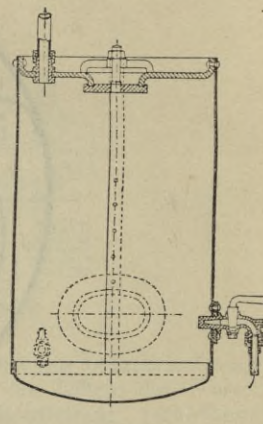


Fig. 31.



milch derart bereitet, dass am Anfang der Reise auf jedes in den Cylindern verschmierte Kilogramm Oel 1 kg Kalk zugesetzt wird, welche Menge bis zum Ende der Reise nach und nach auf 3 kg steigt. Durch den Kalkzusatz soll das Säureradikal der dem Speisewasser beigemengten Fette und der vielleicht trotz der Erwärmung im Dampfsammler noch gelöst gebliebenen Kalksalze aufgenommen werden, um einen schlammigen unlöslichen Niederschlag zu bilden, zu dem sich noch die mit dem überschüssigen Fett gebildete, ebenfalls unlösliche Kalkseife nebst dem etwa nicht verbrauchten Kalkhydrat im Schlammfänger gesellt. Das in dem Kessel zur Verdampfung gelangende Speisewasser enthält dann nur noch lösliche Salze und einen ebenfalls noch gelösten Teil des Kalkhydrats, der die alkalische Reaktion verursacht.

Alle 3 Monate müssen die Kessel mit Aetznatron (Seifenstein) ausgekocht werden. In jeden Kessel thut man etwa 16 kg Aetznatron und füllt ihn dann vollständig mit frischem Wasser auf. Nun werden die Feuer angezündet und etwa 2 bis 3 Stunden lang ein Ueberdruck von ungefähr 1 kg/qcm gehalten, worauf der Kessel bis zum normalen Wasserstand ausgeblasen wird. Darauf muss die ausgekuppelte Maschine etwa 3 bis 4 Stunden lang laufen, wodurch nicht bloß der Kessel, sondern auch die Rohrleitung und die Cylinder ausgewaschen werden, zu welchem Zwecke das übergerissene Wasser vollständig genügt. Endlich wird das Wasser gänzlich aus dem Kessel ausgeblasen und dieser nach Abnahme aller Verschlussdeckel von etwaigen Niederschlägen gereinigt und gründlich ausgespült. Der in den Kesseln vorgefundene Schmutz ist hierbei niemals sehr beträchtlich. Nach der Reinigung werden die Rohre noch auf Korrosionen, Durchbeulungen und Durchhängen untersucht.

Die Belleville-Kessel wurden zuerst, wie fast alle Wasserröhrenkessel, mittels eines zwischen die Rohre geblasenen Dampfstrahls von Ruß und Flugasche gereinigt; indessen

zeigte sich bald, dass die hierbei verloren gehende Dampfmenge so groß war, dass sie beim Betriebe von Dreifach-Expansionsmaschinen nicht mehr durch die gewöhnlichen Speisewasser-Erzeuger mit gedeckt werden konnte. Jetzt behilft man sich meistens dadurch, dass man, namentlich auf den Postdampfern mit langen Reisewegen, überreichlich viel Kessel an Bord unterbringt und von diesen einige, etwa 3 bis 4, behufs Reinigung außer Betrieb setzt. Sind die Feuer abgebrannt, so werden die Rohre von außen mit Bürsten ab-

denn außer »Powerful« und »Terrible« erhalten auch die in Bau befindlichen Kreuzer I. Klasse »Diadem«, »Niobe«, »Europa« und »Andromeda« mit Maschinen von zusammen je 16500 PS_i sowie die ebenfalls auf Stapel stehenden Kreuzer II. Klasse »Arrogant«, »Furious«, »Gladiator« und »Vindictive« mit je 10000 PS_i; solche Kessel —, so lautet er nach einem Vortrage des Chefindgenieurs der englischen Marine, Hrn. Durston¹⁾, über bisher ausgeführte englische Kriegsschiffsmaschinen folgendermaßen: Mit Rücksicht auf den hohen

Fig. 32.

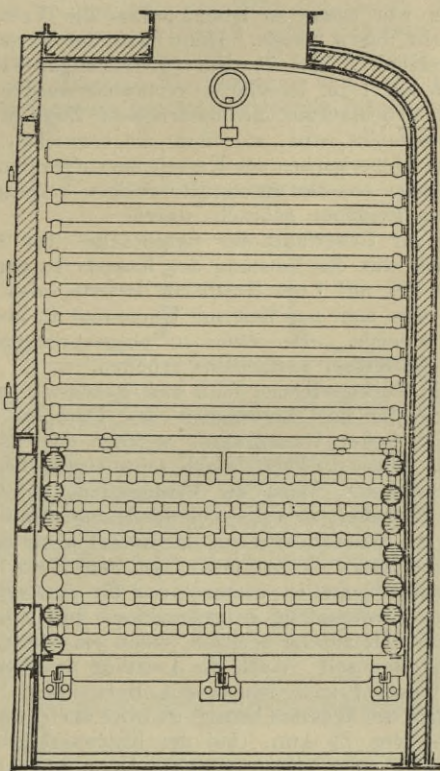
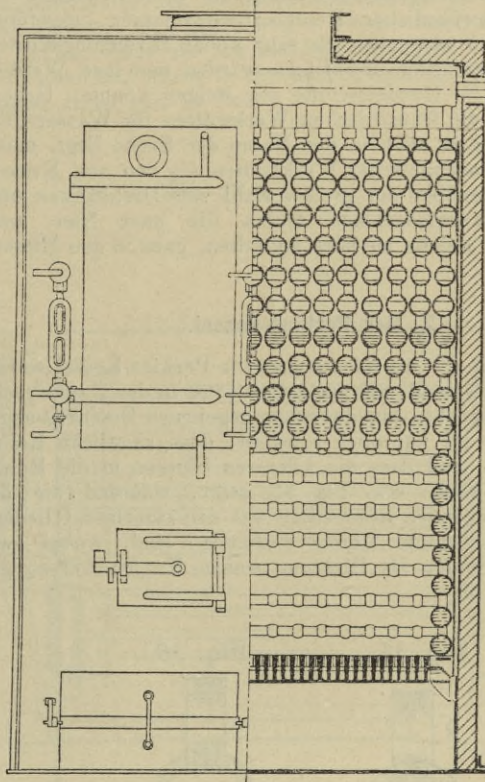


Fig. 33.

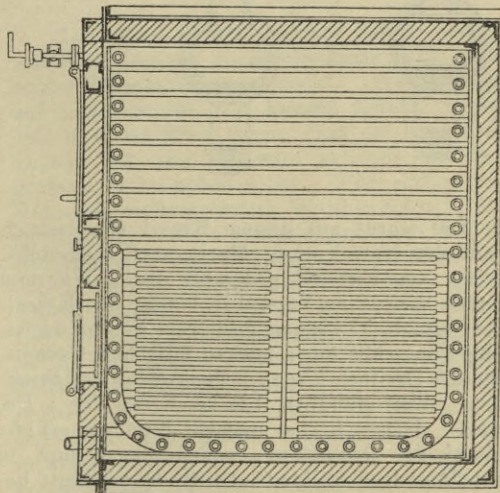


gefegt, der niederfallende Rufs entfernt und hierauf der Kessel wieder in Betrieb genommen. Der Reihe nach werden sämtliche Kessel in dieser Weise behandelt, so dass jeder etwa alle 3 Tage ausgefegt wird.

Bei dem vorgeschilderten sorgsamem und große Aufmerksamkeit erfordernden Betriebe haben sich die Belleville-Kessel auf Seedampfern, wenn sie geschont wurden, gut gehalten. Bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit liegen indessen nicht so rühmliche Erfolge vor. Was sie gegenüber anderen Wasserrohrkesseln an Wassergewicht ersparen, verbrauchen sie fast wieder durch die Aufmauerungen der Feuerungen sowie die Speise-, Pressluftherzeugungs- und Dampftrockenvorrichtung. Auf dem Postdampfer »Australien« der Messageries maritimes wurden bei der Probefahrt mit 1 t Kesselgewicht nur 19,2 PS_i erreicht, während auf dem zur Zeit noch nicht vollendeten Kreuzer »Bugeaud« mit 365 t Kesselgewicht 9000 PS_i oder 24,7 PS_i mit 1 t Kesselgewicht erzeugt werden sollen. Mit schottischen Kesseln ist man bei natürlichem Zuge bereits auf 18 PS_i und bei forcirtem Zuge auf 20 bis 25 PS_i für 1 t Kesselgewicht gekommen. Ob man in England mit den Belleville-Kesseln der großen Kreuzer »Powerful« und »Terrible« bessere Erfolge erzielen wird, muss abgewartet werden; nach den Erfahrungen mit »Sharpshooter«, auf dem man mit natürlichem Zuge nur 21,1 PS_i und mit forcirtem Zuge 26,1 PS_i mit 1 t Kesselgewicht erreichte, ist es nicht vollkommen sicher.

Forscht man nach dem Grunde, aus welchem die Engländer ihre großen Kreuzer mit Belleville-Kesseln ausrüsten —

Fig. 34.



Grad von Dampferzeugungsfähigkeit, welchen diese Kessel während beträchtlicher Zeit uneingeschränkt beibehalten, und ihre anderen taktischen Vorzüge hat sich die englische Ad-

¹⁾ Proceedings of the Institution of Civil Engineers, London 1894.

miralität entschlossen, sie auf ihren Kreuzern einzuführen. Während der Diskussion bei der letzten Sitzung der englischen Schiffbauer in der Technischen Hochschule in Charlottenburg erklärte ferner der englische Chefkonstrukteur, Hr. White, mit großer Offenheit, die Belleville-Kessel seien nur deshalb für die neuen englischen Kreuzer gewählt, weil über sie die meisten Erfahrungen vorlägen.

Zum Ruhme der in St. Denis gefertigten Belleville-Kessel muss ich hier noch einfügen, dass ihre praktische Ausführung über jedes Lob erhaben ist. Nach meinem Gefühle ist die Blecharbeit der Umhüllungen und die Ausführung der Feuerarmaturen viel zu fein; es soll dies keine erstklassige Maschinenbauarbeit sein, sondern kann, um ihren Zwecken zu genügen, in gewöhnlicher Kesselschmiedemanier ausgeführt werden, wodurch sich auch die sehr hohen Erzeugungskosten der Kessel beträchtlich ermäßigen würden und ihre Wettbewerbsfähigkeit für Handelsschiffe nur steigen könnte. Ueberhaupt machten die französischen Werkstätten für Wasserrohrkessel, wie dies ja auch in der Natur der Sache liegt, mehr den Eindruck mechanischer Werkstätten als den von Kesselschmieden; gegenüber der großen Zahl von Drehbänken und anderen Werkzeugmaschinen treten die paar Niet- und Schmiedefeuer, welche sie noch enthalten, ganz in den Hintergrund.

2) Der Perkins-Kessel.

Der in Fig. 32 bis 34 dargestellte Perkins-Kessel wurde im Jahre 1879 erbaut und im Jahre 1880 in der Dampfyacht »Anthracite« erprobt. Aus der schon gegebenen Beschreibung²⁾ dieses Kessels sei nur noch erwähnt, dass sämtliche Rohre aus Eisen sind, und dass die kürzeren Stützen in die Rohre eingeschraubt sind, wie Fig. 35 zeigt, während die die Feuerung umgebenden Rohrreihen mit den einzelnen Gliedern durch übergeschraubte Muffen verbunden sind, wobei zwischen die Rohrenden als Dichtung weiche Kupferscheiben gelegt sind, Fig. 36.

Fig. 35.

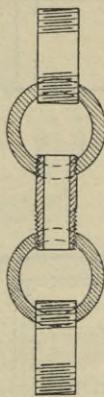
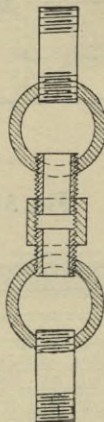


Fig. 36.



Im August 1880 wurde mit diesem Kessel ein Versuch von Loring¹⁾ auf der New Yorker Marinewerft angestellt, wohin »Anthracite« von England gedampft war. Während des fast 24 Stunden dauernden Versuches betrug der Kesselüberdruck, welcher bis auf 35 kg/qcm gesteigert werden durfte, im Mittel 22,25 kg/qcm. Mit einer nahezu 26fachen Gesamtexpansion leistete die Dreifach-Expansionsmaschine im Durchschnitt 67,7 PS_i, wobei stündlich 1,23 kg Kohle für 1 PS_i verbraucht wurden. Dieses höchst mäßige Ergebnis erklärt sich zunächst durch die Drosselung, welche der Dampf in dem nur $\frac{1}{47}$ der Hochdruckkolbenfläche als Querschnitt besitzenden Zuleitungsrohr vom Kessel zur Maschine erfährt. Die Drosselung war so groß, dass der Spannungsunterschied zwischen Kessel und Hochdruckcylinder bei 23,29 kg/qcm Kesselüberdruck 9,14 kg/qcm betrug, der Dampf also nur mit

¹⁾ Z. 1888 S. 654.

²⁾ Journal of the Franklin Institute 1880.

14,15 kg/qcm Ueberdruck in den Hochdruckcylinder trat. Der Kessel wurde bei diesen Versuchen mit destillirtem Wasser gespeist, welches in dem an Bord befindlichen Destillirapparat aus Süßwasser gewonnen wurde, weil dem Erbauer des Kessels das aus Seewasser destillirte Speisewasser nicht rein genug erschien. Auf See konnte das destillirte Wasser selbstredend nur aus Meerwasser gewonnen werden.

Während des Versuches wurden im Durchschnitt 58 bis 60 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche stündlich verbrannt, und hierbei entfielen auf 1 qm Rostfläche rund 48 PS_i. Bei dieser Leistung, bei welcher nur 9,27 kg Wasser von 100° C mit 1 kg Kohlen in Dampf verwandelt wurden, hatte der Kessel schon seine Gütegrenze überschritten, d. h. die Verbrennung war schon so lebhaft, dass die Verdampfung ihr nicht mehr folgen konnte. Hätte man die Verbrennung derartig gesteigert, dass 75 oder 100 oder gar 120 kg Kohlen stündlich auf 1 qm Rostfläche verbrannt worden wären, wie dies bei Probefahrten mit natürlichem Zuge in schottischen Kesseln erreicht wird, so würde die entwickelte Wärme ein derartiges Ueberkochen des Kessels hervorgerufen haben, dass alles Wasser aus den unteren Rohrreihen herausgetrieben und diese zum Erglühen gebracht wären.

Bei der Ueberfahrt der »Anthracite« von England nach New York war die Leistung des Kessels so gering, dass er nur 21,5 PS_i auf 1 qm Rostfläche lieferte, also nur $\frac{1}{10}$ desjenigen, was man zur Zeit mit Unterwind in neueren Schiffskesseln erreicht. Bei einer so ausgesprochenen Schonung musste der Kessel anstandslos arbeiten.

Dem Perkins-Kessel fehlt eine genügend große Wasseroberfläche für das Entweichen des Dampfes und ein entsprechend hoher Dampfraum, welcher das nach oben mitgerissene Wasser zwingt, durch seine eigene Schwere wieder zurückzusinken. Wird die Verdampfung infolge stärkeren Heizens lebhafter, so kann sich der Dampf nicht mehr schnell genug vom Wasser befreien, der Kessel kocht dann jedesmal über, und zwar um so mehr, je mehr man ihn anstrengt. Ein Perkins-Kessel ist demnach nur für eine verhältnismäßig langsame Verdampfung zu gebrauchen und muss dann noch eine große Heizfläche besitzen, wenn ein wirtschaftlicher Betrieb eintreten soll. Auch die Leistung des Perkins-Kessels, dessen Gewicht nach Isherwoods Berechnung 7266,5 kg einschließlich des Wassers betrug, ist trotz der zulässigen Dampfspannung von 35 Atm. (bei der Kaltwasserprobe hielt der Kessel 140, jedes vorher geprüfte Rohr 280 Atm. aus) ganz ungewöhnlich gering; denn auf 1 t Kesselgewicht entfielen bei dem Versuche nur 9,4 PS_i, bei der Fahrt in See sogar nur 4,2 PS_i, während ein schottischer Kessel im Durchschnittsbetriebe auf See bei natürlichem Zuge mit einer Dreifach-Expansionsmaschine auf mindestens das Doppelte der letzteren Zahl kommt.

3) Der Herreshoff-Kessel.

Der erste geradrohrige Herreshoff-Kessel wurde im Jahre 1878 von der Herreshoff Manufacturing Co. in Bristol, R. I., in die Dampfyacht »Jersey Lily«¹⁾ eingebaut. Er ist in Fig. 37 und 38 abgebildet und besteht aus einer Anzahl von Gliedern, deren jedes durch 5 wagerechte Rohre gebildet wird, welche mit Rechts- und Linksgewinde in die Kopfstücke aus schmiedbarem Guss geschraubt sind. Je zwei der Glieder vereinigen sich an ihrem unteren Ende in einem Hosenrohr, das sie mit einem als Schlammfänger wirkenden, unterhalb des Rostes liegenden weiteren Rohr verbindet. In ähnlicher Weise sind die Glieder oben mit einem gleich weiten, an der Kesselvorderwand befestigten, als Dampfsammler dienenden Rohre verschraubt. 22 Glieder bilden den Kessel. Die untersten Rohre liegen 33 cm über dem Roste. An jeder Seite der Rostfläche ist eine den Gliedern gleiche Rohrreihe untergebracht, welche mit dem Dampfsammler durch ein längeres Rohr und mit dem Speisewasserrohr in der Nähe des Schlammfängerrohres durch einen kurzen Rohrstutzen verbunden ist. Diese Seitenrohre sollen nebst den langen Anschlussrohren der Glieder an das Schlammfängerrohr

¹⁾ Annual report of the chief of the bureau of steam engineering for the year 1888, Washington 1888, S. 48.

eine zu große Wärmestrahlung des Feuers nach der Kesselumhüllung verhüten. Oberhalb des ganzen Rohrbündels liegen im Kesselbau noch drei wagerechte Rohrreihen, welche wie die Glieder unter einander verschraubt sind, sodass sie ein einziges zusammenhängendes Rohr darstellen, worin das Speisewasser angewärmt wird. Gleichzeitig schützen diese Rohre die Decke der Kesselhülle gegen die Wärmestrahlung der abziehenden Heizgase. Vor dem oberen Teile des Kessels sitzt der Wasserabscheider, von dessen höchster Stelle das Dampfrohr zur Maschine führt, während etwa in seiner Mitte der Dampfsammler des Kessels mündet. In den Boden des Wasserabscheiders ist das vom Vorwärmer kommende Speiserohr eingeführt, und dicht über dem Boden ist an der Seite ein Rohr abgezweigt, welches das erwärmte Speisewasser durch seine Schwere in das Schlammfangrohr des Kessels führt. Die Kesselhülle besteht aus zwei 1,5 mm starken Eisenblechen, deren 30 mm betragender Zwischenraum mit Schlackenwolle gefüllt ist. Die

Gewicht des leeren Kessels mit Armatur betrug 1335,8 kg, das des Wassers 47,6 kg, also nur etwa $\frac{1}{28}$ des Kesselgewichts. Sonst ist über die Leistung des Kessels nichts bekannt geworden, auch nicht über die des Kessels in »Say When«, was wohl dafür spricht, dass mit beiden nichts Nennenswertes erreicht wurde. Andernfalls wäre gewiss auch das 1891 vollendete amerikanische Torpedoboot »Cushing« mit solchen Kesseln und nicht mit Thornycroft-Kesseln versehen worden. Der Herreshoff-Kessel braucht zum Speisen, wie der Bellevillesche, eine besondere Dampfpumpe; da aber seine für einen ungestörten Betrieb erforderlichen Vorrichtungen nicht in solcher Feinheit und Vollkommenheit ausgebildet sind wie bei jenem, so muss er diesem nachstehen. Auf amerikanischen Dampfyachten scheint er indessen seines sehr geringen Gewichtes wegen einige Ausbreitung gefunden zu haben, denn als ich die Herreshoffsche Werft im Jahre 1893 besuchte, waren in der Maschinenfabrik mehrere kleinere Kessel dieser Art in Bau.

Fig. 37.

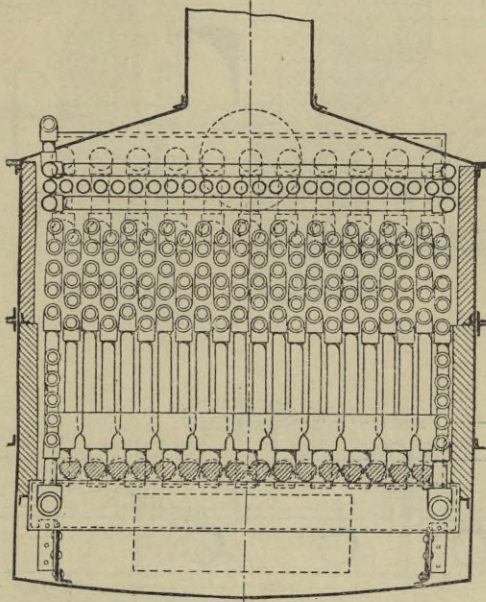
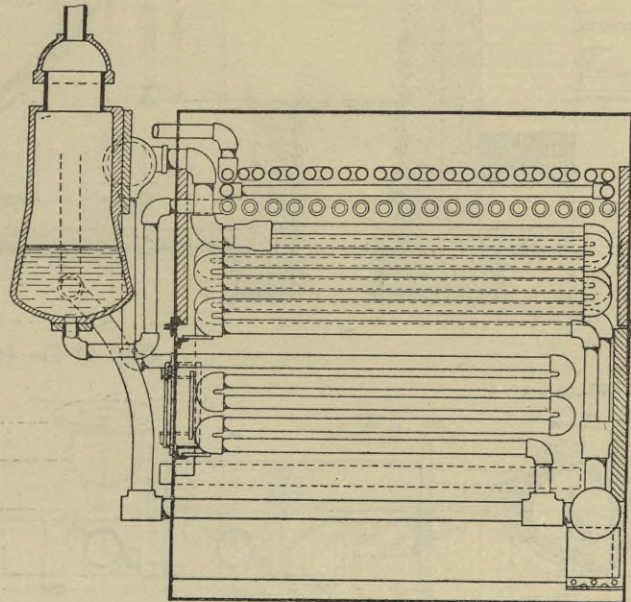


Fig. 38.



Aschfallbleche sind 3 mm dick. Sämtliche Kessel- und Vorwärmerrohre besitzen 25 mm inneren Durchmesser und sind einzeln auf einen Druck von 70 kg/qcm geprüft.

Ein später gebauter größerer Kessel für eine Dampfyacht »Say When« hat den Dampfsammler innerhalb der Kesselhülle und den Wasserabscheider an der hinteren Kesselseite. Die Glieder zählen je 7 Einzelrohre von 50 mm innerem Durchmesser, die Hosenrohre zur Verbindung der senkrechten Rohrreihen mit dem Schlammfangrohr sind fortgefallen; jede Rohrreihe ist mit dem letzteren unmittelbar mittels Rohrstützens verschraubt. Diese Stützen sind im Schlammfangrohr zickzackförmig angeordnet. Ihre Verbindung ist ähnlich wie die beim Perkins-Kessel mit Rechts- und Linksgewinde und darübergreifenden mutterartigen Muffen hergestellt. Die Dichtung bewirkt eine zwischengelegte Asbestscheibe. Die Kesselhülle ist nicht doppelt, vielmehr die einfache Blechhaut innen mit T-Eisenreihen versehen, deren Schenkel 63,5 mm von dem Blech abstehen, um zwischen sich feuerfeste Magnesiasteine zu halten.

Der Kessel von »Jersey Lily« ist durch einen Ausschuss des Marine-Ministeriums der Vereinigten Staaten einer Verdampfungsprobe unterzogen worden. Bei einer stündlichen Verbrennung von nur 45 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche in der Stunde wurden mit 1 kg gutem Anthrazit 6,37 kg Wasser von 16,7° C in Dampf von 8,46 kg/qcm Ueberdruck verwandelt, welcher noch 3,5 pCt Feuchtigkeit besaß. Das

4) Der Root-Kessel.

Der Root-Kessel, welcher bereits seit 1862 bekannt ist wurde in England zuerst im Jahre 1872 an Bord eines Liverpooler Fährdampfers versucht. Wenn dieser erste Versuch auf einem Schiffe von keinem Erfolge begleitet war, so lag dies in erster Reihe daran, dass der Kessel niedrig gespannten Dampf für eine langsam gehende Raddampfmaschine mit großem Hube geben sollte. Für stationäre Zwecke hat die Röhrendampfkesselfabrik Walther & Co. in Kalk diesen Kessel zu ihrer Spezialität gemacht und baut ihn besonders für die Ausfuhr nach den Gebirgsgegenden Südamerikas. Hier, wo der Transport zuletzt durch Maultiere geschieht, muss der Kessel derartig zerlegbar sein, dass das schwerste Stück 150 bis 300 kg Gewicht nicht übersteigt. Der Root-Kessel ist für eine solche Teilbarkeit in hohem Grade geeignet und dürfte aus diesem Grunde auch als Schiffskessel für die großen afrikanischen Seen, die nur auf Karawanenwegen erreichbar sind, höchst geeignet sein. Die Fig. 39 und 40 veranschaulichen einen stationären Root-Kessel von 100 cbm Wasserraum, 14 cbm Dampfraum und 15 qm Ueberhitzer-Heizfläche. Dem Kessel ist eine Halb-Tenbrinkfeuerung gegeben, damit er möglichst wenig Rauch erzeugt. Die Fig. 41 bis 48 lassen die Bauart des aus mehreren Teilen zusammengefügt, für den Export zerlegbar gebauten Kessels erkennen, dessen Dampfsammler bzw. Schlammfänger mit Verbindungsstellen versehen sind, die mit Nut

Fig. 39.

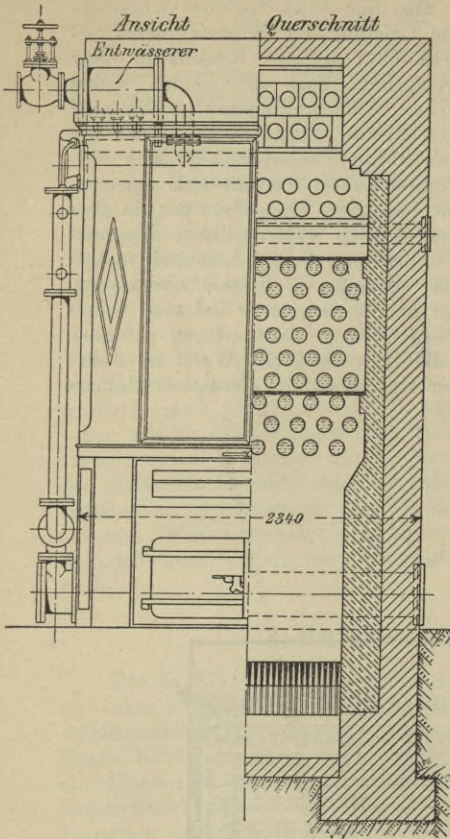


Fig. 40.

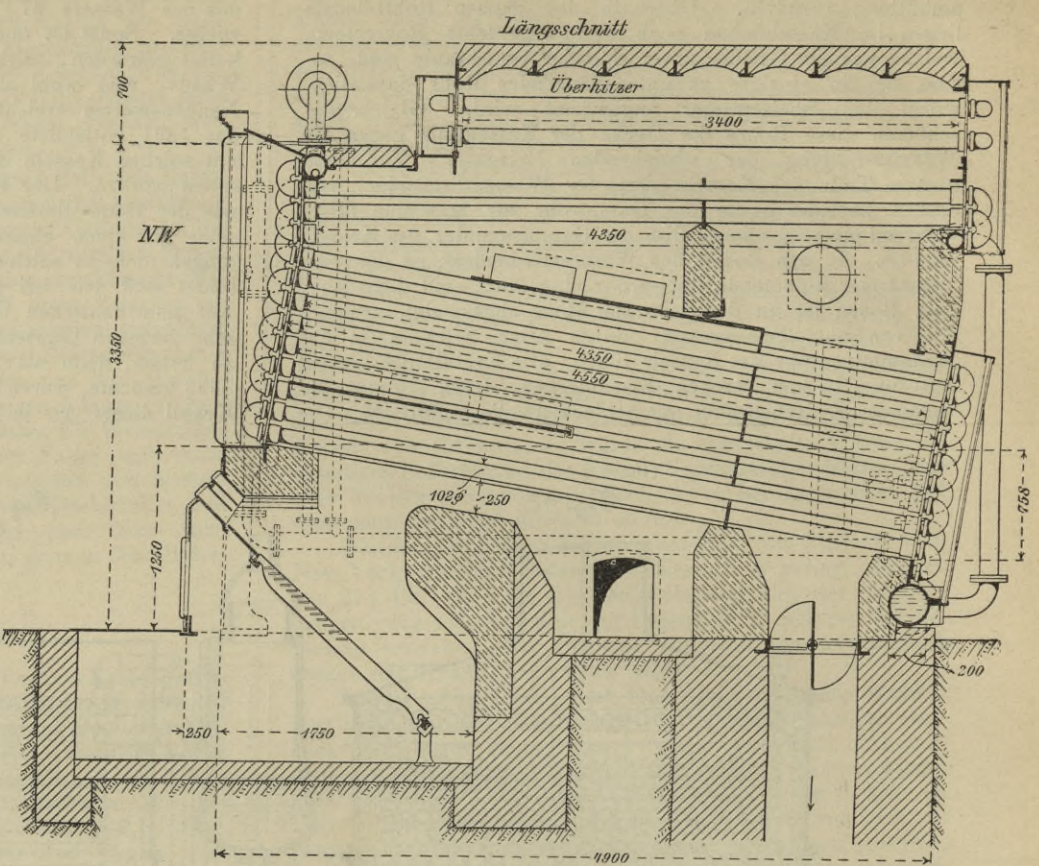
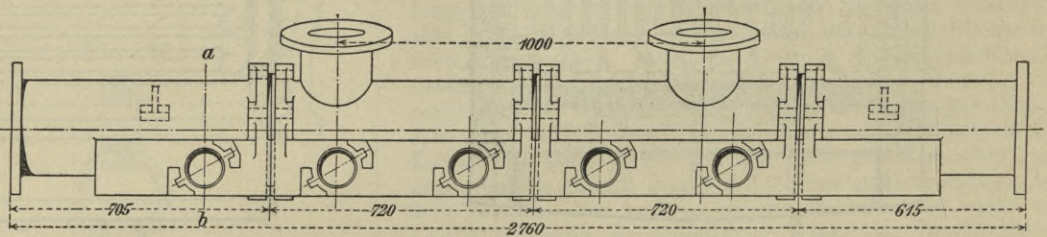
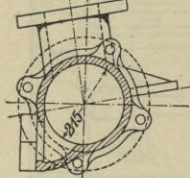
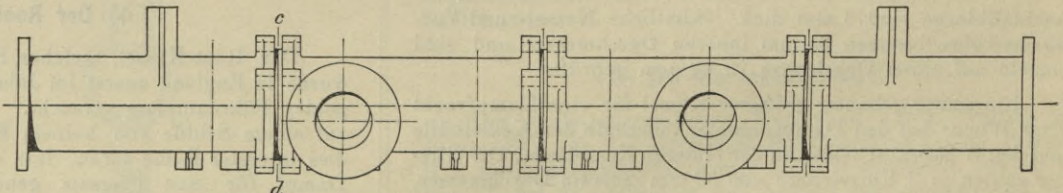
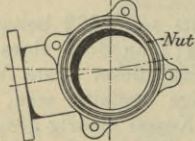


Fig. 41 bis 48.

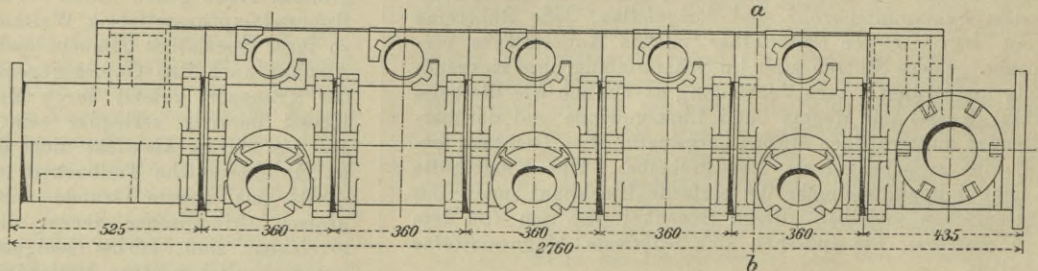
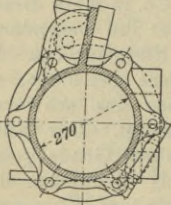
Schnitt a-b



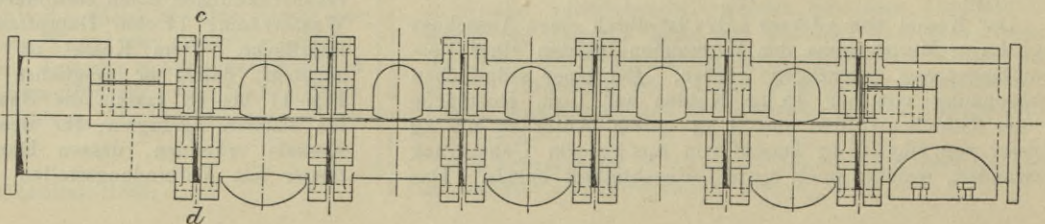
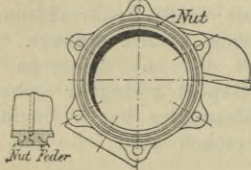
Schnitt c-d



Schnitt a-b



Schnitt c-d



und Feder konisch eingeschliffen sind, während die Fig. 49 bis 51 die Verbindungsköpfe und die Fig. 52 bis 55 die Verbindungskappen der einzelnen Glieder wiedergeben; die letzteren werden durch konische Dichtungsringe in den zugehörigen Verbindungsköpfen metallisch gedichtet. Die Fabrik liefert

steht aus einem oder mehreren etwas schrägliegenden flachen Blechkasten, in die runde oder längliche Düsen eingesetzt sind, durch welche die Luft dem Feuer zugeführt wird. Durch den flachen Kasten läuft um die Düsen herum Wasser, welches aus einem höher stehenden besonderen Be-

Fig. 49.

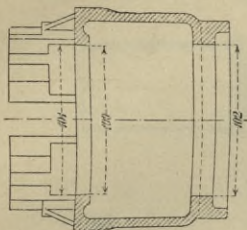


Fig. 50.

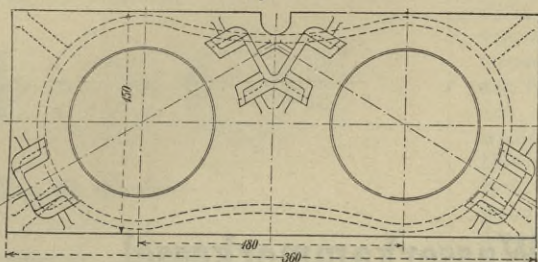


Fig. 52.

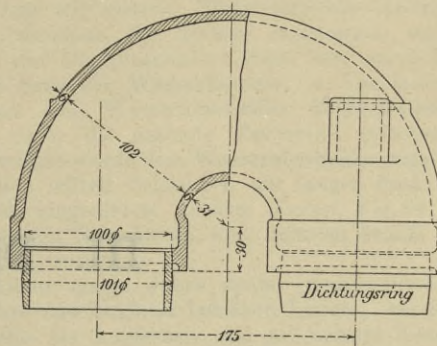


Fig. 51.

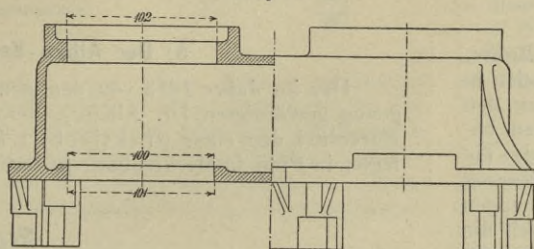


Fig. 53.

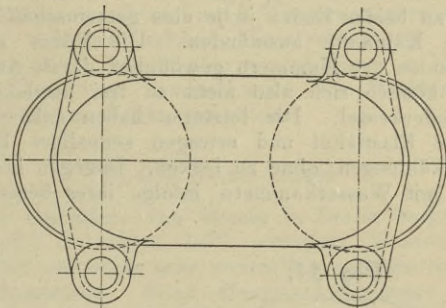


Fig. 54.

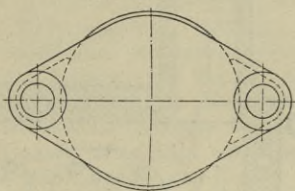


Fig. 55.

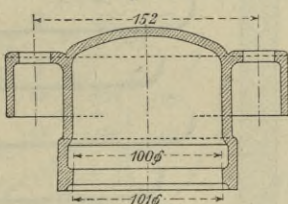
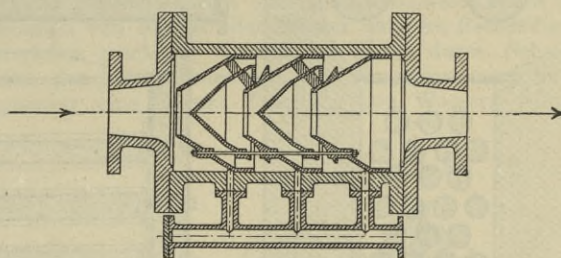


Fig. 56.



diese Kessel mit den bekannten Ehlersschen Dampfentwässern, Fig. 56, welche nach einem vom Oberingenieur Böcking des Rheinischen Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereins angestellten Versuch 83,33 pCt des im Wasserdampfe enthaltenen Wassers entfernten. Falls forcirter Betrieb nötig wird oder sehr minderwertiger Brennstoff verbrannt werden muss, giebt die Fabrik ihren Kesseln einen Grafschen Rost. Dieser be-

hälter kommt und durch die Erwärmung im Rost wieder in diesen Behälter zurückgeht. Dem letzteren fließt stets kaltes Wasser in seinem unteren Teile, entweder von einer Wasserleitung oder von einer Pumpe, zu, während aus seinem oberen Teile das heiße Wasser für die Speisung des Kessels entnommen wird. Versuche, die von Prof. Pinzger in der Technischen Hochschule zu Aachen mit diesem Rost ausgeführt wurden, ergaben bei einer stündlichen Verbrennung von 101,5 kg Steinkohlen auf 1 qm Rostfläche eine 9,06fache Verdampfung.

III. Die Wasserkammerkessel.

Die zu dieser Gruppe gehörenden Kessel besitzen Rohre, welche an beiden Enden in je eine gemeinschaftliche oder in mehrere Kammern ausmünden. Die Rohre sind in den Rohrwänden der Kammern gewöhnlich durch Aufwalzen befestigt, können sich also nicht so frei ausdehnen wie die der Gliederkessel. Die letzteren haben daher den Vorzug größerer Elastizität und ertragen schnellere Erwärmungen und Abkühlungen, ohne zu lecken. Dagegen lassen sich die Kessel mit Wasserkammern infolge ihres besseren Wasser-

5) Der Alban-Kessel.

Der im Jahre 1843 von dem genialen, noch immer nicht genug gewürdigten Dr. Alban¹⁾, der sich selbst als höchsten Ehrentitel den eines praktischen Maschinenbauers beilegte, in Plau in Mecklenburg in Betrieb gesetzte Wasserrohr-

Fig. 57.

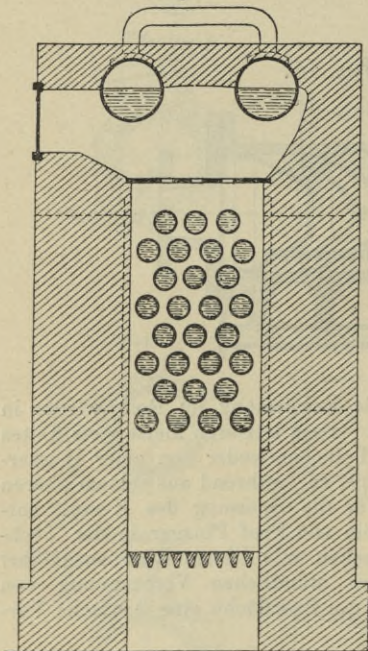


Fig. 58.

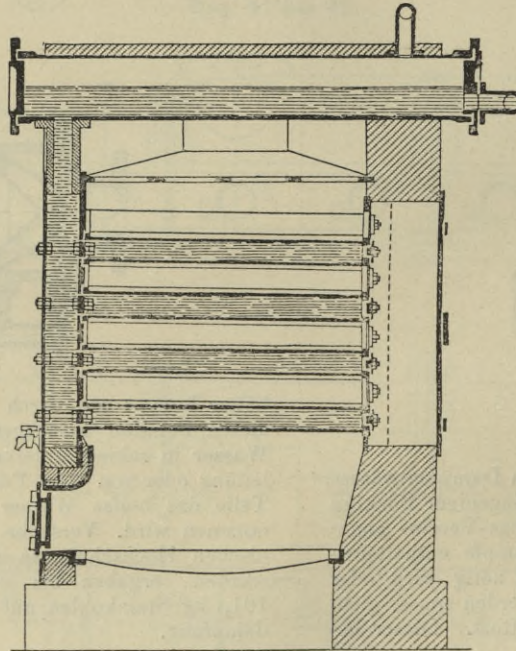
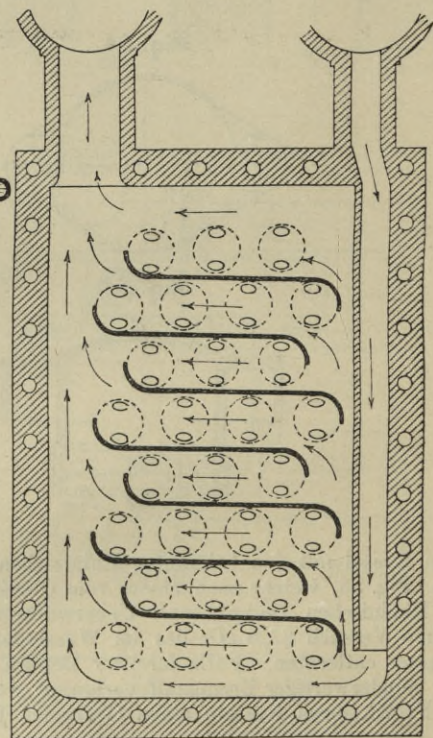


Fig. 63.



umlaufes stärker forciren und besitzen auch eine grössere Verdampfungsfähigkeit. In den neueren Kesseln dieser Art fließt das in den unteren, meistens zwischen 10 bis 15° ansteigend ausgeführten Rohrreihen erwärmte Wasser in die vordere Wasserkammer und von dort durch den Dampfsammler oder durch die oberen schon dampfführenden Rohre zurück zur hinteren Wasserkammer. Zwischen den Rohren sind zur gegenseitigen Absteifung der beiden Wasserkammern keine Anker erforderlich; es genügt der durch das Aufwalzen der Rohre in den Rohrwänden erzeugte Widerstand, welcher durch den Dampfsammler unterstützt wird, an den in den meisten Fällen beide Wasserkammern angehängt werden.

kessel, welchen die Fig. 57 und 58 zeigen, dürfte der erste bewährt gefundene derartige Kessel sein. Burgh¹⁾ führt zwar einen bereits im Jahre 1824 in England patentirten Wasserrohrkessel mit senkrechten Rohren an, der von einem Nichtfachmann, namens Moore, »erfunden« sein soll, von dem es indessen schon nach der beigegebenen Skizze höchst zweifelhaft erscheint, ob man ihn mit den damaligen techni-

¹⁾ E. Alban: Die Hochdruckdampfmaschine, Rostock 1843, S. 214.

²⁾ J. P. Burgh: A practical treatise on boilers and boiler making, London 1881, S. 5.

schen Hilfsmitteln überhaupt ausführen konnte. Aber auch dieser Kessel hatte schon Vorläufer aufzuweisen, da sich der durch seine Versuche mit Reaktionspropellern bekannt gewordene Amerikaner Rumsay schon im Jahre 1788 in England verschiedene Patente auf Wasserrohrkessel erteilen ließ; diesem folgte 1805 sein Landsmann Stevens mit dem in vielen alten englischen Maschinenlehrbüchern noch abgedruckten

Fig. 59 bis 62.

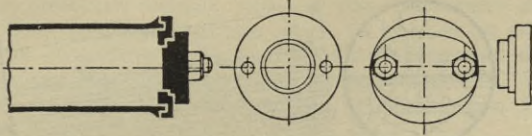
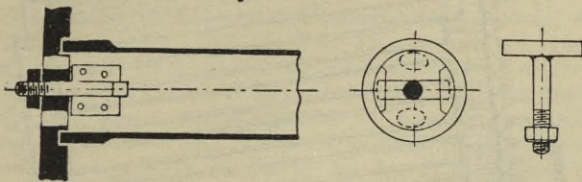


Fig. 64 bis 66.



»Stachelschwein«-Kessel. Aber diese Kessel scheiterten ebenso wie die besonders für Strafenlokomotiven in den zwanziger und dreißiger Jahren von Hancock, Summers & Ogle, Dance, Macerone und Gurney entworfenen englischen Konstruktionen nach der Ansicht ihres Zeitgenossen Alban, weil sie keine guten Wasserabscheider und keine getrennten Dampfsammler besaßen.

Der erste brauchbare Alban-Kessel wies nur am vorderen Ende eine Wasserkammer auf; seine Rohre wurden am hinteren Ende, wie Fig. 59 bis 62 zeigen, mittels eines aufgelöteten runden Deckels gedichtet, in welchem ein rundes, besonders verschleißbares Reinigungsloch enthalten war. Sie konnten sich also frei ausdehnen und sind nicht in parallelen übereinander liegenden Reihen, wie bei den Gliederkesseln, sondern diagonal versetzt in der Rohrwand befestigt, um die nach oben entweichenden Heizgase besser auszunutzen. Damit in diesen Kesseln überhaupt ein Wasserumlauf eintreten konnte, war die Mündung der aus Kupfer hergestellten Rohre in der vorderen Wasserkammerwand nicht ganz offen, sondern es waren in die Rohrwand für jedes Rohr nur zwei ovale

Oeffnungen geschnitten, eine untere, durch welche das Wasser in das Rohr eintreten, und eine obere, durch die der Dampf austreten konnte. Fig. 63 lässt die innere Einrichtung der Wasserkammer, deren Deckel entfernt gedacht ist, erkennen. Das aus den Rohren jeder Reihe kommende Gemisch von Dampf und Wasser musste an besonderen Führungsleisten entlang nach der linken Seite der Wasserkammer strömen und konnte von hier in den darüberliegenden Wasserabscheider emporsteigen. Dieser war durch ein unteres und ein oberes Rohr mit dem auf gleicher Höhe liegenden Dampfsammler verbunden, welchem der Dampf entnommen wurde. Der untere Teil des Dampfsammlers stand mit einem Kanal auf der rechten Seite der Wasserkammer in Verbindung, durch den das aus dem Wasserabscheider übergetretene Wasser wieder bis unter die unterste Rohrreihe gelangen konnte. Das Speisewasser wurde dem Wasserabscheider zugeführt. Die Rohre wurden mittels Schrauben mit langen flachen Köpfen, welche hinter eingienietete Ansätze fassten, Fig. 64 bis 66, in den Rohrwänden festgehalten und konnten behufs Reinigung leicht entfernt werden.

Als Alban einige Jahre später geschweißte schmiedeeiserne Rohre aus England beziehen konnte, verwendete er diese anstelle der kupfernen und gab seinem Kessel darauf 2 Wasserkammern, an jedem Ende der Rohre eine. Dieser Kessel ist als der Stammvater der jetzt zur Besprechung gelangenden Wasserrohrkessel mit 2 Wasserkammern anzusehen. Alban hat mehrere solcher Wasserrohrkessel für Torfheizung ausgeführt, konnte aber vor 50 Jahren in einem noch heute an Industrie so armen Lande, wie Mecklenburg, für seine Ideen keinen Boden gewinnen.

6) Der Heine-Kessel.

Dieser besonders von Borsig in Berlin hergestellte, in Deutschland¹⁾ im Jahre 1877 patentirte Wasserrohrkessel unterscheidet sich nicht sehr wesentlich von dem vorbeschriebenen Albanschen. Seine Hauptverbesserungen bestehen darin, dass hohle Stehbolzen zwischen den Wänden jeder Wasserkammer angeordnet sind, durch deren Bohrungen die Rohre mittels Dampfstrahls abgerufst werden können, und welche gleichzeitig bei eintretenden Brüchen durch das Entweichen von Dampf oder Wasser auf ihre Beschädigung aufmerksam machen. Ferner hat Heine durch Scheidewände über den Eintrittsöffnungen der Wasserkammern im Dampfsammler eine bessere Trennung des Wassers vom Dampf

Fig. 67.

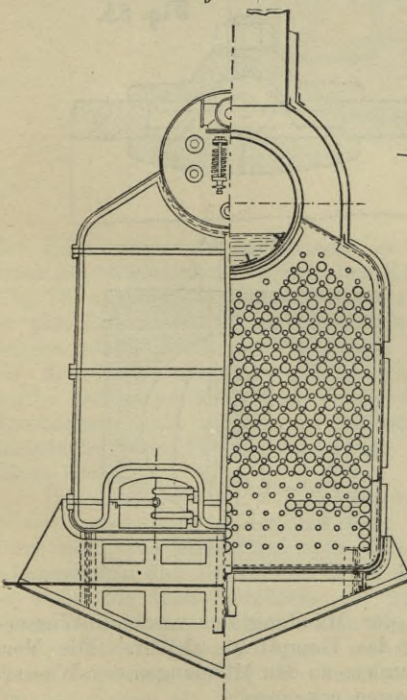


Fig. 68.

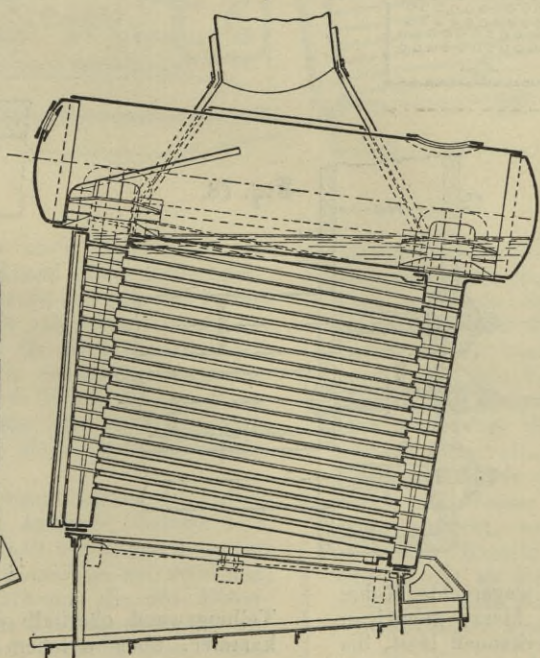
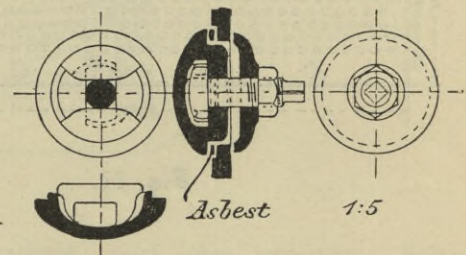


Fig. 69 bis 72.



angestrebt und endlich durch feuerfeste Steine auf den Rohren den Heizgasen einen etwas gewundeneren Weg vorgeschrieben, um sie besser auszunutzen und nicht unmittelbar in den Schornstein entweichen zu lassen.

Ein mit den Heineschen Ausführungen ziemlich verwandter, indessen den Bedingungen des Schiffsbetriebes besser angepasster Kessel ist der im Jahre 1890 von der Kaiserlichen Werft in Kiel für den Schlepper »Föhn« erbaute, welchen Fig. 67 und 68 zeigen. Während die Rohre der Heine-Kessel von der Feuerung

¹⁾ Deutsche Patentschrift No. 751 vom 16. August 1877.

nach hinten ansteigen, fallen sie hier nach hinten, wie dies übrigens bei sämtlichen sonst hierher gehörigen Schiffskesseln der Fall ist. Der Dampfsammler ist kleiner als bei den Heine-Kesseln, dafür aber die Zahl der Wasserrohre beträchtlich größer; auch liegt der Dampfsammler den Rohren näher, um an Höhe zu sparen. Der Kessel hat 2 Feuerungen, welche von zwei seitlichen und einer mittleren senkrechten Rohr-

kammern besitzen ebenfalls hohle Stehbolzen, um die Flugasche entfernen zu können. Die Rohrverschlüsse in den Wasserkammern haben innere Stahlgussdeckel, welche gegen eine Asbestdichtung pressen, wie Fig. 69 bis 72 zeigen, und die durch 3 ovale Öffnungen im unteren Teile des Kessels eingesetzt werden. Der Dampfsammler enthält ebenfalls eine

Fig. 73.

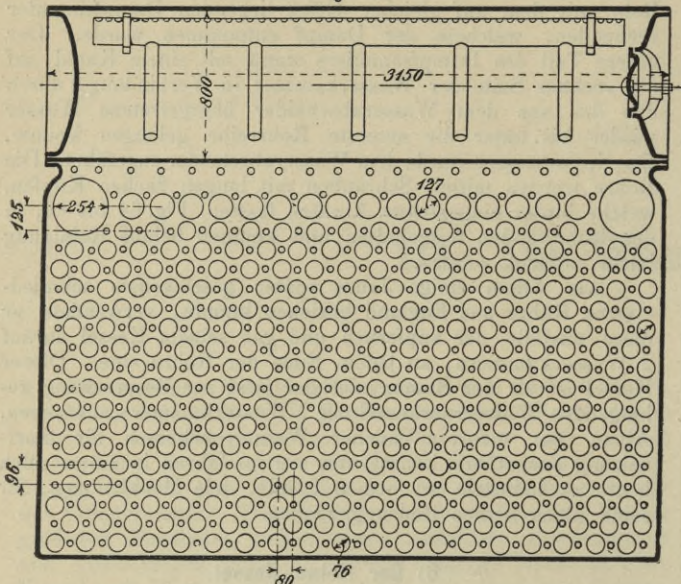


Fig. 75.

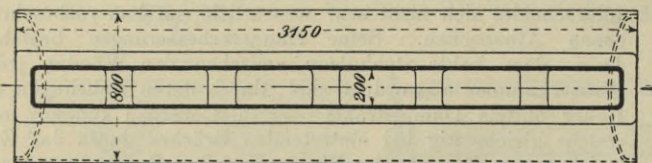


Fig. 76.

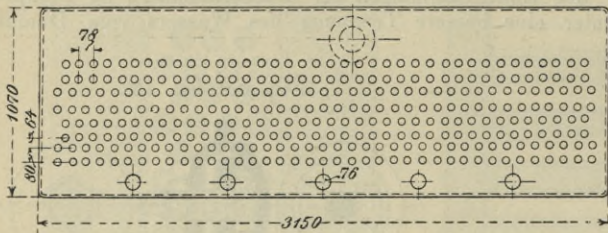


Fig. 77.

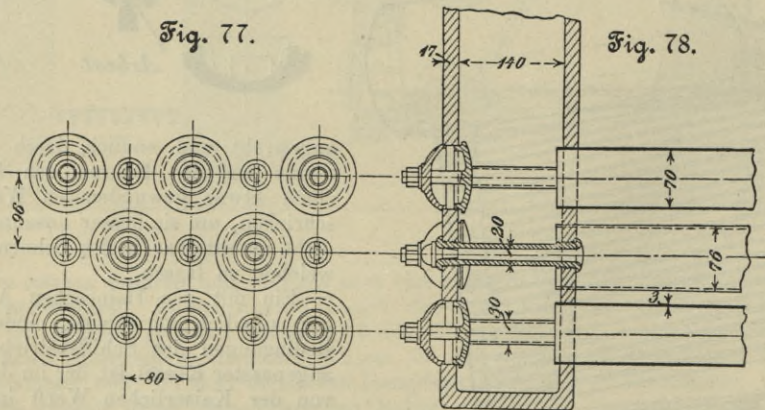
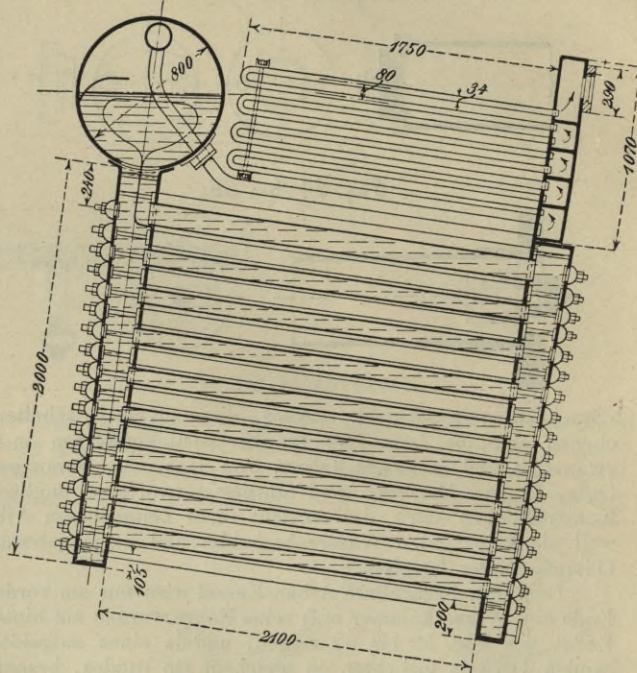


Fig. 78.

Fig. 74.



Kupferring

Fig. 79 bis 82.

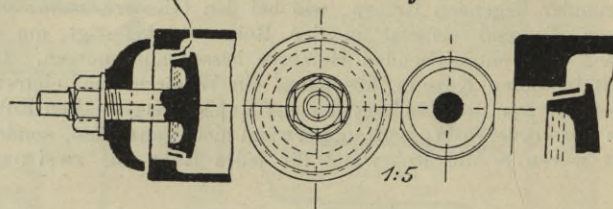


Fig. 83.

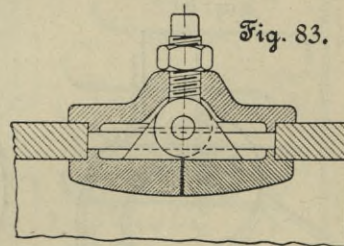
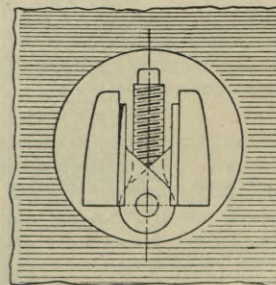


Fig. 84.



reihe umschlossen werden. Die unterste wagerechte Rohrreihe liegt 500 mm über dem Rost; die hierzu gehörigen Rohre sind an beiden Seiten, wie Fig. 67 erkennen lässt, bis etwas über die Mitte der Feuerung mit Schamott abgedeckt, wodurch, ähnlich wie beim Lagrafel-d'Allest-Kessel, 2 Verbrennungskammern entstehen, welche die Heizgase nur in der Mitte zwischen den Rohren entweichen lassen. Die Wasser-

Teilungswand oberhalb der Mündung der vorderen Wasserkammer, über welcher das Dampfrohr abgeht. Die Verankerung des Dampfsammlers an den Mündungen der Wasserkammern lassen die Figuren erkennen.

Das Gewicht des Kessels auf dem Schlepper »Föhn« betrug im betriebsfähigen Zustande ohne Wasser 8544,5 kg;

hierzu kommt das Wasser mit 2590 kg, zusammen 11134,5 kg. Bei der Probefahrt indizierte die zugehörige Compoundmaschine 234 PS, wobei der Dampfdruck im Kessel 7,86 kg/qcm betrug. Der Kohlenverbrauch stellte sich hierbei auf 100 kg für 1 qm Rostfläche in der Stunde und auf 1,067 kg für 1 PS-Std. Auf 1 t Kesselgewicht wurden 21 PS_i und auf 1 qm Rostfläche 93 PS_i erzeugt, also nicht ganz soviel wie in Belleville-Kesseln. Dabei hatte aber der Kessel die Grenze seiner Leistungsfähigkeit erreicht; im gewöhnlichen Betriebe muss er stark geschont werden, wenn er ohne Störungen arbeiten soll. Dann werden aber nur etwa 60 kg Kohlen stündlich auf 1 qm Rostfläche verbrannt, die Umdrehungszahl der Maschine sinkt von 181 bei der Probefahrt auf 120, und mit 1 t Kesselgewicht wird weniger als in schottischen Kesseln erreicht.

7) Der Büttner-Kessel.

Die Rheinische Röhrendampfkesselfabrik A. Büttner & Co. in Uerdingen a/Rh. baut den in Fig. 73 und 74 gezeichneten Wasserkammerkessel, als dessen Hauptvorteil die Erbauer die ihnen patentierte Schnellumlauf-Einrichtung ansehen, welche auf Grund von Versuchen an wirklich ausgeführten Kesseln entstanden ist. Da die Güte eines Wasserrohrkessels ungefähr im geraden Verhältnis zu der Schnelligkeit steht, mit der sich das Wasser durch die Rohre bewegt, so wurde dafür gesorgt, dass das Wasser im Oberkessel, Fig. 74, seine Geschwindigkeit nicht einbüßt und daher für den Rücklauf nicht nochmals wieder in Bewegung gesetzt zu werden braucht.

sein Gewicht zu vermindern, wollen die Erbauer die Rohre noch mehr verengen und die Menge des eingeschlossenen Wassers vermindern. Leider konnte man mir keine Mitteilungen über die Leistungen machen, welche mit diesem Kessel zu erreichen sind. Dass der Kessel forcirt werden kann, lässt sich bei seinen guten Umlaufverhältnissen wohl erwarten.

Die Rohrlöcher werden, wie Fig. 77 und 78 ersehen lassen, metallisch gedichtet. Die zwischen den Rohren verteilten, zum Ausblasen des Rufsers hohl gehaltenen Stehbolzen werden vorn durch kleine Stöpsel verschlossen.

Außer den Zweikammerkesseln, welche die Fabrik jetzt bevorzugt, baut sie aber auch Einkammerkessel mit Umlaufrohren, wie sie in der folgenden Gruppe beschrieben sind. Der Verschluss der hinteren Rohrenden erfolgt bei den letztgenannten Kesseln so, wie die Fig. 79 bis 82 zeigen. Damit der Deckel nach außen entfernt werden kann, wurde sein das Durchziehen verhindernder innen vorspringender Rand an beiden Seiten etwas flachgefeilt und, um die Dichtung wieder herzustellen, zwischen Deckel und Rohrboden ein Kupfering gelegt. — Für solche Verschlüsse eignet sich auch der in Fig. 83 und 84 gezeichnete zusammenklappbare Deckel von Göhrig & Leuchs in Darmstadt.

8) Der Oriolle-Kessel.

Der Kessel, welchen Oriolle¹⁾ in Nantes baut, ist mit dem vorherbeschriebenen Heine-Kessel eng verwandt, wie sich aus den Fig. 85 und 86 ersehen lässt. Er hat diesem gegenüber den Nachteil paralleler Wasserkammerwände, während letztere sich auf »Föhn«, der in den Rohren erzeugten

Fig. 85.

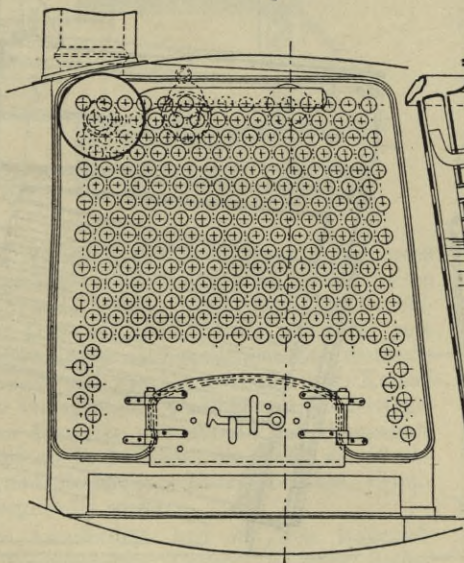
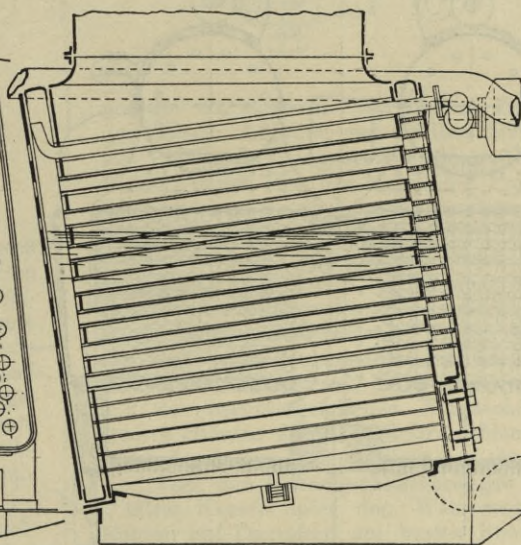


Fig. 86.



Im Beharrungszustande erreicht es auch thatsächlich eine hohe Geschwindigkeit. Ueber dem Kessel ist ein Ueberhitzer, Fig. 76, angeordnet, welcher so konstruirt ist, dass der Dampf in den Rohren eine Geschwindigkeit von 40 m besitzt, was seitens seines Konstrukteurs sowohl für die Haltbarkeit wie für die Wirksamkeit der Rohre als notwendig angesehen wird. Der abgebildete Kessel hat bei 76 mm lichtigem Rohrdurchmesser und 2100 mm Rohrlänge eine wasserberührte Heizfläche von 176 qm, wozu noch 60 qm Ueberhitzerheizfläche treten.

Das Gewicht des Kesselkörpers einschliesslich des Ueberhitzers, aber ohne grobe und feine Armatur, beträgt 14 t, wozu noch 3,5 t Wasser kommen. Behält der Kessel dieselben Abmessungen und wächst nur seine Rohrlänge auf 2600 mm, so steigt die Kesselheizfläche auf 218 qm, die des Ueberhitzers auf 76 qm, während sich das Kesselgewicht nur auf 15,5 t, das des Wassers dagegen auf 6,7 t erhebt. Das Wasser dürfte darnach etwa $\frac{1}{4}$ des betriebsfähigen Kessels wiegen. Um den Kessel für Schiffszwecke geeignet zu machen, d. h.

Dampfmenge entsprechend, nach oben erweitern. Sein Dampfsammler liegt nicht innerhalb der Kesselhülle, sondern zu deren Seite (s. Fig. 86 oben rechts), indem 2 in einem Heizraum einander gegenüberstehende Kessel ihn gemeinschaftlich besitzen. Die Verankerung der Wasserkammern und ihre Verschlüsse sind denen des Heine-Kessels gleich. Die Kessel haben bei ihrer kleinen Rostfläche nur eine Feuerung; die auf dem Rost entwickelten Heizgase können unmittelbar in den Schornstein treten. Im Oriolle-Kessel sind wie im Bellevilleschen nur die unteren Rohrreihen mit Wasser gefüllt, wodurch ein sehr kleiner Wasserraum entsteht, welcher die Kessel sehr leicht macht. Da aber den Kesseln Speise- und Dampftrockenvorrichtungen fehlen, wie sie Belleville benutzt, so sind sie im Betriebe, wenn sie nicht sehr stark geschont werden, großen Druckschwankungen unterworfen. Sie können sich nicht besonders

¹⁾ Transactions of the Institution of Naval Architects, London 1894, S. 83.

bewährt haben, wie daraus hervorgehen dürfte, dass man sie in Frankreich trotz ihres geringen Gewichts nicht mehr in dem früheren Umfange für Torpedoboote verwendet. Im Jahre 1893 hat Oriolle einen Dampfer »Mitidjah« von 1160 t Verdrängung mit seinen Kesseln versehen; über irgend welche hiermit erzielten Erfolge verlautet indessen nichts.

Dagegen hat F. Schichau in Elbing kürzlich folgenden interessanten Versuch mit einem dem Oriolle-Kessel sehr ähnlichen Wasserrohrkessel angestellt. Die Firma besitzt 2 gleiche Frachtdampfer mit gleichen Dreifach-Expansionsmaschinen, welche regelmässig zwischen Elbing und Ruhrort, durch den Kaiser Wilhelm-Kanal fahrend, verkehren. Sie gebrauchen für jede Reise etwa 5 Tage und laufen ungefähr gleich schnell. Der Dampfer »Elbing I« besitzt 2 schottische Kessel, der andere Dampfer »Elbing II« den Wasserrohrkessel. Die bisherigen Betriebsergebnisse sind folgende:

	»Elbing I«	»Elbing II«
Gesamtrostfläche	2,24	4,80 qm
Gesamtheizfläche	116,00	162,00 »
Kesselgewicht einschl. Wasser	21,00	14,36 t
Wassergewicht	9,40	4,80 »
durchschnittliche Maschinenleistung	260,00	280,00 PS _t
Leistung auf 1 t Kesselgewicht	12,38	19,42 »
mittlerer Kohlenverbrauch für 1 PS _t -Std.	0,80	1,00 kg

stellt, und die Heizgase eines jeden entweichen aus den Feuerungen nach der Mitte, wo durch eine obere feuerfeste Abdichtung eine gute Verbrennungskammer hergestellt ist. Von hier durchstreichen sie nach beiden Seiten die Rohre und müssen dann, weil auch die Zwischenräume der obersten Rohrreihe wieder mit Schamottstücken belegt sind, durch einen Rauchkanal an der Kesselseite unter dem Dampfsammler hinweg in den Schornstein emporsteigen. Damit die Heizgase genügend ausgenutzt werden, sind die seitlichen Zwischenräume der Rohrreihen von oben bis auf das untere Drittel durch eine Blechplatte verschlossen. Der in Fig. 87 eingetragene Pfeil bezeichnet den Weg der Heizgase. Infolge dieser Einrichtungen ist die Verbrennung im Lagrafel-d'Allest-Kessel merklich besser als in allen anderen Wasserrohrkesseln, wie auch die bisher damit erzielten Probefahrtresultate ausweisen. Um dem bei den Belleville-Kesseln schon erwähnten Durchhängen der Rohre zu steuern, wählen Lagrafel und d'Allest für die unteren Rohrreihen und die Begrenzungsreihen der inneren Verbrennungskammer Serberöhre, welche ihrer inneren Rippen wegen eine größere Widerstandsfähigkeit besitzen. Die Verwendung dieser Rohre für Wasserrohrkessel setzt natürlich vollkommen reines Speisewasser voraus. Um diese Rohre recht fest in die Rohrwände einzuwalzen, legt man innen zwischen die Wand des

Fig. 87.

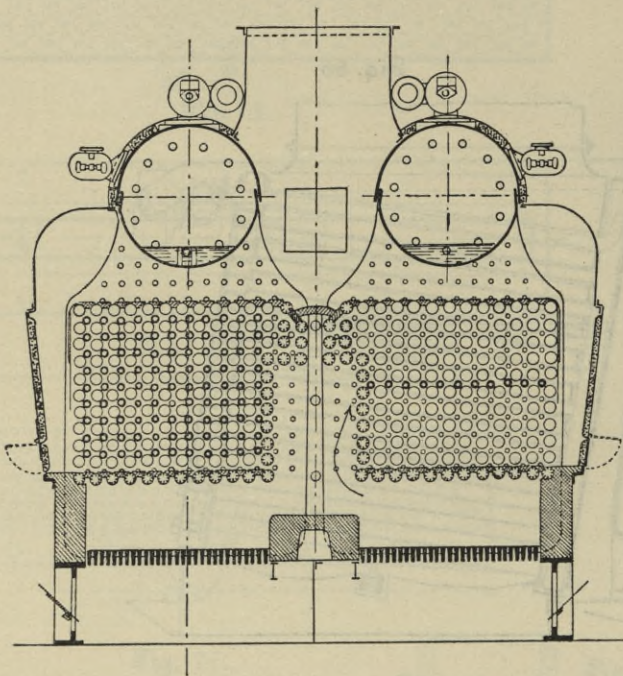
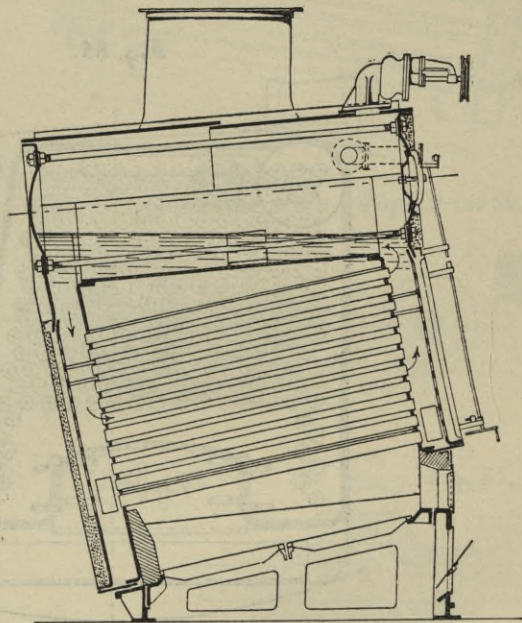


Fig. 88.



Der Oriolle-Kessel leistet hiernach im gewöhnlichen Betriebe auf 1 t Kesselgewicht nahezu ebensoviel wie der Heine-Kessel auf »Föhn« während der Probefahrt, aber leider verbraucht er für dieselbe Leistung um $\frac{1}{4}$ mehr Kohlen als die schottische Kessel, weshalb er im kommenden Winter aus dem Schiffe entfernt und durch Kessel der letzteren Art ersetzt werden soll.

9) Der Lagrafel-d'Allest-Kessel.

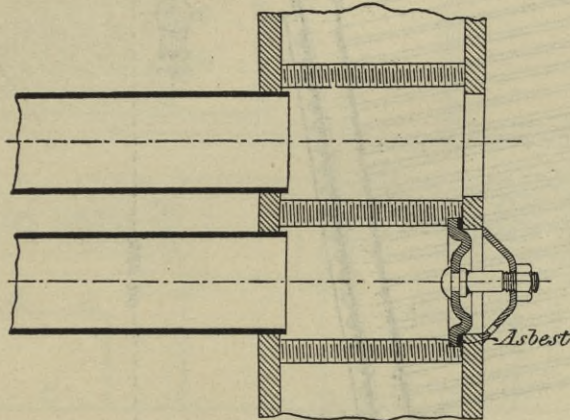
Abweichend von den vorgenannten Kesseln dieses Typs sind die Rohre in den Lagrafel-d'Allest-Kesseln, welche die Compagnie Fraissinet in Marseille fertigt, parallel und nicht diagonal über einander angeordnet, wie in Fig. 87 bis 89 dargestellt ist. Die Zwischenräume der unteren Rohrreihen sind durch aufgelegte Schamottstücke gedichtet, sodass völlig abgeschlossene geräumige Feuerungen geschaffen werden. Die Kessel werden paarweise neben einander aufge-

stellt, und die Spannrollen einen dünnen Draht. Die übrigen glatten Rohre werden jetzt aus Stahl ohne Schweissnaht gezogen; früher, wie noch auf dem französischen Panzerschiff »Jauréguiberry«, waren sie geschweisst, und diesem Umstande ist es zuzuschreiben, dass bei einer Probefahrt ein Rohr in der Schweissnaht 250 mm lang aufriß, infolgedessen das ausgepresste Wasser 9 Mann so schwer verbrühte, dass sie ihren Verletzungen erlagen. Die Rohre werden in neuerer Zeit auch nicht mehr gleichmässig stark gemacht, sondern sie sind an der hinteren Wasserkammer, wo sie nur Wasser enthalten, entsprechend enger als vorn, wo sie ein Gemisch von Wasser und Dampf führen. Die aus Stahlblech gepressten Rohrverschlüsse besitzen die in Fig. 89 gezeichnete Form. Die den inneren Deckel der äußeren Glocke verbindende Schraube besteht gewöhnlich auch aus Stahl, bei besseren Ausführungen aus einer besonderen nicht oxydierenden Bronze, damit sich später die Muttern leicht lösen lassen. Die Deckel stellen keine metallische

Dichtung her, sondern legen sich gegen eine 2 mm starke Asbestscheibe, welche vorher in Leinölfirnis getaucht wird, um sich beim Auswechseln leicht ablösen zu lassen. Damit die Fläche des Bleches, gegen welche sich diese Scheibe legt, wieder gereinigt und geglättet werden kann, wenn etwa ältere Packung daran haften geblieben ist, wird zu jedem Kessel das in Fig. 90 und 91 abgebildete Messer geliefert. In den Kesseln wird das Wasser so hoch gehalten, dass es im kalten Zustande gerade den Boden des Dampfsammlers etwas bedeckt. Beim Betriebe bildet sich dann schon vor der vorderen Wasserkammer ein so hoher Berg von Dampf und Wasser, dass er über die Mitte des Dampfsammlers hinausragt. Selbstthätige Speiswasserregler sind nicht vorhanden.

Ehe die Rohre bei der Erbauung der Kessel in diese eingesetzt werden, verschließt man ihre Oeffnungen mit Verschlussdeckeln und unterzieht den Dampfsammler und die Wasserkammern einer Probe von 22 kg/qcm Wasserdruck, damit die Dichtigkeit aller Nähte festgestellt wird. Erst dann werden die Rohre eingewalzt. In einigen Fällen sind neuer-

Fig. 89.



dings die Rohr- und Verschlusslöcher überhaupt erst nach dieser Druckprobe eingebohrt worden, um allen Undichtheiten durch Verziehen der Wände infolge nicht tragender Verbindungen vorzubeugen. Das von mir bereits über die gute Ausführung der Belleville-Kessel ausgesprochene Lob erstreckt sich uneingeschränkt auch auf die Lagrafel-d'Allest-Kessel. Ich hatte in Marseille Gelegenheit, 4 solche gerade fertigestellte Kessel auf dem Dampfer »Stamboul« der Compagnie Fraissinet unter Dampf zu beobachten, die, was die Blecharbeit der Umhüllung und die Feuergarnitur anbelangt, eigentlich viel zu sauber hergestellt waren.

Die französische Admiralität hat mit den Lagrafel-d'Allest-Kesseln des Panzerschiffes »Carnot« 6- bzw. 3stündige Verdampfungsversuche angestellt, welche bei 25 bzw. 21° C Speisewassertemperatur und einer Dampfspannung von 3,5 bzw. 3 kg/qcm bei einer Verbrennung von 50 kg guter Cardiff-Kohlen auf 1 qm Rostfläche in der Stunde eine 10,67fache Verdampfung ergaben, die aber bis auf eine 8,75fache herabsank, als die Verbrennung bis auf 150 kg für 1 qm Rostfläche stündlich gesteigert wurde. Der wirkliche Arbeitsdruck dieser Kessel betrug 15 kg/qcm, und jeder Kessel wog mit Zubehör, aber ohne Wasser, 11742 kg, während das Wasser ein Gewicht von 3107 kg hatte. Aehnliche Werte ergaben sich auf dem Küstenverteidigungsschiff »Bouvines«, wo bei einer Verbrennung von 60 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche in der Stunde eine 10fache und bei einer Verbrennung von 150 kg eine 9,2fache Verdampfung erreicht wurde. Auf dem Kreuzer »Chasseloup-Laubat« wiegen die Kessel mit Zubehör 335 t, das Wasser in ihnen 53 t, also etwa den sechsten Teil des Kesselgewichtes.

Der Lagrafel-d'Allest-Kessel muss ebenso schonend angeheizt werden wie ein schottischer Kessel. Seinem Speisewasser wird wie bei den Belleville-Kesseln Kalkmilch zugesetzt, und zwar etwa 3 kg auf 1000 PS_i in 24 Stunden, wenn

die Kessel frisches Wasser enthalten und nur mit destilliertem Wasser gespeist werden. Alle 8 Stunden müssen diese Kessel sowohl an der Oberfläche als am Boden kräftig abgeblasen werden. Es soll kein Salzgehalt in ihnen enthalten sein, den Belleville bekanntlich duldet. Sollte durch Undichtheiten im Oberflächenkondensator Salz in den Kessel gelangen, so soll sein Salzgehalt doch nicht über 2 pCt und höchstens auf 3 bis 4 pCt steigen; es sollen dann aber einige Kessel außer Betrieb gesetzt und die anderen forciert werden, um den Wasserumlauf zu vermehren und das Ansetzen von Niederschlägen zu erschweren. Im übrigen werden die Kessel

Fig. 90.

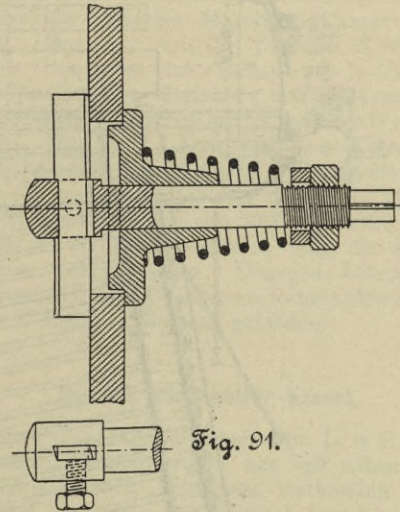


Fig. 91.

wie die von Belleville von Zeit zu Zeit mit Aetznatron ausgewaschen. Lagrafel und d'Allest führen zu diesem Zwecke auf 1 t Wasser 5,5 kg Aetznatron, in Wasser aufgelöst, in die Kessel; damit aber das Metall der Pumpen nicht angegriffen wird, machen sie die Lösung so schwach, dass auf 1 kg Aetznatron 7 ltr Wasser kommen. Der Kessel wird dann 2 bis 3 Stunden lang unter einem Druck von 2 bis 2,5 kg/qcm ausgekocht und darauf völlig ausgeblasen. Noch in den Rohren oder im Dampfsammler zurückbleibende geringe Rückstände werden ausgewischt. Schwierigkeiten verursacht es, den Rufs beim Dampfen zu entfernen; dies geschieht ebenfalls durch Dampfstrahl, durch Bürsten und durch Wegschauflern der heruntergefallenen Flugasche. Es wird jedesmal etwa 3 Minuten durch die Rohre geblasen, wobei der Wasserstand durch den Dampfverlust um etwa 10 cm fallen soll.

Nach den bisherigen Erfahrungen hat sich der Lagrafel-d'Allest-Kessel unter den Wasserrohrkesseln mit geraden Rohren auf Dampfern am besten bewährt. Er ist indessen sehr empfindlich gegen schnelles Anheizen, wenn er auch nicht so verwickelte Einrichtungen für seinen Betrieb nötig hat wie der Belleville-Kessel. Er muss außerdem immer sehr gleichmäßig geheizt werden, wenn nicht bedeutende und plötzliche Schwankungen in der Dampfspannung eintreten sollen. Es muss indes daran erinnert werden, dass der Kessel ziemlich viel Wasser enthält. Bei der forcierten Probefahrt auf dem französischen Panzerschiff »Jemappes«, auf welcher 9250 PS_i geleistet wurden, gebrauchte man 0,921 kg Kohlen für 1 PS_i-Std., wobei 145 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche in der Stunde verbrannten. Als man mit größerer Schonung der Kessel arbeitete und nur 107,6 kg Kohlen stündlich auf 1 qm Rostfläche verbrannte, wurden 0,82 kg Kohlen für 1 PS_i-Std. bei einer Maschinenleistung von 7711 PS_i verbraucht. Dies sind Kohlenverbräuche, welche von schottischen Kesseln unter ähnlichen Verhältnissen unterschritten wurden. Der französische Kreuzer »Chasseloup-Laubat« erreichte während der forcierten Probefahrt 9700 PS_i; da seine Kessel 335 t wiegen, entfallen auf 1 t Kesselgewicht 29 PS_i; dies ist dagegen ein Wert, der das bisher von schottischen Kesseln Geleistete überragt. Am günstigsten sind bis jetzt die am 3. und 18. März d. J. mit dem französischen Torpedokreuzer

Fig. 92.

Längsschnitt

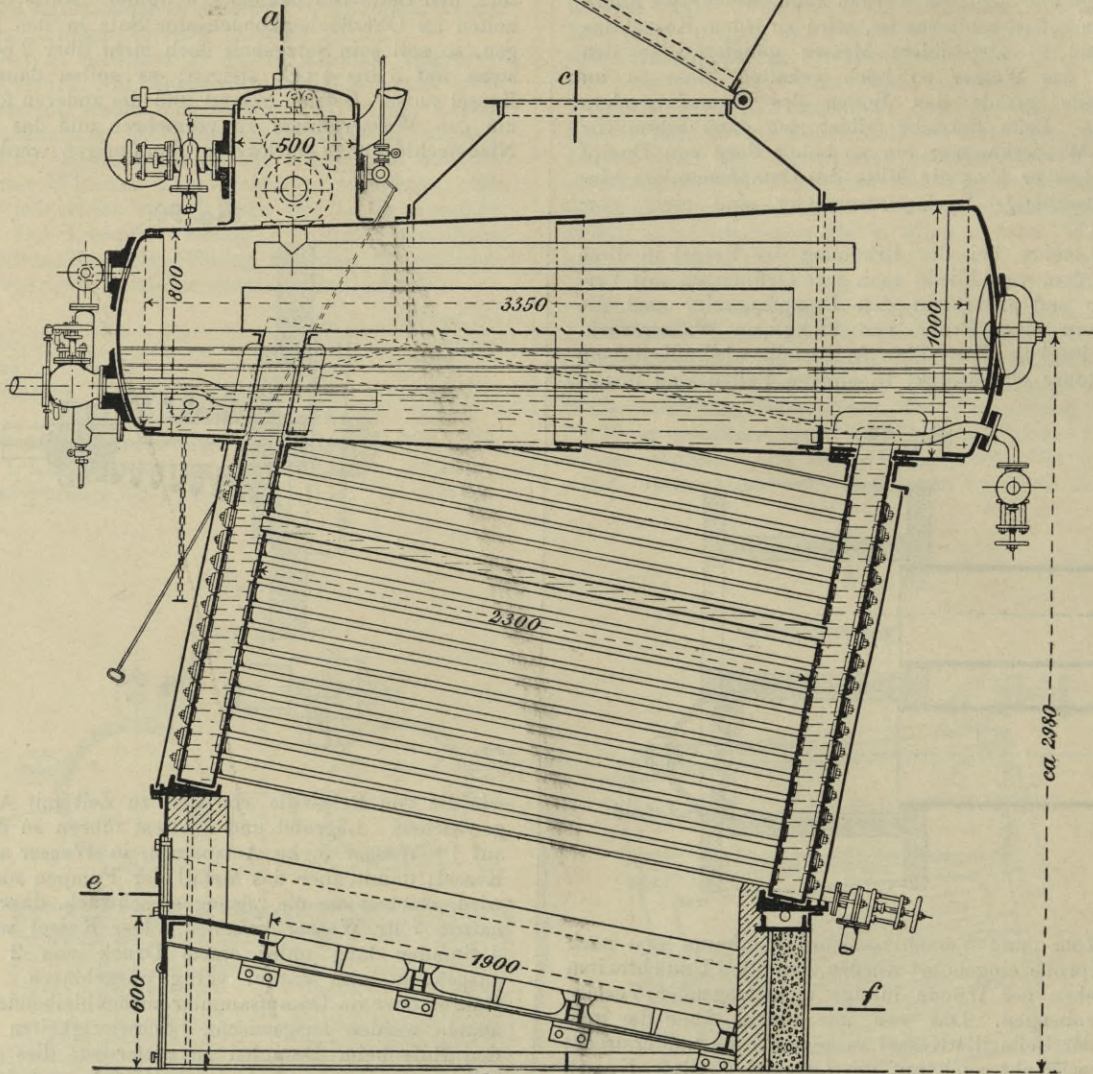


Fig. 93.

obere Ansicht

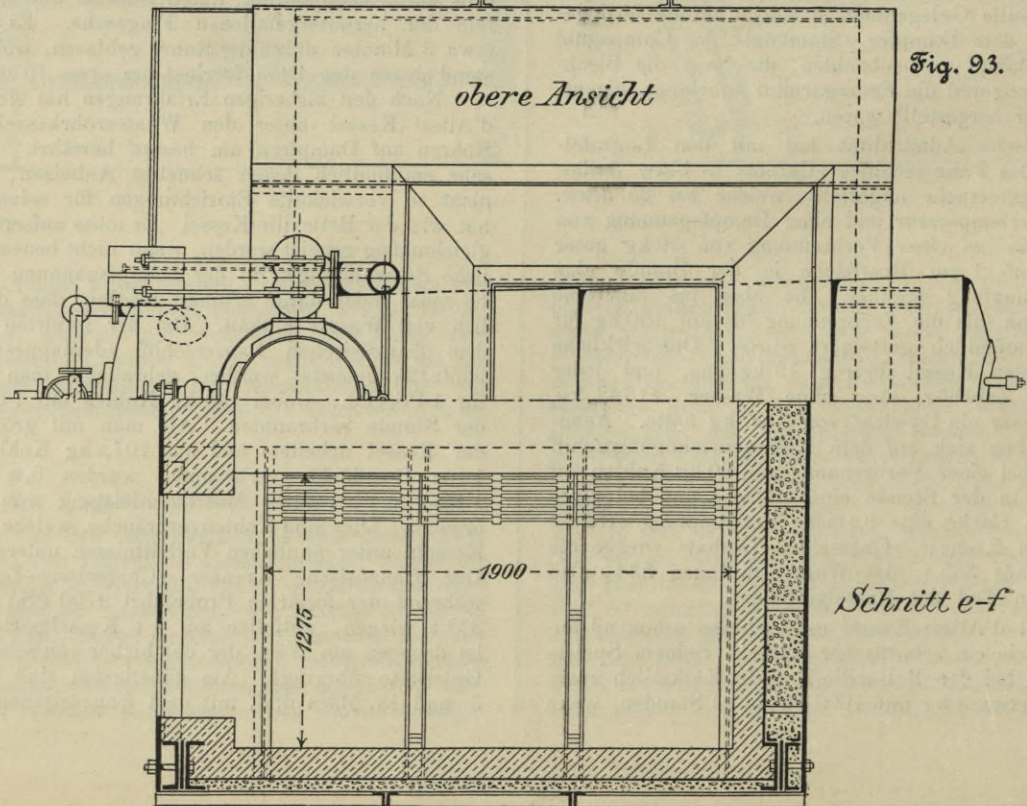
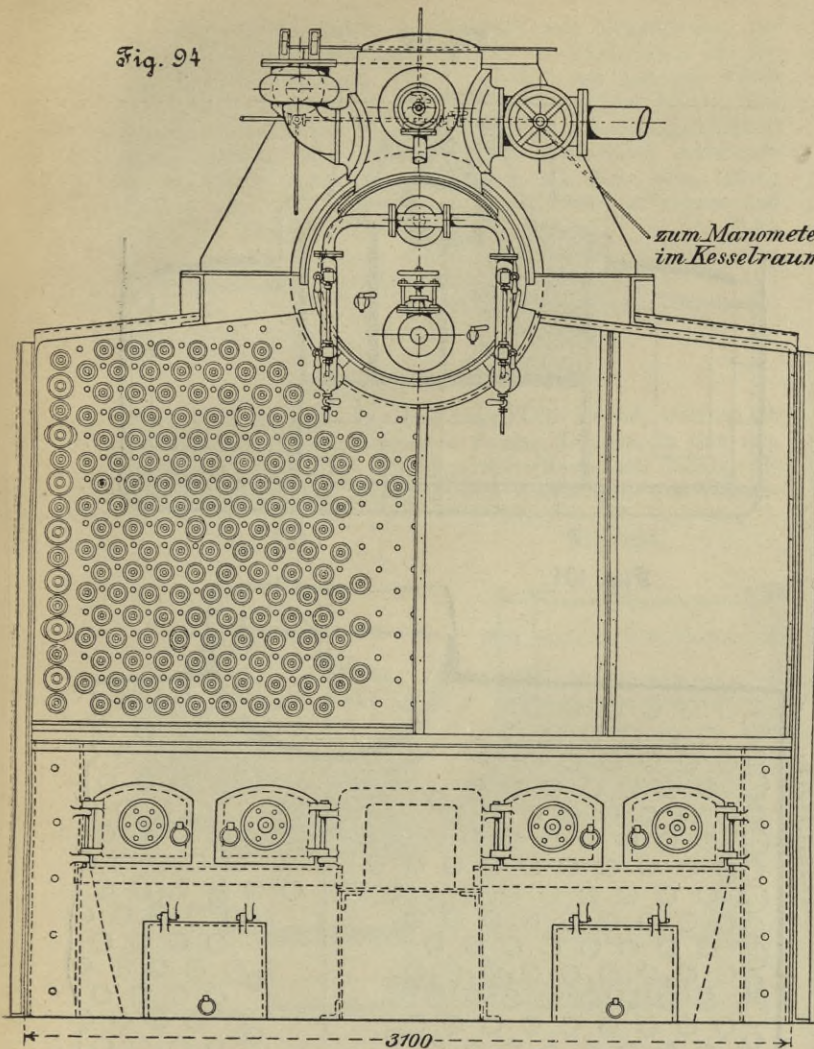


Fig. 94



»Casabianca«, einem Schwesterschiff von »D'Iberville«, ausgeführten Probefahrten ausgefallen, worüber man mir in Marseille Folgendes mitteilte:

Dauer des Versuches . . .	6 Std.	6 Std.	3½ Std.	24 Std.
Anzahl der Kessel . . .	2	8	8	8
Maschinenleistung . . . PS _i	440,9	1901	5005,9	3475,7
Kohlenverbrauch stündl. auf 1 qm Rostfläche . kg	46,23	36,4	136,9	80,93
Kohlenverbrauch für 1 PS _i -Std. kg	0,650	0,613	0,874	0,744

Bis jetzt sind in der französischen Marine die erstklassigen Panzerschiffe »Charles Martel«, »Carnot«, »Jauréguiberry« und »Masséna« mit je 24, die Küstenverteidiger »Jemappes«, »Bouvines« und »Valmy« mit je 16, die Kreuzer II. Klasse »Du Chayla«, »Cassard« und »D'Assas« mit je 20, die Torpedokreuzer »Foudre« mit 24, sowie »D'Iberville« und »Casabianca« mit je 8 Lagrafel-d'Allest-Kesseln entweder schon fertig gestellt oder noch in Bau begriffen. Da diese 244 Kessel sich auf lauter Schiffen von 17 bis 22 Knoten Geschwindigkeit mit Maschinen von 5000 bis 15000 PS_i befinden, so kann das als ein Zeichen gelten, dass sie den gestellten Anforderungen genügt haben. Dagegen haben sie in der Handelsmarine erst auf 4 kleineren französischen Schiffen mit 2, 4, 4 und 8 Kesseln Eingang gefunden.

10) Der Steinmüller-Kessel.

Die Röhrendampfkessel-Fabrik von L. & C. Steinmüller in Gummersbach (Rheinprovinz) hat seit nahezu 25 Jahren eine große Anzahl ihrer bekannten stationären Wasserrohrkessel geliefert, sich aber erst kürzlich entschlossen, der Erbauung von Schiffskesseln näher zu treten. Der in Fig. 92

Fig. 95.

Schnitt a-b

Schnitt c-d

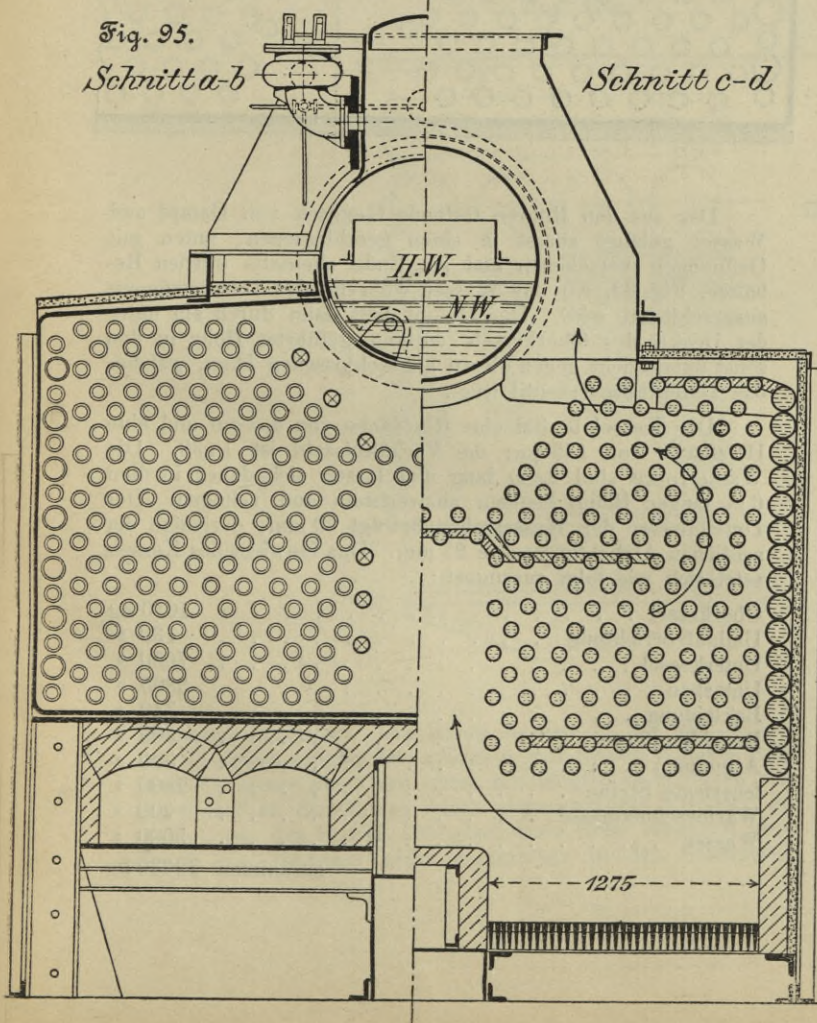
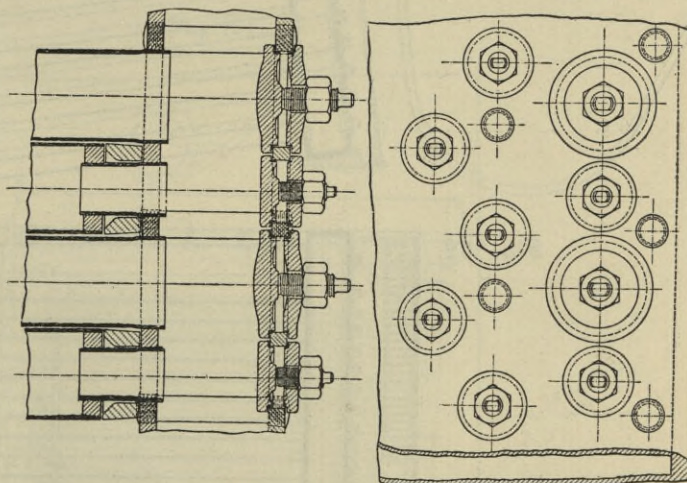


Fig. 96.

Fig. 97.



bis 95 dargestellte Kessel wurde für den Umbau des Schleppdampfers »Torgau« der Elbschiffahrts-Gesellschaft »Kette« entworfen und ist für eine Leistung von 760 PS_i bestimmt. Er ist dem bewährten Lagrafel-d'Allest-Kessel bezüglich Herstellung eines möglichst großen Verbrennungsraumes nachgebildet. Die Feuerzüge weichen indessen von denen des letztgenannten Kessels ab, wie ein Vergleich mit Fig. 87 erkennen lässt. Bemerkenswert ist die den Erbauern patentierte Abdichtung der Kesselseitenwände durch dicht aneinander gefügte Rohre, die weiter als die eigentlichen Wasserrohre sind. Um diese Rohrwandung herstellen zu können, wurde jedes zweite Rohr mit eingeschweißten Böden versehen, Fig. 96 und 97, in welche kurze Rohre vom Durchmesser der eigentlichen Wasserrohre eingeschraubt und aufgewalzt

Fig. 98

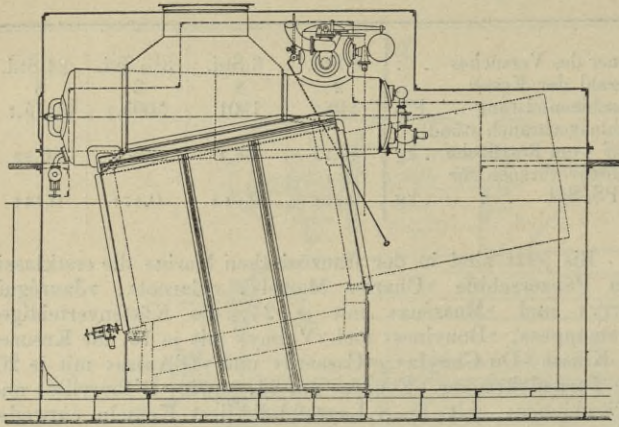


Fig. 99.

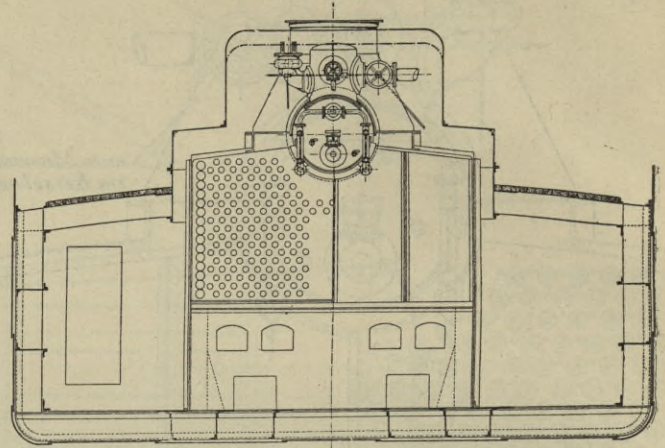


Fig. 100

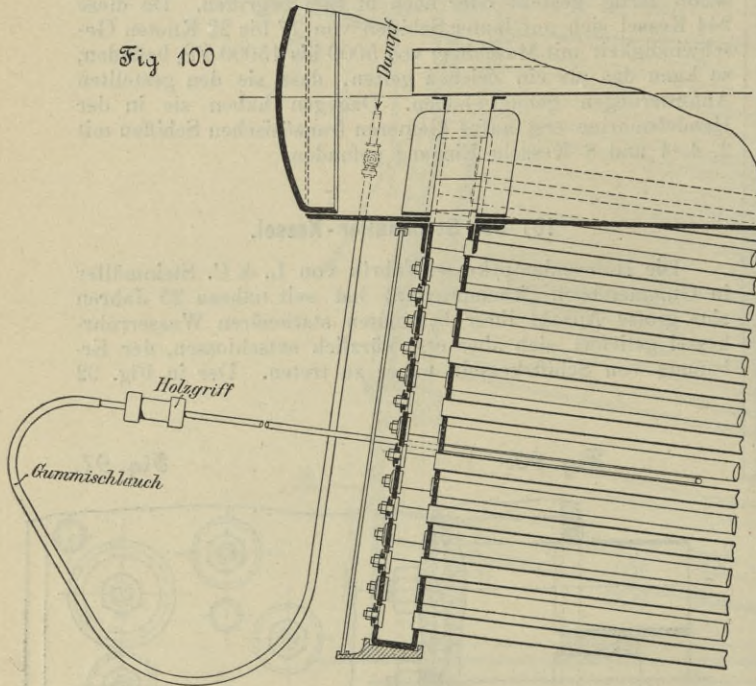


Fig. 101.

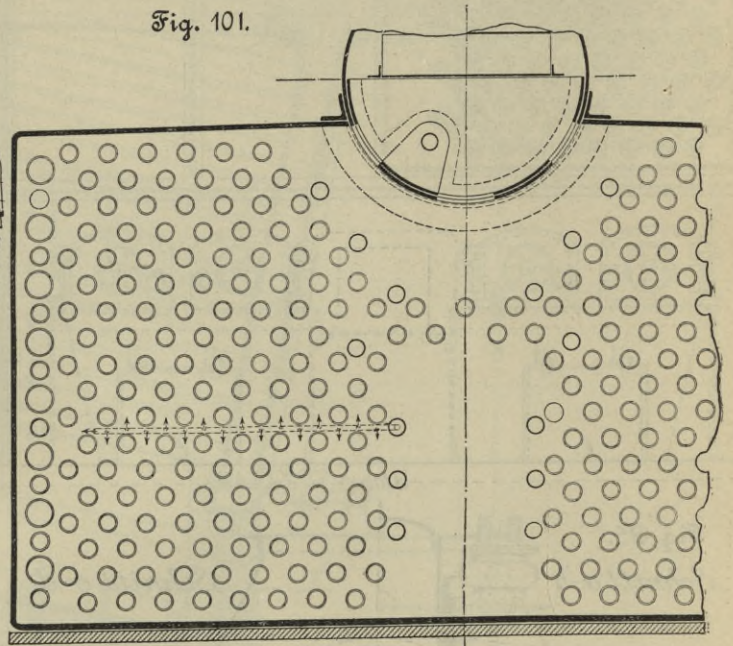
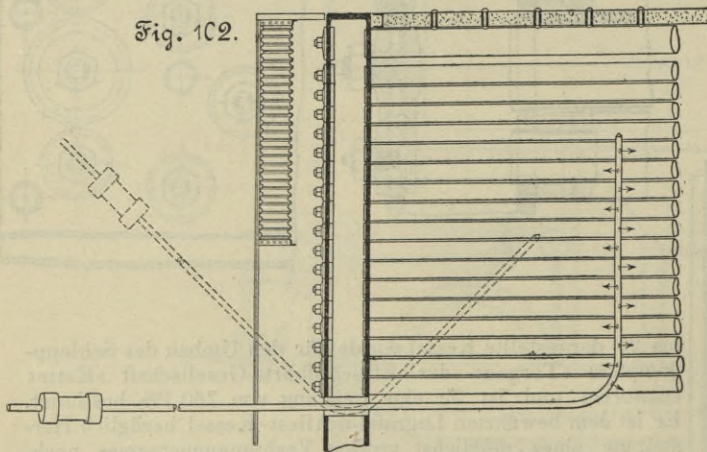


Fig. 102.



sind. Die freien Enden der engen Rohre werden in den Rohrwänden wie üblich aufgeweitet; zur Ausfüllung der Zwischenräume sind die gusseisernen schwach konischen Ringe umgelegt.

Für den hier abgebildeten Kessel stand im Schiff, wie die Fig. 98 und 99 zeigen, ein Raum von 6 m Länge und 2,47 m Tiefe mit einer Lukenbreite von 3,55 m zur Verfügung. Da ein Aufbau auf Deck gestattet war, so konnte der Oberkessel noch mit einem Dom versehen werden.

Das aus den Rohren tretende Gemisch von Dampf und Wasser gelangt zuerst in einen geschlossenen, unten mit Öffnungen versehenen und am Ende ebenfalls offenen Behälter, Fig. 92, wo das Wasser während des Durchströmens ausgeschieden wird. Der Dampf tritt dann durch ein unter der Decke des Oberkessels entlang geführtes Rohr in den sonst dampfdicht gegen diesen abgeschlossenen Dom, welcher das Dampfabsperrentil trägt.

Der Kessel besitzt eine Rostfläche von 4,84 qm und eine Heizfläche von 145 qm; die Verhältniszahl ist 1:30. Die Wasserrohre sind 2,6 m lang und lassen sich daher in dem 6 m langen Raum bequem auswechseln und reinigen. Der Durchmesser der Wasserrohre beträgt 60 mm, derjenige der seitlichen Abdichtungsrohre 95 mm. Das Gewicht des Kessels setzt sich wie folgt zusammen:

Oberkessel	1610 kg
Umlaufvorrichtung	130 »
Unterkessel	7650 »
Unterbau	3805 »
Bekleidung	740 »
Rauchkammern	305 »
Armatur	390 »
feuerfeste Steine	2500 »
Wärmeschutzmasse	200 »
Wasser	5000 »
zusammen	22330 kg.

Tritt hierzu noch das Gewicht des Schornsteins, der Flurplatten, des Heizgeschirrs usw., so dürfte sich ein Betriebsgewicht von etwa 25,5 t ergeben. und darnach würde der Kessel etwa 30 PS, auf 1 t seines Gewichtes leisten, mithin den französischen Wasserrohrkesseln an Leistungsfähigkeit gleichkommen. Der mit 12 kg/qcm Ueberdruck arbeitende Kessel müsste dann außerdem ebenso wie diese etwa 150 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche in der Stunde verbrennen und auf 1 qm Heizfläche in derselben Zeit etwa 31 bis 32 kg Dampf liefern, was nach den Erfahrungen der Erbauer ohne Ueberanstrengung erreicht werden kann. Die Fig. 100 bis 102 zeigen die Vorrichtung, welche an dem Kessel angebracht werden soll, um die Wasserrohre abzurufen.

II) Der Yarrow-Kessel.

Der in Fig. 103 und 104 dargestellte Kessel, welchen ich im Herbst 1893 bei Yarrow in Poplar, London, in Bau sah, weicht von dem Heine- und dem Oriolle-Kessel nur dadurch ab, dass die Stehbolzen zwischen den Wandungen der Wasser-

Fig. 103.

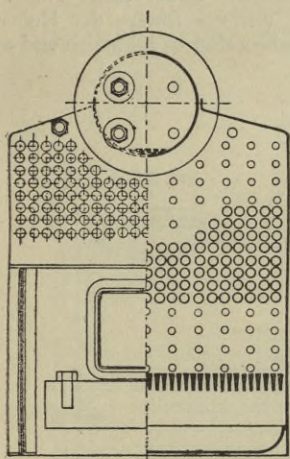


Fig. 104.

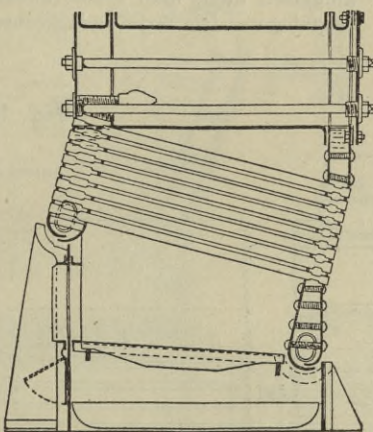


Fig. 106.

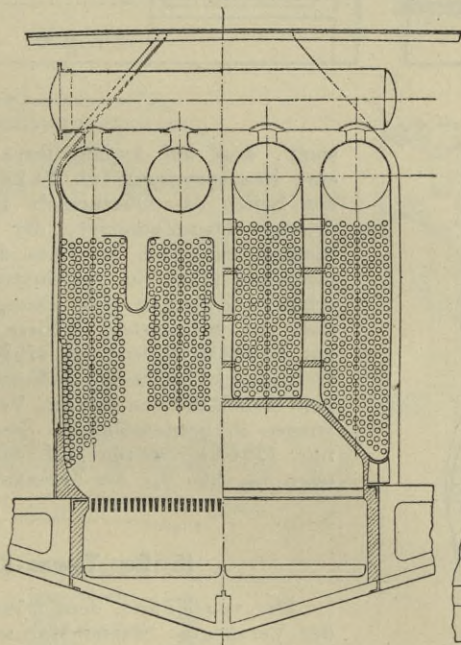
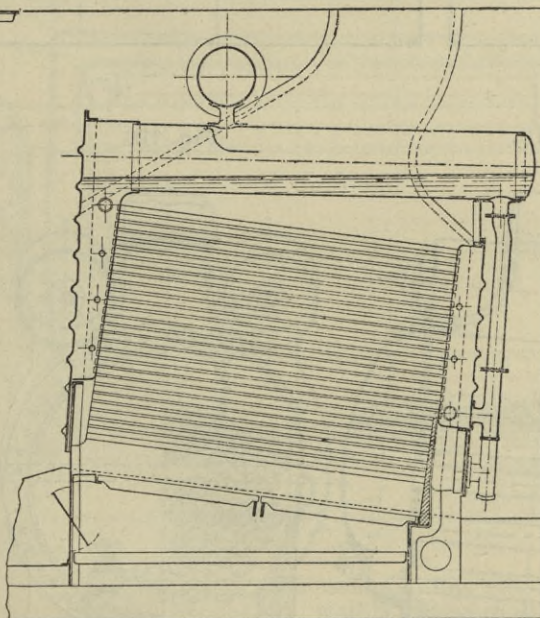


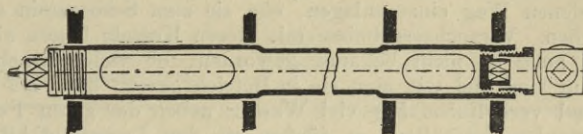
Fig. 107.



kammern fortfallen. Die Rohre werden in die vier Wände der Kammern eingewalzt, zwischen den beiden Wänden jeder Wasserkammer oben und unten mit länglichen Schlitzfenstern versehen und an den Enden durch eingeschraubte Pfropfen gedichtet, wie das in Fig. 105 gezeichnete Rohr erkennen lässt. Damit die Heizgase nicht unmittelbar in den Schornstein

schlagen, legt Yarrow¹⁾ Trennungsbleche auf die Rohre, oder er will letztere mit äußeren Rippen versehen (wie die Serve-Rohre innere haben) und mit Hilfe dieser Rippen an einzelnen Stellen die Spielräume zwischen den Rohren schließen. Diese Kessel haben alle Nachteile des Oriolle-Kessels insofern, als sie sehr wenig Wasser enthalten. Yarrow hat mehrere davon für englische Torpedoboote angefertigt, es scheint aber nicht,

Fig. 105.



als wenn er mit ihnen besondere Ergebnisse erzielt hätte; wenigstens ist nichts darüber in die Öffentlichkeit gedrungen, was sonst sicher der Fall gewesen wäre.

12) Der Seaton-Kessel.

Dieser von dem bekannten Ingenieur A. E. Seaton²⁾ in Hull konstruirte Kessel besteht nach Fig. 106 und 107 aus vier einzelnen Teilen, welche sämtlich in einen gemeinschaftlichen wagerechten cylindrischen Dampfsammler ausmünden. Jeder einzelne Kesselteil endet oben in einen leicht nach hinten geneigten Oberkessel, der durch einen Stutzen mit dem quer darüber liegenden Dampfsammler in Verbindung steht. Die Vorderseite jedes Oberkessels ist mit einer geräumigen Wasserkammer versehen, aus welcher die Wasserrohre mit etwa 14 pCt Steigung in die hintere Wasserkammer gehen. Diese hintere Wasserkammer ist mit dem Oberkessel nur durch ein an ihrem tiefsten Punkte einmündendes Fallrohr verbunden. Der Rost liegt unterhalb der vier Rohrbündel und ihrer zugehörigen Wasserkammern, die an ihren Seitenwänden gegenseitig durch Stehbolzen abgesteift sind. Die Auflösung der großen vorderen und hinteren Wasserkammer, welche andere Kessel aufweisen, in vier kleinere, hauptsächlich schmälere, hat Seaton vorgenommen, um die Stehbolzen darin

zu sparen. Er verschließt die Kammern vorn und hinten durch Deckel aus geripptem oder gewelltem Blech. Wird

¹⁾ Englische Patentschrift No. 18965 vom 12. Oktober 1893.

²⁾ Transactions of the Institution of Naval Architects, London 1894, S. 301.

ein solcher Deckel entfernt, so sind gleich sämtliche Rohrmündungen einer Wasserkammer zur Untersuchung oder Reinigung frei gelegt, ähnlich wie dies durch die Deckel von Oberflächenkondensatoren geschieht, und hierin sucht der Kessel seinen Hauptvorteil. Nebenbei hat Seaton für einen möglichst großen und hohen Verbrennungsraum gesorgt, denn seine Rohre liegen in der Mitte noch etwa 55 bis 60 cm über dem Rost. Trennungsbleche und dicht zusammengebogene Rohre veranlassen die Heizgase, einen mehrfach gewundenen Weg einzuschlagen, ehe sie zum Schornstein entweichen. Versuchsergebnisse mit diesen Kesseln liegen nicht vor; auch ist nicht bekannt geworden, ob viele derselben gebaut sind und wie man sie in Betrieb gesetzt hat. Da die Kessel verhältnismäßig viel Wasser neben der guten Feuerungsanlage enthalten, so dürften sie den Lagrafel-d'Allest-Kesseln in bezug auf Wirtschaftlichkeit kaum nachstehen.

13) Der Holtz-Kessel.

Der von R. Holtz in Harburg für Dampfboote konstruierte Kessel, Fig. 108 bis 110, besteht aus mehreren, an jedem Ende in Wasserkammern ausmündenden Rohrreihen, welche eine Zickzackstellung einnehmen. Die Wasserkammern

stehen an ihrem oberen Ende durch längliche Öffnungen mit einem Oberkessel von elliptischem Querschnitt in Verbindung. Der Oberkessel trägt einen Dampfdom. Die Feuerthür sitzt an der Kesselseite, die Heizgase umstreichen die Rohre und den Oberkessel und ziehen durch den am anderen Ende angeordneten Schornstein ab. Durch seitlich in die Kesselbekleidung geschnittene und durch Vorsatzbleche verschlossene Öffnungen lassen sich die Rohre von Ruß befreien. Der vorliegende Kessel ist für 7 kg/qcm Ueberdruck bestimmt; er hat 0,39 qm Rostfläche und 10,50 qm Heizfläche, Verhältnis 1:27. Kessel ähnlicher Art werden sehr viel verwendet; unter anderen benutzen sie auch Des Vignes & Co. in Teddington für ihre bekannten sehr schnellen kleinen Dampfboote.

14) Der Penelle-Kessel.

Der Kessel von Penelle, Fig. 111 und 112, welcher in der französischen Marine viel als Dampfbootkessel gebraucht wird, enthält ein Rohrbündel und einen cylindrischen Oberkessel, welche zusammen auf beiden Seiten durch gewölbte Wasserkammern abgeschlossen werden. Die beiden Wasserkammern kann man losschrauben, um das Innere der Rohre freizulegen. Die Befestigungsschrauben sind so zahlreich und so

Fig. 108.

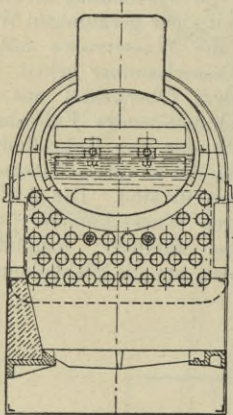


Fig. 109.

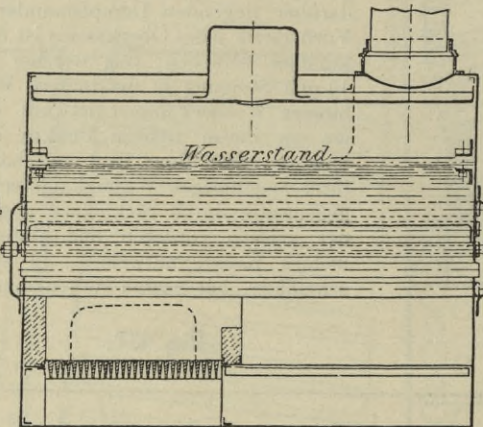


Fig. 110.

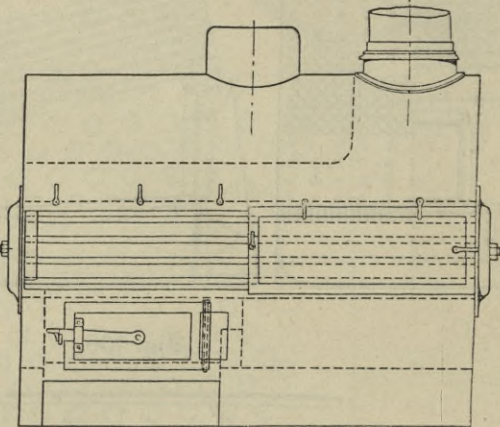


Fig. 111.

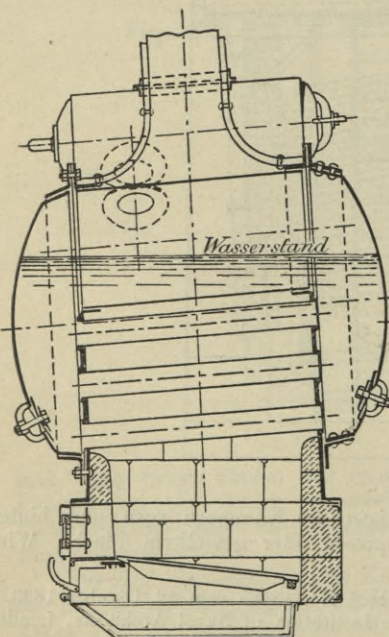
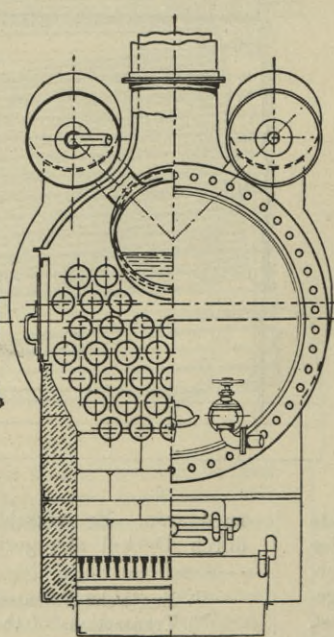


Fig. 112.



stark, dass auf 1 qmm ihres Querschnitts nur eine Beanspruchung von 2,7 kg entfällt. Zu beiden Seiten des Oberkessels liegt je ein cylindrischer Dampfsammler, der mit jenem durch Stützen verbunden ist. Aus den beiden Dampfsammlern führt ein gemeinsames Rohr zur Maschine. Zwischen den Dampfsammlern erhebt sich der Schornstein. Diese Kessel sollen sich gut bewährt haben; sie arbeiten mit 7 kg/qcm Ueberdruck, besitzen eine Rostfläche von 0,22 qm, eine Heizfläche von 5,31 qm, Verhältnis 1:24, und wiegen in betriebsfähigem Zustande mit Wasser nur 1294 kg, wovon auf das Wasser 122 kg oder $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{11}$ des Gesamtgewichtes entfällt.

15) Der Towne-Kessel.

Der von Towne, dem früheren Obergeringieur der Vereinigten Staaten-Marine, jetzigen Direktor bei Cramp & Sons in Philadelphia, konstruierte Kessel gehört nach den Fig. 113 bis 116 auch zu dieser Gruppe. Die Wasserkammern sind hier indessen zu einer einzigen vereinigt, welche den ganzen Kessel wie ein viereckiger Kasten einschließt. Die Verbindung zwischen dem Oberkessel und der Wasserkammer vermittelt auf jeder Seite eine Reihe von Rohren, welche so-

wohl in der Rohrwand der Wasserkammer wie auch in der Seitenwand des Oberkessels durch Aufweiten gedichtet sind. An den Oberkessel ist zu diesem Zwecke auf jeder Seite ein Verstärkungsstück angenietet. Die Rohre sind in parallelen Reihen angeordnet, welche kreuzweise aneinander

vorbeigehen. Damit die stählernen Rohre sich in die Rohrwände einwalzen lassen, mussten diese, um rechtwinklig zu den Rohrachsen zu stehen, eine geknickte Form annehmen, woraus sich auch die Gestalt der umhüllenden Wasserkammer erklärt. Die Zugänglichkeit zum Innern der Rohre wird

Fig. 113.

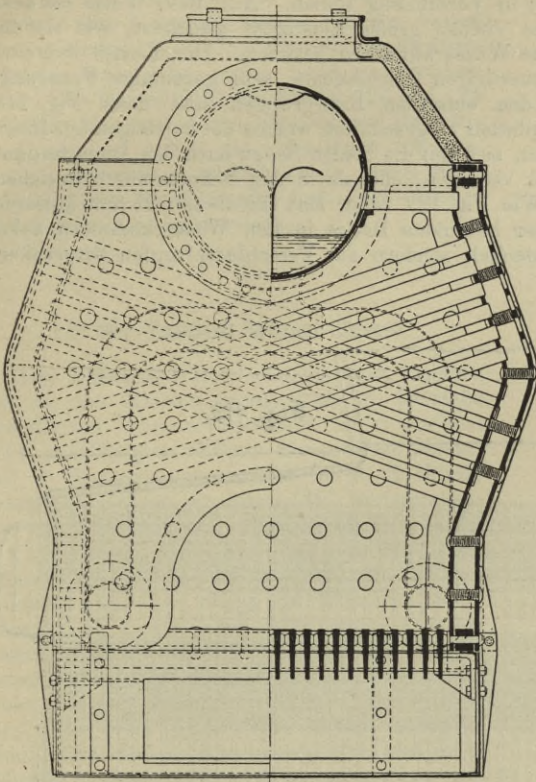


Fig. 114.

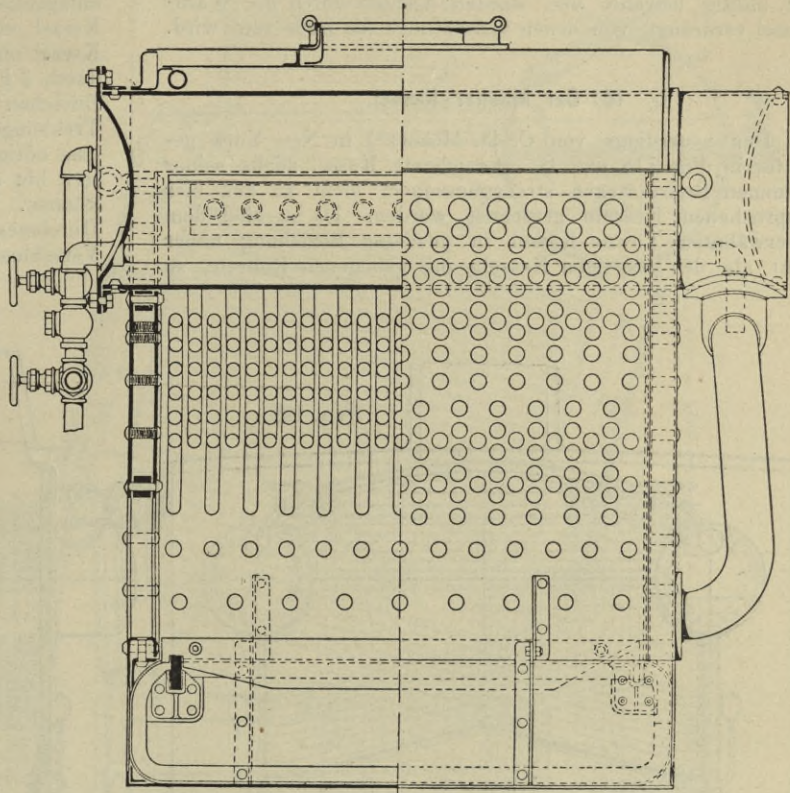


Fig. 115.

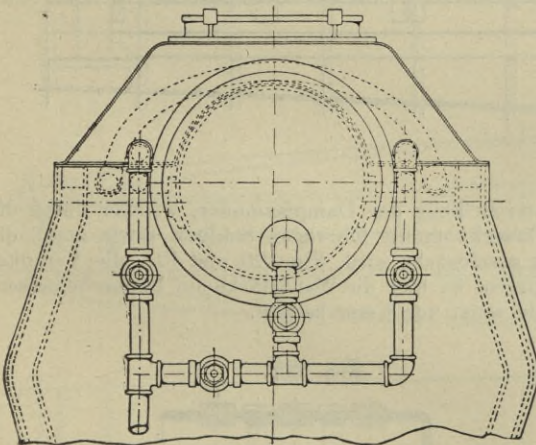


Fig. 116.

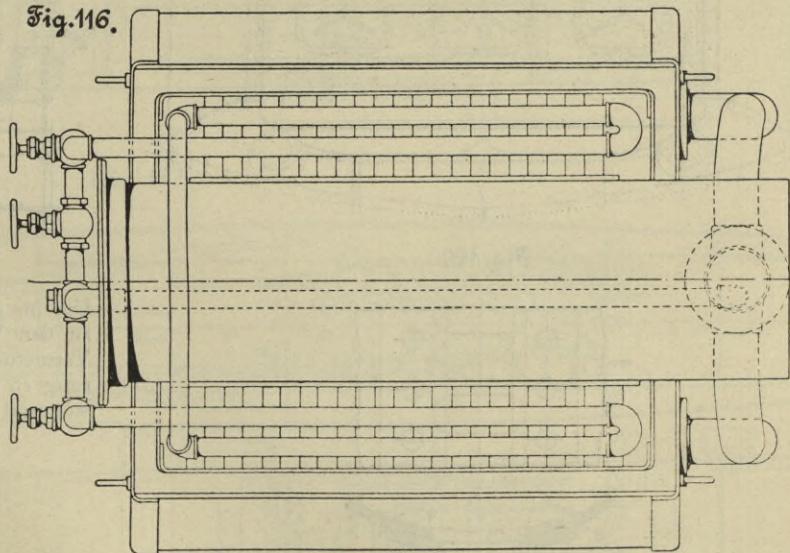
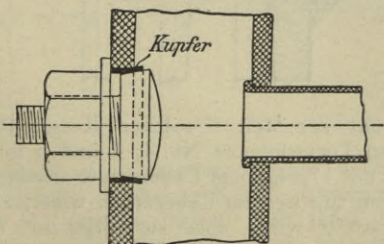


Fig. 117.



durch konische Verschlussdeckel, Fig. 117, hergestellt, welche mittels etwa 1,5 mm starker zwischengelegter Kupferringe gedichtet werden, wobei das Loch in der Rohrwand cylindrisch bleibt. Die obere aus 2 Stahlblechen hergestellte Umhüllung des Kessels ist mit Schlackenwolle oder Magnesiasteinen ausgefüllt. An seiner Hinterwand sind zwei weite kupferne Fallrohre zwischen dem Oberkessel und den beiden unteren Seiten der Wasserkammern angebracht. Um den Umlauf noch mehr zu verstärken, wird das Speiserohr bis in die Mündung des Fallrohres in den Oberkessel verlegt

und endet hier in einer Düse von etwa 2,5 mm lichter Durchgangsweite, Fig. 114. Oberhalb der Wasserrohre liegt zu beiden Seiten des Oberkessels ein aus mehreren Rohren bestehender Speisewasservorwärmer, zwischen denen die abziehenden Heizgase hindurchgehen. Der hier abgebildete Kessel arbeitet mit 10 kg/qcm Ueberdruck; er besitzt 0,6 qm Rostfläche und 13,93 qm Heizfläche, Verhältnis 1:23. Die Towne-Kessel sind in der nordamerikanischen Marine als Dampfbootskessel in Gebrauch gewesen, haben sich aber nur mäßig bewährt und wurden deshalb durch die Ward-Kessel verdrängt, von denen später noch die Rede sein wird.

16) Der Mosher-Kessel.

Der neuerdings von C. D. Mosher¹⁾ in New York gebaute, in Fig. 118 und 119 gezeichnete Kessel dürfte seiner krummen Rohre wegen strenggenommen nicht zu den hier besprochenen Kesseln gerechnet werden. Da er aber dem vorerwähnten Towne-Kessel in gewisser Beziehung näher steht als den sonstigen Kesseln mit gebogenen Rohren, so

aus jeder Wasserkammer zuerst bis zur gegenüberliegenden Seite etwas an und laufen alsdann zu dem Dampfsammler zurück, welcher über der betreffenden Wasserkammer angebracht ist. Dasselbe thun die punktierten Rohre, welche, wie Fig. 119 zeigt, in einer einzigen Reihe nur den hinteren Abschluss des Kessels bilden. Der Kessel besteht also eigentlich aus zwei in einer äußeren Hülle vereinigten, sonst aber getrennten Teilen, deren Rohre gegenseitig durcheinander gehen und die nur durch das Dampfrohr und ein Speiserohr miteinander in Verbindung stehen. Auf diese Weise ist dem Kessel eine ebenso große Elastizität gesichert, wie sie die Kessel ohne Wasserkammern besitzen. Der Kessel hat eine durch 3 Feuerthüren beschickbare, sehr geräumige Feuerung. Zwischen den einzelnen Rohrgruppen sind nach Fig. 118 Trennungsplatten eingeschaltet, welche die aufsteigenden Heizgase nötigen, sich auf die beiden Seiten nach den Dampfsammlern hin zu verteilen, ehe sie in den Schornstein entweichen können. Wie Fig. 122 zeigt, sind für die nur 25 mm äußeren Durchmesser haltenden Rohre in den Wasserkammern keine Verschlussdeckel, sondern nur Verschlusspfropfen vorgesehen.

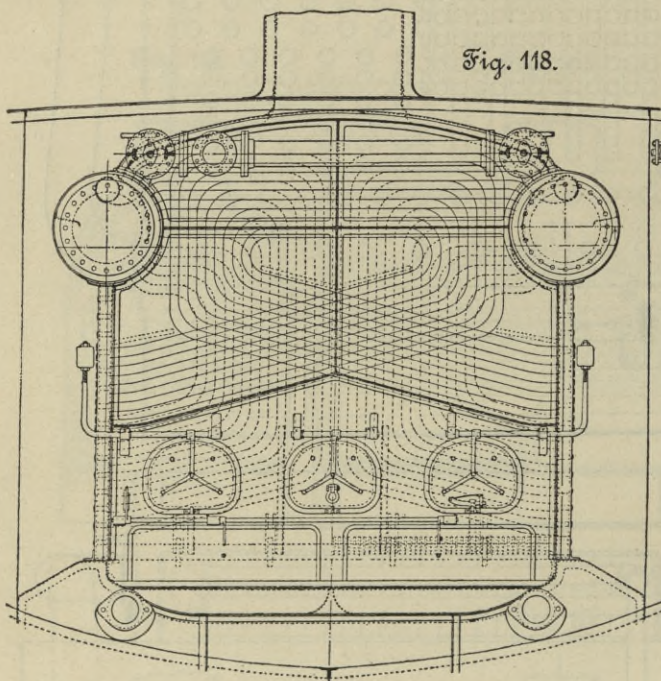


Fig. 118.

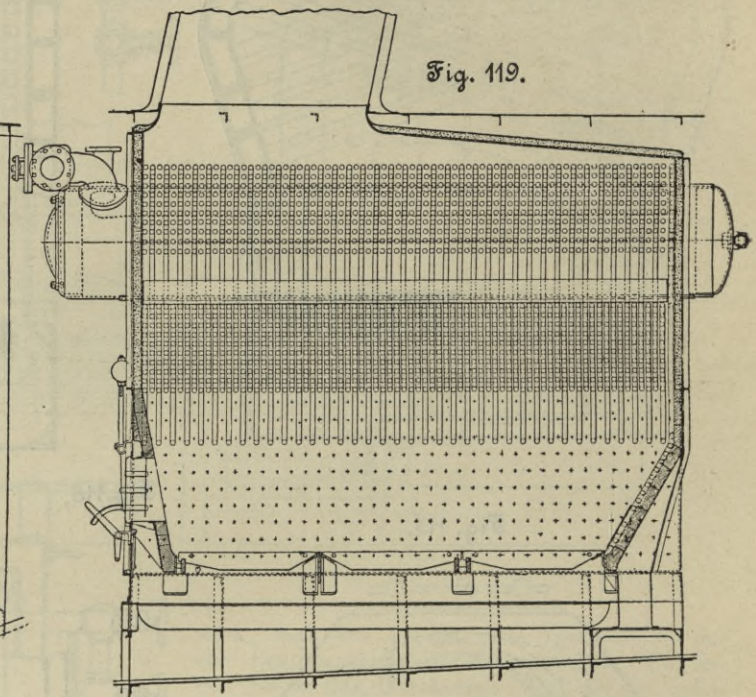


Fig. 119.

Fig. 120.

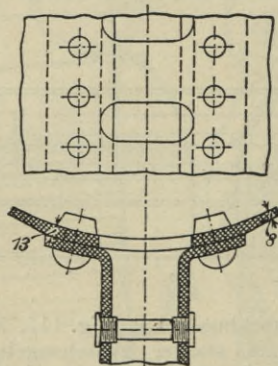


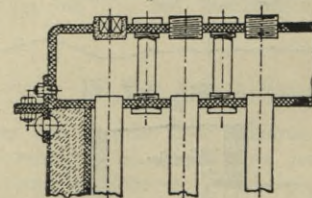
Fig. 121.

ist er hier mit untergebracht. Seine beiden Wasserkammern tragen oben je einen an die Kesselhülle anschließenden Dampfsammler. Die gebogenen Rohre steigen von unten

¹⁾ American Engineer, New York 1895, S. 466.

Um im unteren Teile der Dampfsammler, welcher durch die zu den Wasserkammern führenden Schlitzte sowie durch die Vernietung geschwächt wird, Fig. 120 und 121, die Verankerung zu sparen, ist hier die Wandstärke auf 13 mm bemessen, während sie sonst nur 8 mm beträgt.

Fig. 122.



Mosher hat zur Zeit 6 solcher Kessel für die nordamerikanischen Torpedoboote No. 3, 4 und 5 im Bau. Diese Kessel sollen mit 17,5 kg/qcm Ueberdruck arbeiten und einem Probedruck von 25,3 kg/qcm Ueberdruck widerstehen, welcher dadurch hergestellt wird, dass sie völlig mit Wasser angefüllt und darauf erwärmt werden. Nachdem sie in die Boote

eingesetzt sind, sollen sie dann einer nochmaligen Druckprobe von 21 kg/qcm Ueberdruck unterzogen werden. Die beiden Kessel jedes Bootes haben zwei viercylindrige Dreifach-Expansionsmaschinen (mit 2 Niederdruckcylindern) zu betreiben, von denen man während forcirter Fahrt bei 412 Min.-Umdr. etwa 2000 PS_i erhofft. Da jeder Kessel nur 4,4 qm Rost- bei 237,8 qm Heizfläche besitzt, so müssen auf 1 qm Rostfläche 227 PS_i hervorgebracht werden, eine Leistung, welche von den besten krummrohrigen Wasserrohrkesseln bereits überschritten worden ist, mithin wohl zu erreichen wäre. Die Kessel sind, wie die Fig. 123 und 124 erkennen lassen, in zwei besonderen Heizräumen vor und hinter den Maschinen untergebracht, wodurch es möglich wurde, jedem Kessel und jeder Maschine eine besondere wasserdichte Abteilung anzuweisen.

17) Der Babcock-Wilcox-Kessel.

Der Babcock-Wilcox-Kessel zählt insofern mit zu den ältesten heute noch im Betriebe befindlichen Wasserrohrkesseln, als er aus dem 1856 von Stephen Wilcox konstruirten Kessel mit 2 Wasserkammern und leicht S-förmig gebogenen Rohren im Jahre 1867 hervorgegangen ist. Dieser Kessel, Fig. 125 bis 128, bildet gewissermaßen den Uebergang von den Wasserkammer- zu den Gliederkesseln. In der Anordnung gleicht er völlig den Wasserkammerkesseln; er besitzt aber statt zweier Wasserkammern deren eine ganze Anzahl. Wie beim neueren Belleville-Kessel je zwei Rohre zu einem Glied vereinigt wurden, sind hier je zwei oder vier Rohre von 46 mm äußerem Dmr. bündelförmig zusammengesetzt und diese Bündel in gegenseitiger Diagonalstellung reihenweise übereinander eingebaut. Jede solche Reihe von Rohrbündeln hat vorn und hinten eine besondere Wasserkammer, welche, um bei der Diagonalstellung die Bündel möglichst dicht an einander rücken zu können, von vorn

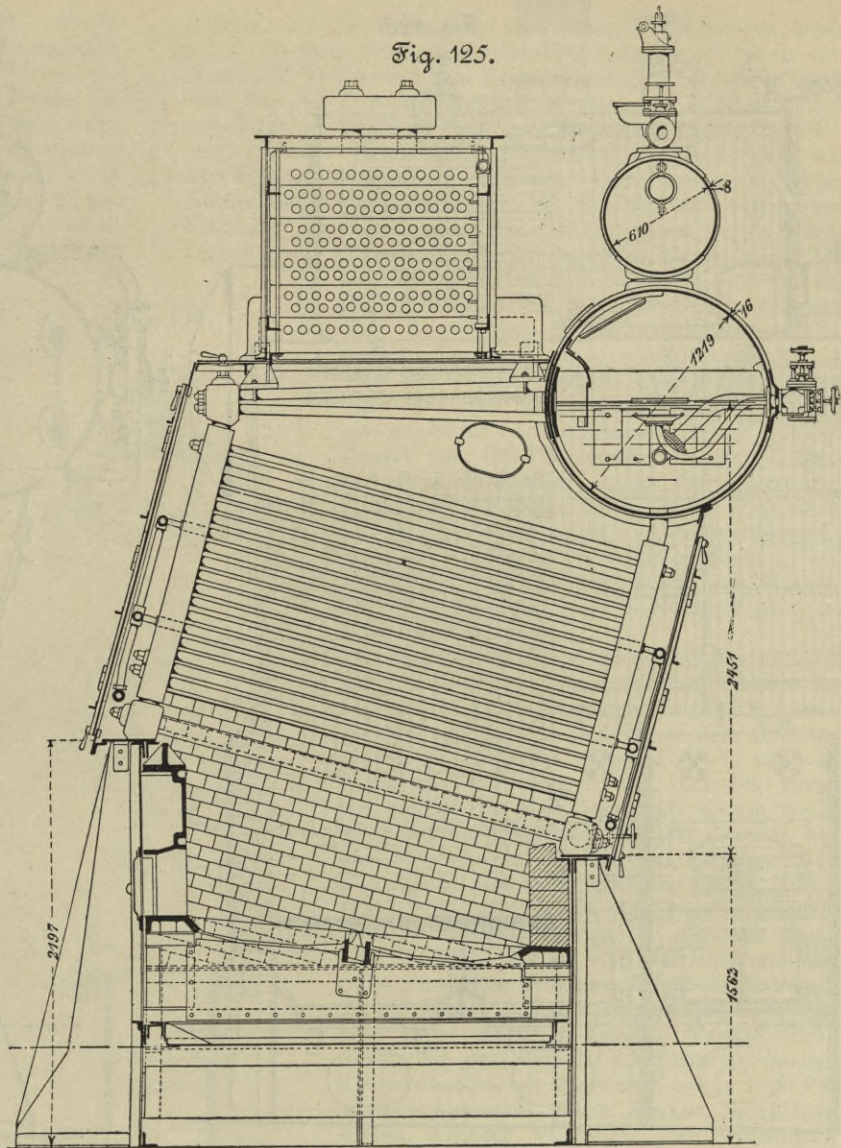


Fig. 123.

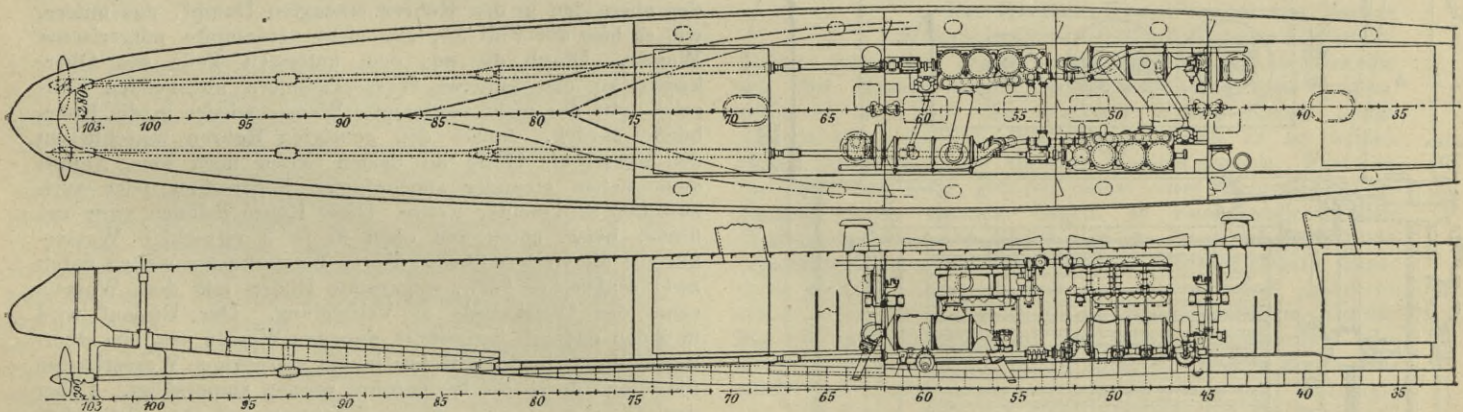


Fig. 124.

gesehen wellenförmige Seitenwandungen aufweist, wie sie ähnlich auch beim Niclauss-Kessel vorkommen und wie Fig. 129 bis 131 ersehen lassen. Aus jeder dieser Wasserkammern führen entweder zwei oder ein Rohr zu einem

gemeinschaftlichen cylindrischen Oberkessel, welcher bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist. Die von den vorderen Wasserkammern kommenden Rohre münden etwa in der Höhe des Wasserspiegels in den Oberkessel. Sind

Fig. 126.

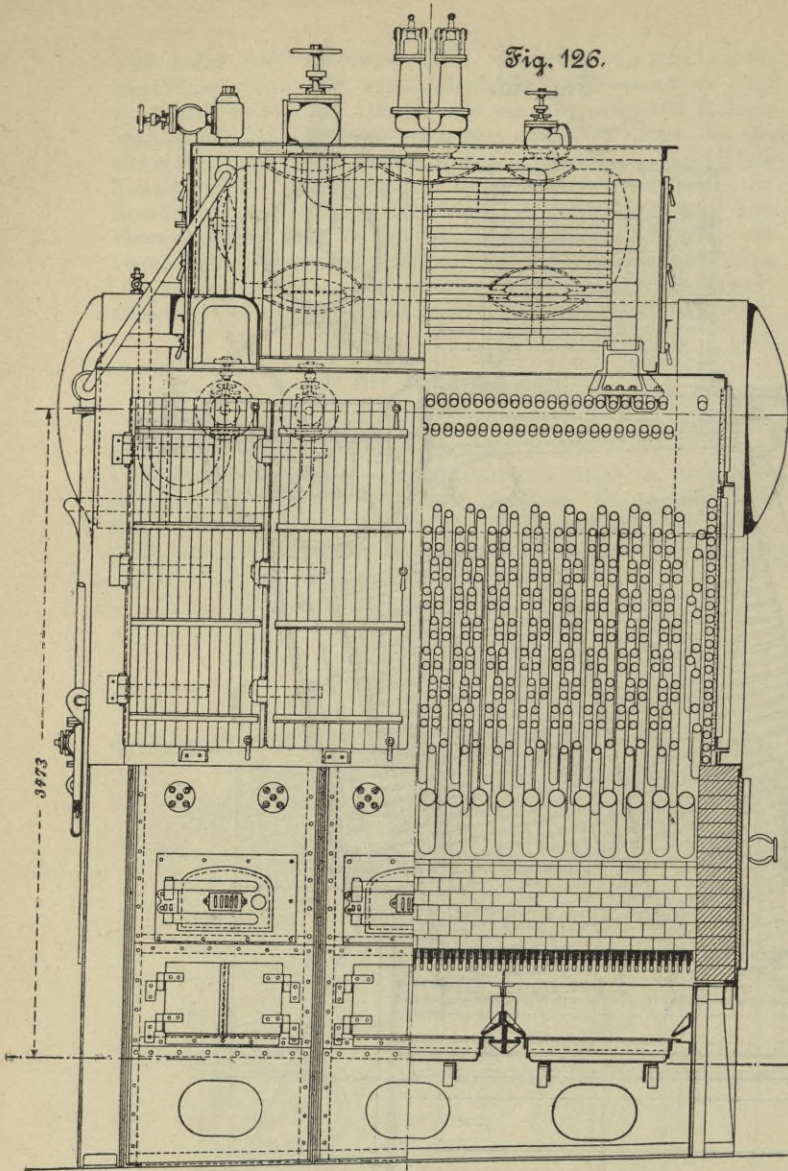


Fig. 128.

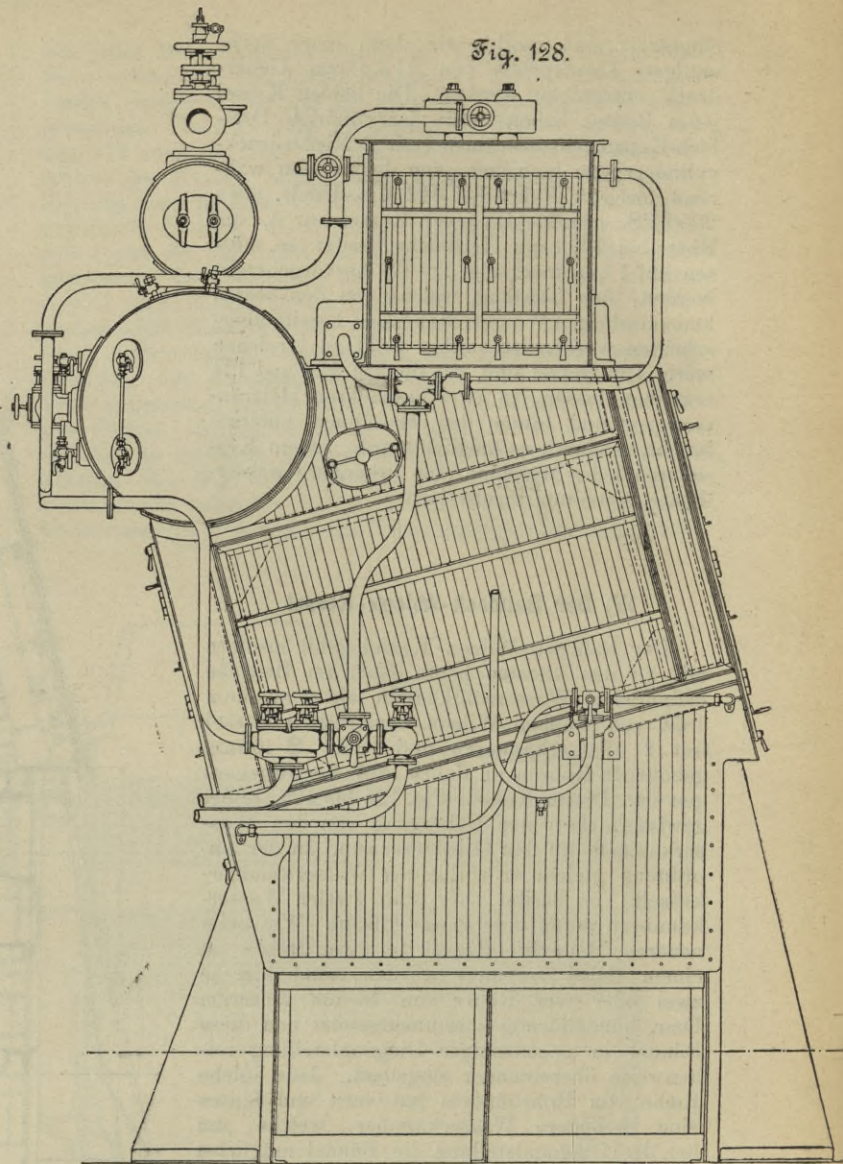
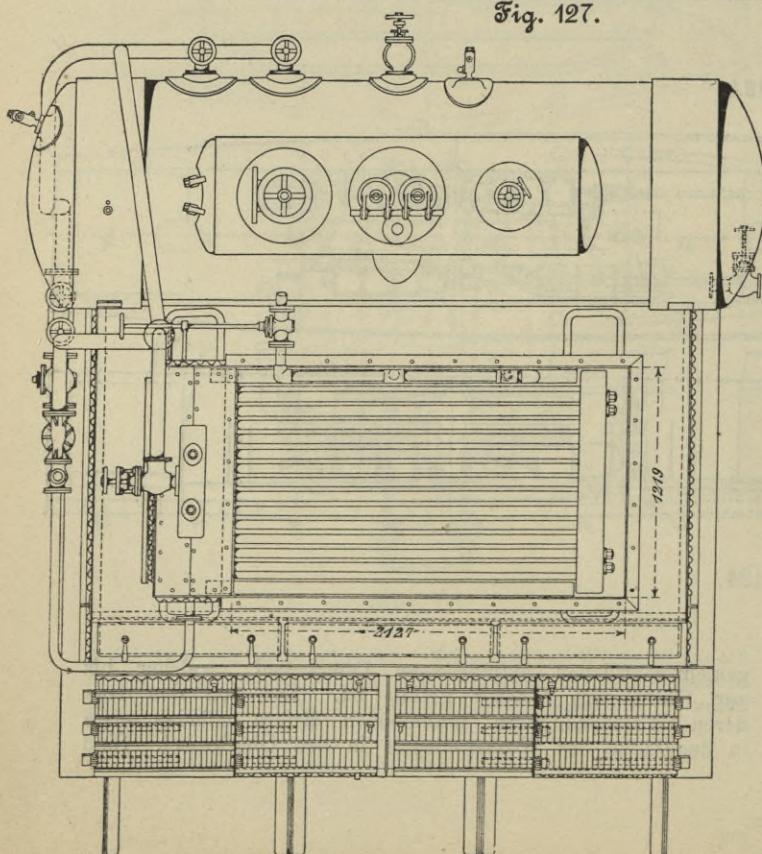
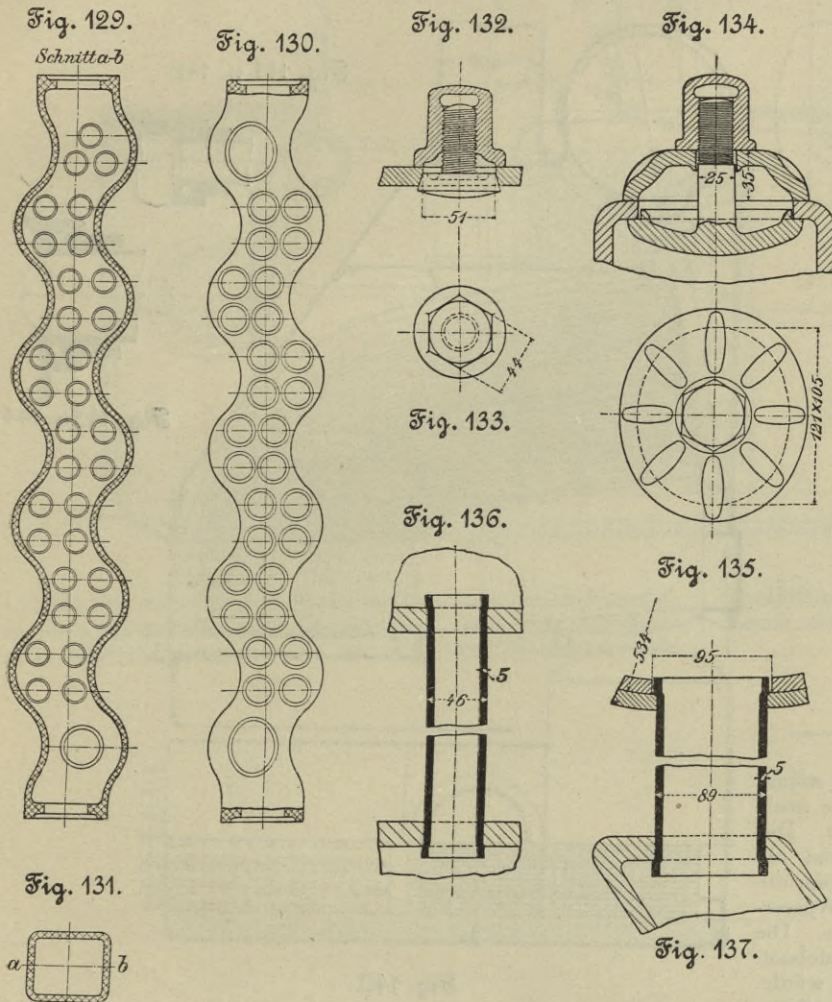


Fig. 127.



für jede Wasserkammer zwei solcher Rohre vorhanden, so leitet das obere den in den Rohren erzeugten Dampf, das untere, wie es hier der Fall ist, das nicht verdampfte mitgerissene Wasser. Durch die aus dem untersten Teile des Oberkessels zu den hinteren Wasserkammern abgehenden Fallrohre tritt das nicht verdampfte Wasser wieder in die Rohrbündel zurück. Aufser den geneigten Rohren umschließen den Kessel als Hülle an beiden Seiten noch eine Anzahl dicht neben einander angeordneter wagerechter oder auch zuweilen senkrechter Rohre. Diese Rohre münden vorn und hinten bzw. unten und oben in je 2 viereckige Wasserkasten; die vorderen bzw. oberen Wasserkasten stehen durch zwei senkrechte bzw. wagerechte Rohre mit dem Wasserraum des Oberkessels in Verbindung. Der Umlauf wird in ihnen dadurch hergestellt, dass das Wasser aus dem Oberkessel durch 3 oder 4 Rohre in die viereckigen Wasserkasten fließt und durch die Seitenrohre wieder emporsteigt. Ueber dem Oberkessel ruht, durch 2 Stützen mit ihm verbunden, ein Dampfsammler, und in dem davor stehenden Schornstein ist ein umfangreicher Speisewasservorwärmer untergebracht. Die Verschlüsse der Rohrlöcher in den Wasserkammern zeigen Fig. 132 u. 133; es sind konische, metallisch dichtende Pfropfen mit Kapselmuttern, um das Losnehmen zu erleichtern. Jede Wasserkammer besitzt unten ein Schlammloch, dessen Verschluss aufsen eine aus Stahlblech gepresste eingebuckelte Kappe, innen einen Deckel mit Bolzen- und Kapselmutter hat, Fig. 134 und 135. Als Dichtung ist zwischen Schlamm-

lochdeckel und Wasserkammerwand Asbestpappe gelegt. Die 46 mm weiten Wasserrohre sind in die aus Stahlblechen zusammengeschweißten und dann in die gewellte Form gepressten Wasserkammern eingewalzt, Fig. 136, ebenso die 89 mm weiten Fallrohre zwischen Wasserkammern und Dampfsammler, Fig. 137. Der Kessel stellt sich im großen und ganzen als eine für Schiffszwecke umgewandelte und verbesserte Konstruktion der früheren stationären Kessel dieser Art dar, wie sie bereits im Jahre 1889 von der Berliner Maschinenbau-A.-G.¹⁾ auf der Unfallverhütungs-Ausstellung in Berlin ausgestellt waren.



wurden, wie die Verfertiger dieser Kessel berichtigten, bloß dann zutreffen, wenn ein Speisewasserbehälter mit Inhalt von zusammen 9 t Gewicht dem Kesselgewichte zugeschlagen wird. Was nun die Leistungsfähigkeit der Babcock-Wilcox-Kessel anbelangt, so wurde in einer amerikanischen Yacht »Reverie« eine 9,26fache Verdampfung in 8stündiger Probefahrt mit 14,4 kg/qcm Arbeitsdruck und einer Verbrennung von 68 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche in der Stunde, also bei starker Schonung des Kessels, erreicht. Dagegen hat ein in Nordamerika von Marineingenieuren¹⁾ geprüfter Kessel dieser Art bei einer stündlichen Verbrennung von 200 bis 215 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche während eines 24 stündigen Versuches nur eine 7 bis 7,5fache Verdampfung ergeben. Dieser Kessel wog mit Wasser 22,34 t, das Wasser allein 4,23 t oder etwa $\frac{1}{5}$ des Gesamtgewichtes. Auch eine englische Yacht »Eleanor« ist mit solchem Kessel von 180 PS_i versehen worden. Statt der Verschlussdeckel haben die Kessel der letztgebauten Yachten der größeren Einfachheit und Billigkeit halber in den Wasserkammerwänden nur Verschlusspfropfen erhalten, wie sie auch die Torpedobootskessel von Mosher, Fig. 122, aufweisen, eine in Nordamerika jetzt sehr beliebte Neuerung.

So lange die Babcock-Wilcox-Kessel nicht bewiesen haben, dass sie, wie ihre Erbauer behaupten, mit 1 t Kesselgewicht 77 PS_i leisten können, sondern nur 20,6, wie in dem amerikanischen Seendampfer »Zenith-City«²⁾, auf welchem sie 78,87 t wogen und 1626 PS_i leisteten, werden sie für Kriegsschiffe ebenso wenig in größerem Umfange in betracht kommen wie ihre Nebenbuhler. Bei der außerordentlichen Rührigkeit, welche die Erbauer dieser Kessel entwickeln, und bei den von ihnen in jüngster Zeit auf Frachtdampfern, wie »Norman Isles« und anderen, infolge von Gewichtsvermindernungen erzielten Erfolgen dürften die Babcock-Wilcox-Kessel indessen in der Handelsmarine bald mehr Anklang finden. Versuchsweise werden sie jetzt auch auf 2 nordamerikanischen Kanonenbooten mit Maschinen von je 1000 PS_i sowie auf dem in einem Umbau begriffenen älteren Kreuzer »Chicago« der Vereinigten Staaten-Marine mit einer Maschine von 5000 PS_i eingeführt.

18) Der Haythorn-Kessel.

Der Haythorn-Kessel³⁾ wird von Mechan & Sons in Cranstonhill bei Glasgow hergestellt.

Seiner gebogenen Rohre wegen würde er ebensowenig wie der Mosher-Kessel in diese Kesselgruppe passen, wenn er nicht mit dem Babcock-Wilcox-Kessel einige Ähnlichkeit besäße. Wie dieser enthält er an beiden Seiten der Wasserrohre einzelne Wasserkammern, Fig. 138 bis 140, und zwar gehören immer zwei Rohrreihen, die parallel neben einander liegen, zu zwei entsprechenden Wasserkammern. Die Rohre sind an ihrem hinteren Ende derartig gekrümmt, dass die hinteren Wasserkammern waagrecht gelagert sind, während die vorderen fast senkrecht stehen. Die Rohre werden in die Wasserkammern, wie die Fig. 141 und 142 zeigen, mit Rohrmutter eingeschraubt. Zu diesem Zwecke sind die Rohre an ihren äußeren Enden verstärkt und erhalten feines Gewinde, 16 Gänge auf 1 Zoll engl. Die Rohrmutter wird auf dieses Gewinde ein Stück hinaufgeschraubt und erst dann in das Gewinde hineingedreht, welches die Ansätze der Wasserkammern enthalten, und das nur 12 Gänge auf 1 Zoll engl. besitzt. Infolge der Verschiedenheit des Gewindes wird das Rohr durch das Verschrauben

Die Babcock-Wilcox-Kessel lassen sich, abweichend von den übrigen bis jetzt besprochenen Wasserrohrkesseln, so groß herstellen wie andere gewöhnliche Schiffskessel mit 3 und 4 Feuerungen, was durch einfaches Aneinanderschichten von mehreren Wasserkammern mit Rohrbündeln erreicht wird. Sie sind in letzter Zeit besonders von Werften an der Ostküste Englands mehrfach auf Frachtdampfern mit 14 bis 15 kg/qcm Arbeitsdruck als Dampferzeuger für Vierfach-Expansionsmaschinen verwendet worden. Zu diesen Kesseln zählt auch der in Fig. 125 bis 128 dargestellte, welcher für den Frachtdampfer »Norman Isles« bestimmt ist, aber nur mit 12 kg/qcm Ueberdruck arbeiten soll. Das Schiff erhält 2 solcher Kessel, welche zusammen eine Dreifach-Expansionsmaschine von 1350 PS_i betreiben. Jeder Kessel besitzt 5,5 qm Rost- und 231,8 qm Heizfläche, Verhältnis 1:42. Das Gewicht eines Kessels in betriebsfähigem Zustande ohne Wasser und ohne Vorwärmer stellt sich auf 23,5 t, das Wasser wiegt 5 t, beträgt mithin nahezu $\frac{1}{6}$ des Gesamtgewichtes. Auf 1 t Kesselgewicht werden demnach etwa 24 PS_i erzeugt, sodass die Angaben von Howden, wonach in einem Frachtdampfer »Nero« auf See mit 1 t Kesselgewicht nur 10,8 PS_i geleistet

¹⁾ Z. 1889 S. 672.

²⁾ Journal of the American Society of Naval Engineers, Washington 1895, S. 694.

³⁾ ebenda 1895 S. 765.

⁴⁾ Engineering 1895 II S. 680.

der Rohrmutter angezogen, bis sein Ende gegen den Boden der Wasserkammer-Ansatzes stößt und hier eine metallische Dichtung ohne Packung herstellt. Auf den vorderen Wasserkammern ruht der Dampfsammler, welcher für jede derselben 2 Oeffnungen besitzt. Durch die vordere Oeffnung steigt der Dampf aus den Rohren in eine ringförmige Kammer des Dampfsammlers, durch die hintere Oeffnung fließt das Wasser wieder in jede untere Wasserkammer durch je ein Fallrohr zurück, welches nach Fig. 143 und 144 auf dieselbe Weise wie die Wasserrohre eingesetzt ist. Unterhalb der Rohre liegt der Rost; er ist in der Krümmung der Rohre durch eine Feuerbrücke abgeschlossen. In der Mitte der Rohrreihen ist eine Schamottschicht eingefügt, damit die auf dem Rost entwickelten Heizgase an der Feuerbrücke vorbei nach unten gehen müssen, ehe sie durch die oberen Rohrreihen in den Schornstein entweichen können, vor dessen Mündung noch eine Trennungplatte eingelegt ist.

Die Professoren Barr und Watkinson haben mit dem Haythorn-Kessel Verdampfungsversuche angestellt, welche bei einer stündlichen Verbrennung von 49 kg auf 1 qm Rostfläche eine 8,6fache und bei einer stündlichen Verbrennung von 362 kg auf derselben Fläche noch eine 7,24fache Verdampfung ergeben haben sollen. Die letztere Ziffer wäre bei dem hohen Forcirungsgrad als eine ungemein günstige zu bezeichnen. Der geprüfte Kessel wog einschliesslich 0,6 t Wasser 4,25 t, das Wassergewicht betrug also $\frac{1}{7}$ des ganzen Kesselgewichts. Die Erbauer geben an, dass ein Kessel für einen Torpedobootjäger von rd. 200 qm Heizfläche 14,2 t wiegen würde. Von solchen Kesseln müsste der Jäger 4 Stück besitzen; seine Maschine könnte dann ungefähr 4000 PS indizieren, sodass auf 1 t Kesselgewicht eine Leistung von 70 PS entfiel, womit die besten krummrohrigen, noch zur Besprechung gelangenden Kessel nahezu erreicht sein würden. Vorläufig muss abgewartet werden, ob sich diese Versprechungen bei einer derartigen wirklichen Ausführung erfüllen werden.

19) Der Martin-Kessel.

Als in den fünfziger Jahren Martin Leiter der Dampfmaschinenabteilung in der Marine der Vereinigten Staaten

Fig. 145.

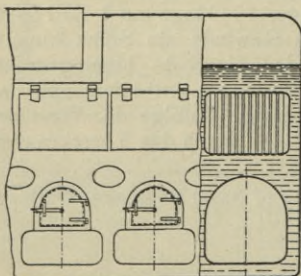
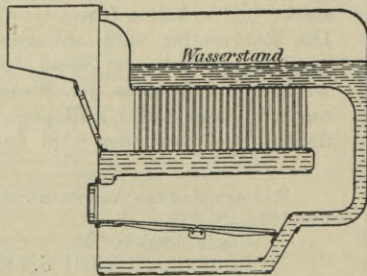


Fig. 146.



von Nordamerika war, gab er fast allen Schiffen derselben Wasserrohrkessel seiner Konstruktion, wie sie in Fig. 145 und 146 dargestellt sind. Es sind gewissermaßen auch Kessel mit 2 Wasserkammern, wengleich die beiden Kammern nur einen einzigen Raum bilden. Sie sind natürlich aus den damals schon bekannten Kofferkesseln mit über den Feuerungen liegenden Feuerrohren entstanden, und wurden mit mehreren bis zu 7 neben einander liegenden Feuer-

Fig. 138.

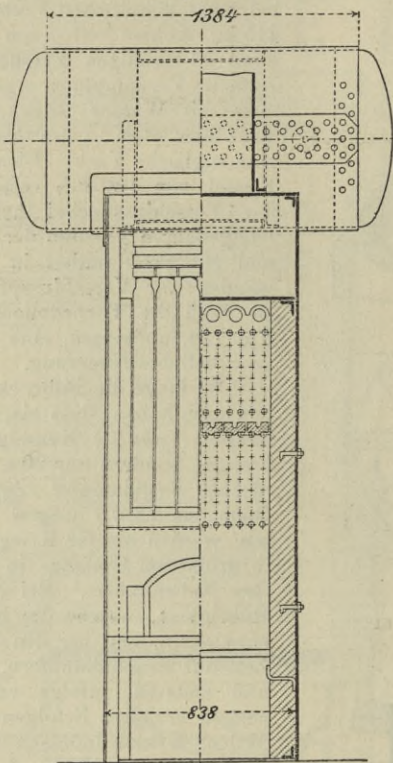


Fig. 139.

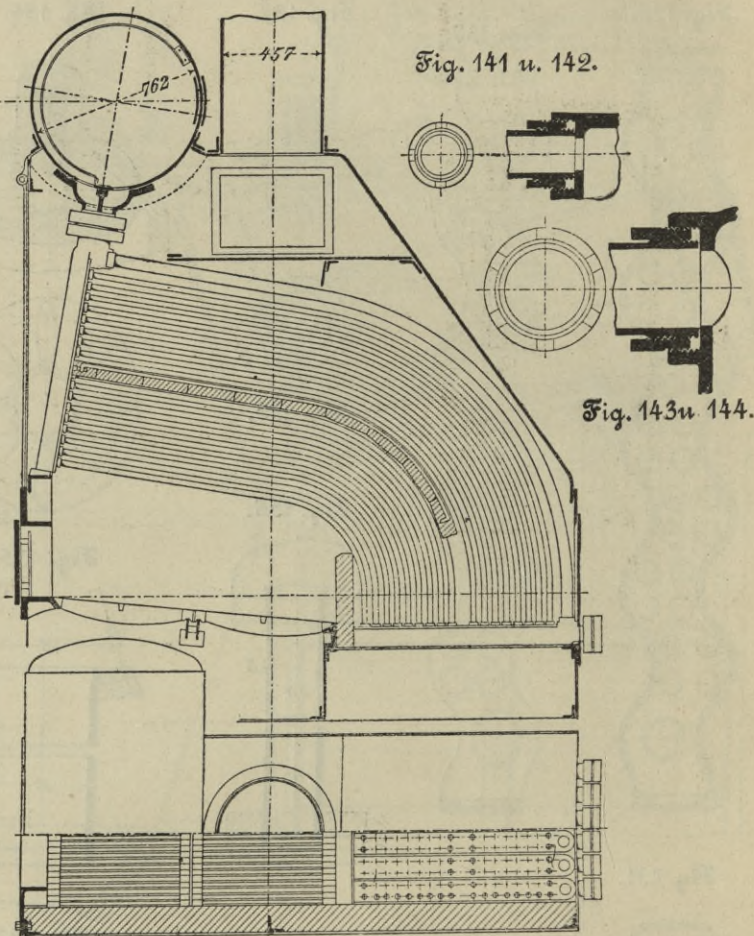


Fig. 140.

rungen, wie sie z. B. die Korvette »Lackawanna«¹⁾ erhielt, ausgeführt. Gegen Ende der sechziger Jahre fing man an, diese Kesselart wieder zu verlassen, nachdem sich ihre Minderwertigkeit gegenüber den Feuerrohrkesseln erwiesen hatte. Sie besaßen wohl etwas mehr Heizfläche als diese, waren aber viel schwerer und teurer, und da eine gleichmäßige Ausdehnung ihrer verschiedenen Teile nicht immer zu erreichen war, so entstanden Zerrungen und als Folge davon leckere Rohre, welche nur nach Ausserbetriebsetzung und Entleerung des Kessels wieder gedichtet werden konnten. Diese geringe Zugänglichkeit der Wasserrohre gab namentlich zu nie verstummenden Klagen des Maschinenpersonals Veranlassung und führte endlich die Beseitigung dieser Kessel herbei.

20) Der Schichau-Kessel.

Als die Martin-Kessel zuerst in Amerika auftauchten und als besonders gute Dampferzeuger gepriesen wurden, baute man sie in Europa vielfach nach. Fig. 147 und 148 veranschaulichen einen solchen Wasserrohrkessel, den F. Schichau in Elbing im Jahre 1857 fertigstellte, und der sich

¹⁾ U. H. Stock: Steam boilers, New York 1881, Tafel VI und VII.

vom Martin-Kessel nur dadurch unterscheidet, dass er waagrechte Rohre statt senkrechter besitzt. Ebenso wie man in Amerika wegen der Unausführbarkeit der Dichtung leck ge-

ersetzen müssen. Die letzteren arbeiteten außerdem nach den damals von der Firma angestellten Vergleichen zwischen den Betriebsergebnissen beider Kesselarten auf einer Anzahl von

Fig. 147.

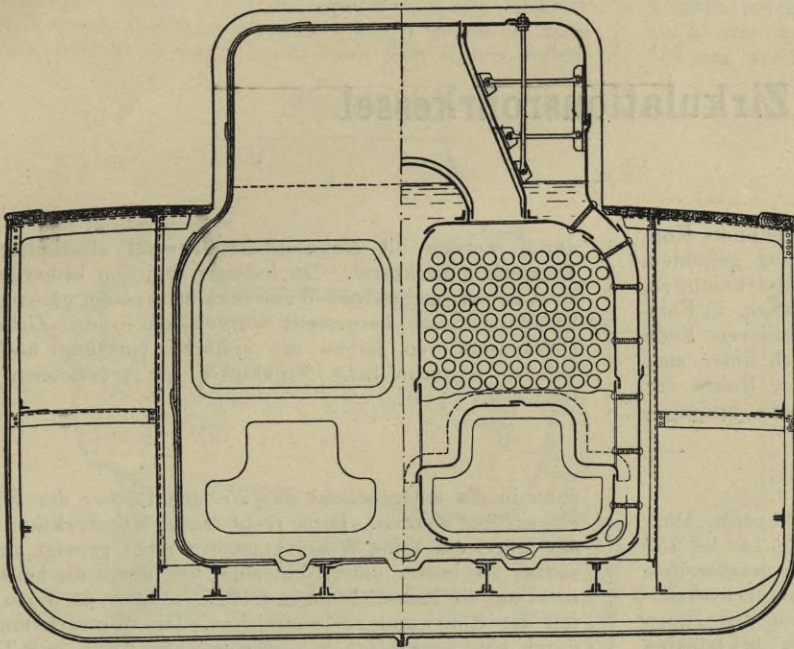
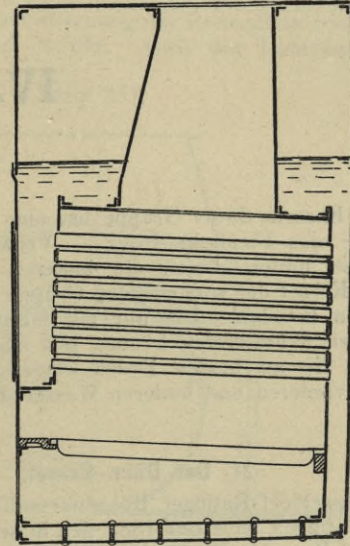


Fig. 148.



wordener Rohre während des Betriebes von diesen Kesseln zu den Feuerrohrkesseln zurückkehrte, hat auch Schichau seine Wasserrohrkessel bald wieder durch Feuerrohrkessel

Dampfern bei gleicher Heizfläche um nahezu 30 pCt sparsamer als die Wasserrohrkessel.

IV. Zirkulationsrohrkessel.

In den Kesseln dieser Gruppe hat eine altbekannte Konstruktion — das Fieldsche Rohr — Verwendung gefunden, wodurch die hintere bzw. die hinteren Wasserkammern, welche die Kessel der vorstehenden Gruppe besaßen, in Fortfall kommen konnten. Die nur mit ihrem vorderen Ende festgehaltenen Wasserrohre können sich demnach freier ausdehnen als die an beiden Enden eingewalzten Rohre der Kessel mit vorderen und hinteren Wasserkammern, und hier-

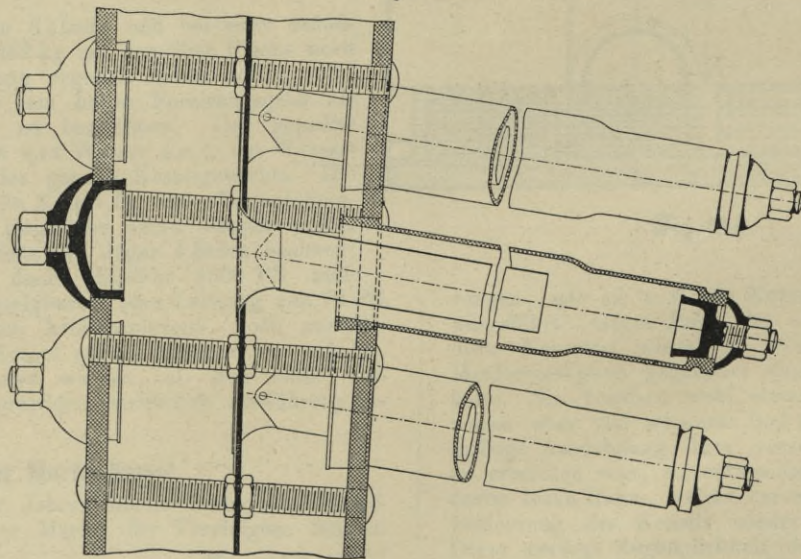
durch werden die Zirkulationsrohrkessel elastischer als die Wasserkammerkessel. Da indessen bei den bisherigen Konstruktionen in einzelnen Wasserkammerkesseln günstigere Verbrennungsräume hergestellt wurden als in den Zirkulationsrohrkesseln, so haben die ersteren vorläufig noch etwas bessere wirtschaftliche Ergebnisse zu verzeichnen als die letzteren.

21) Der Dürr-Kessel.

Die Düsseldorf-Ratinger Röhrenkesselfabrik vorm. Dürr & Co. in Ratingen baut seit 1883 den in der Fig. 149 bis 157 gezeichneten Kessel. Dieser hat nur vorn eine geschweifte Wasserkammer, deren Wände die übliche Stahbolzenversteifung zeigen; hinten sind die Rohre geschlossen und ruhen mit ihren Enden in einer mit Schamottsteinen bekleideten Eisenwand. Diese Wand ist an einem schmiedeisernen Rahmen befestigt, der gleichzeitig als Stütze für den Schornstein-aufbau dient. Für die hinteren Rohrverschlüsse werden hohle konische Körper verwendet, welche in die Konusse der Rohre

dann in die entsprechend ausgefrästen Löcher der Rohrwand eingedrückt werden. Diese recht teure Konstruktion verwendet Dürr, um seine Wasserkammern nicht geneigt zu stellen, sodass sie besser unterstützt sind, und damit die heißen Gase nicht auf die Rohrdichtungen treffen, sondern an ihnen parallel mit der Rohrwand vorbeistreichen. Die Wasserkammer wird durch eine senkrechte Scheidewand aus Blech in 2 Teile zerlegt, welche die vorn etwas erweiterten Einhängerohre aufnimmt. Als vordere Verschlüsse wählt Dürr hohle Deckel von geringer Wandstärke, die bei metallischer Auflage auch noch abdichten, wenn bei eintretender Formveränderung der

Fig. 149.



eingeschliffen und mittels Schraubenbolzen von außen angezogen werden, Fig. 149. Die Möglichkeit, dass sie sich durchziehen, welche nach öfterem Einpassen eintreten könnte, wird durch ringförmige Ansätze der Verschlusskörper vermieden. Die hohle Form des Verschlusses giebt ihm die gewünschte Elastizität. In die Rohrwände sind die Rohre abweichend von allen bisherigen Kesseln nicht rechtwinklig, sondern schiefwinklig eingesetzt. Sie erhalten deswegen aufgeschweifte Ringe, welche auf besonderen Bänken konisch abgedreht und

Kammerwand die Öffnung ihre kreisrunde Form verliert. An die Wasserkammer schließt sich der Dampfsammler; die in ihn mündenden Rohre dienen zur Dampftrocknung. Um einen geregelten Dampfdurchfluss zu erzielen, ist dieser obere im Dampfsammler gelegene Kammerraum in gleicher Weise geteilt wie der untere, und die Dampftrockenrohre haben dieselbe Einrichtung wie die Wasserrohre. Der Dampf wird aus der hinteren Abteilung der oberen Kammer entnommen. An beiden Seiten wird der Heizraum durch

Wände aus Rohren begrenzt. Diese Rohre biegen an ihrem vorderen Ende abwechselnd nach rechts und nach links ab, Fig. 157, um einen dauerhaften und zweckentsprechenden Anschluss an die Wasserkammer zu ermöglichen. Das Wasser läuft in der Weise um, dass sich das erhitzte Wasser aus den Rohren in den hinteren Teil der Wasserkammer ergießt, woraus der Dampf zum Dampfsammler emporsteigt. Das nicht verdampfte Wasser fließt aus letzterem in den vorderen Teil der Wasserkammer zurück und von hier durch die Einhängerrohre wieder in die Wasserrohre. Die Rohre sollen

Probefahrt arbeitete der Kessel im Mai 1894 zwar tadellos, erzeugte aber in der Dreifach-Expansionsmaschine bei einer Verbrennung von 100 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche i. d. Std. nur 350 PS_i oder noch nicht ganz 16 PS_i auf 1 t Kesselgewicht; dabei betrug der Kohlenverbrauch 1 kg für 1 PS_i-Std.

Inzwischen sind die Dürr-Kessel bedeutend verbessert worden, indem der Durchmesser der Wasserrohre von 114 mm auf 83 mm und die Entfernung der Rohrmitten von 250 mm auf 174 mm verringert wurde. Auch der Dampfsammler, der

Fig. 150.

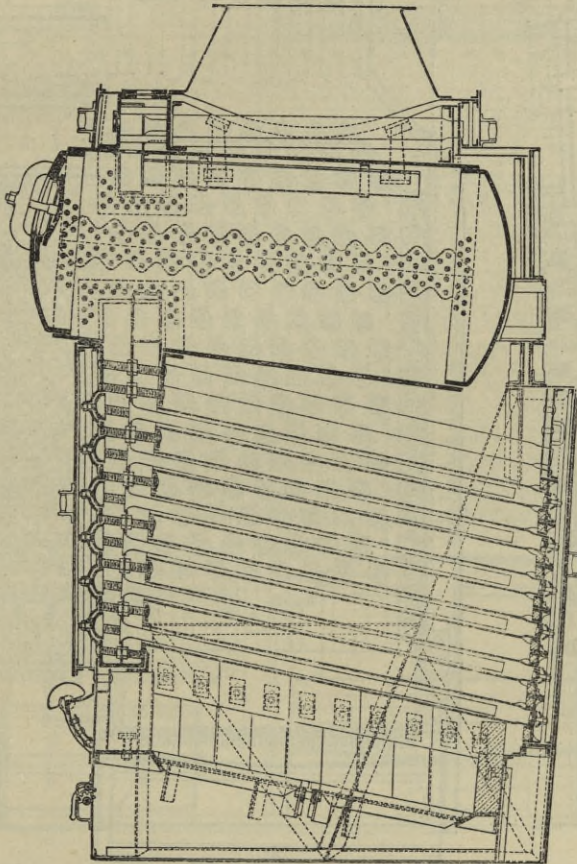


Fig. 151.

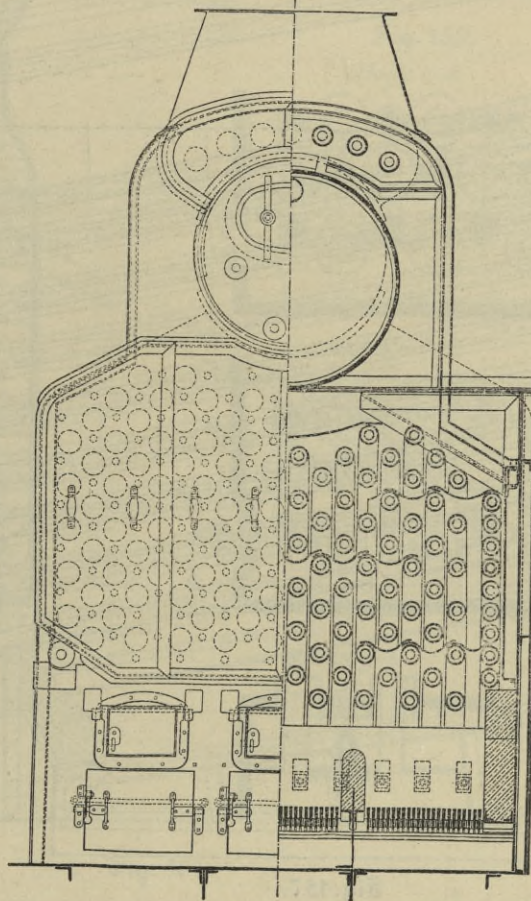


Fig. 152.

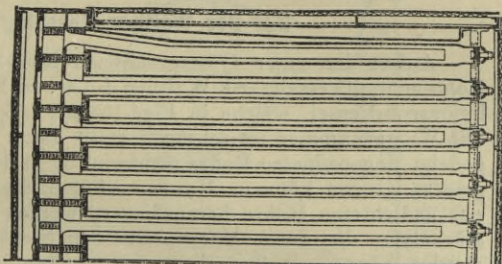
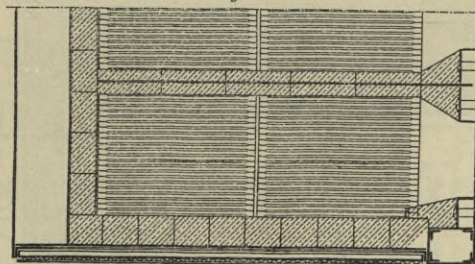


Fig. 153.



hauptsächlich mittels Bürsten abgerufst werden; eines Dampfstrahls bedient man sich nebenbei.

Mit den Dürr-Kesseln hofft man, in der deutschen Marine, welche umfangreiche Versuche damit anstellt, bessere Ergebnisse zu erzielen, als man bisher mit einem auf dem kleinen Transportdampfer »Rhein« eingebauten Kessel erreicht hat, der in Fig. 150 bis 153 wiedergegeben ist.

Dieser Kessel wiegt bei 14 kg/qcm Betriebsdruck 21,93 t, wovon 4,1 t auf das Wasser entfallen; das Wassergewicht macht also etwa den fünften Teil des Kesselgewichtes aus, sodass die Dürr-Kessel reichlich dreimal so viel Wasser enthalten wie Bellevillesche. Während sechsständiger forciertes

früher parallel mit den Wasserrohren lag, Fig. 150, ist nun parallel mit der Wasserkammer gelegt, Fig. 154, wodurch sich die Kessel an Bord bequemer unterbringen lassen. Die hierdurch nötig gewordene Verankerung des Oberkessels zeigen die Fig. 154 und 156. Ein solcher mit 15 kg/qcm Ueberdruck arbeitender Schiffskessel für eine Maschine von rund 800 PS_i ist der in Fig. 154 bis 157 dargestellte. Er enthält etwa 5,00 qm Rostfläche und 223 qm Heizfläche, er wiegt 20,76 t, das Wasser in ihm 4,6 t; er verdampfte mit 1 kg Kohle 7,85 kg Wasser von 0° C bei einer Verbrennung von 200 kg Kohle auf 1 qm Rostfläche i. d. Std. Für 1 t Kesselgewicht leistet er über 30 PS_i und kann sich dem nach neben den französischen Kesseln ganz gut sehen lassen.

Fig. 154.

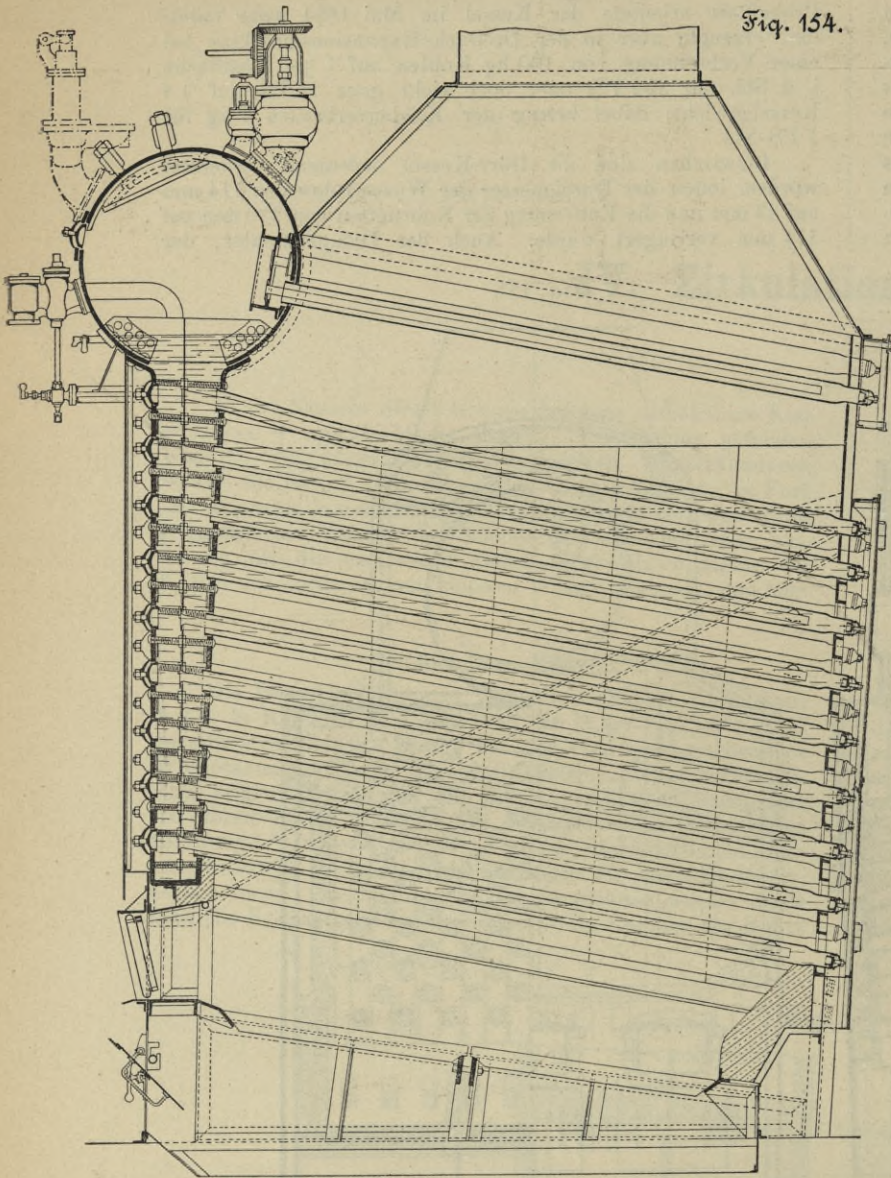


Fig. 155.

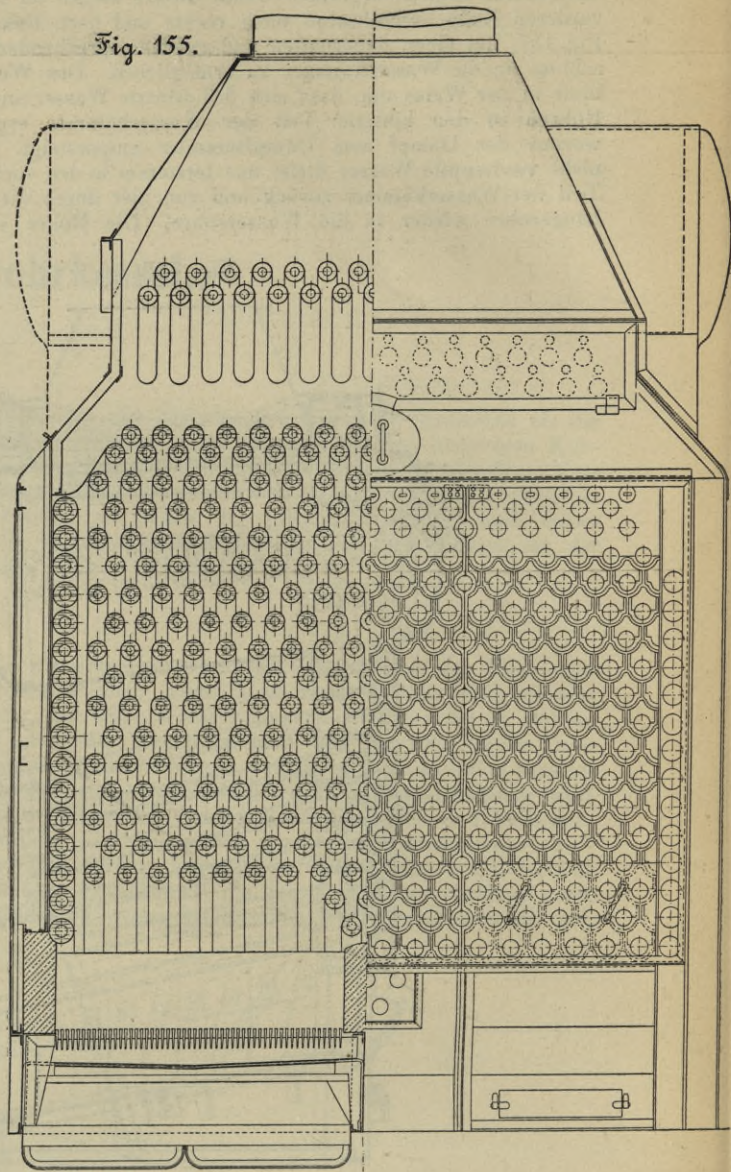
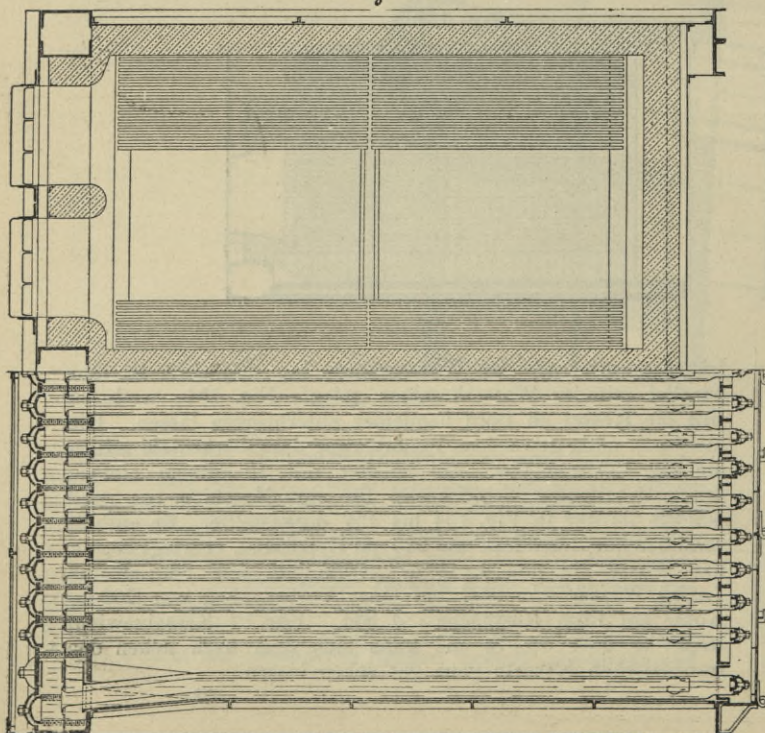


Fig. 157.



22) Der Walther-Kessel.

Außer den unter 4) besprochenen Root-Kesseln baut die Röhrendampfkesselfabrik Walther & Cie. in Kalk auch Zirkulationsrohrkessel, welche in Fig. 158 bis 166 dargestellt sind. Die Wasserkammer ist schräg gestellt damit die um etwa 10° geneigt angeordneten Rohre rechtwinklig in die Rohrwand eingesetzt werden können. Um zu verhüten, dass die mittels Konus gedichteten Rohre herausfliegen, werden sie durch Stahlstückchen, die durch Muttern auf den Stehbolzen angezogen werden können, in ihrer Lage festgehalten, wie aus den Fig. 160 und 161 zu ersehen ist. Die Einhängerohre tragen an ihrer Mündung Flansche von 95 mm Dmr., damit sich nach ihrer Entfernung die am Konus 94 mm größten Dmr. besitzenden Wasserrohre ebenfalls herausnehmen lassen. Die Flansche füllen also die Oeffnungen in der durch die Stehbolzen festgehaltenen Trennungsplatte der Wasserkammer vollständig aus. Kleine an die Flansche genietete vorreiberartige Stahlstückchen, welche durch Stehbolzenmuttern gegen die Trennungsplatte geklemmt werden, Fig. 159, verhindern die Einhängerohre, sich zu verschieben, die außerdem noch kurz vor ihrem Ende durch 3 kleine Blechstücke, Fig. 158, unterstützt sind. Die Fig. 162 bis 164 zeigen die dauerhafte Verbindung der Wasserkammer mit dem Oberkessel und die Verankerung des an der Mündungsstelle zur Erzielung eines möglichst ungehinderten Wasserumlaufes durchbrochenen Cylinders. Der vorliegende Kessel wurde für eine Leistung von 800 PS_i gezeichnet.

Fig. 156

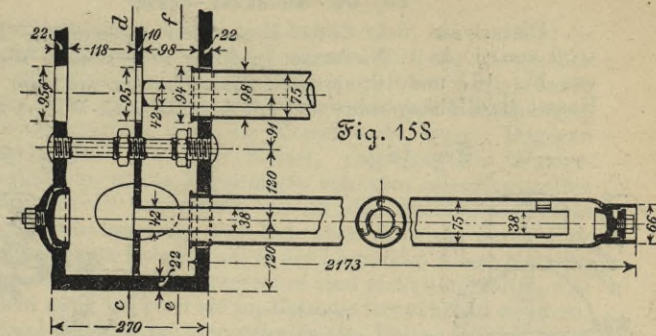
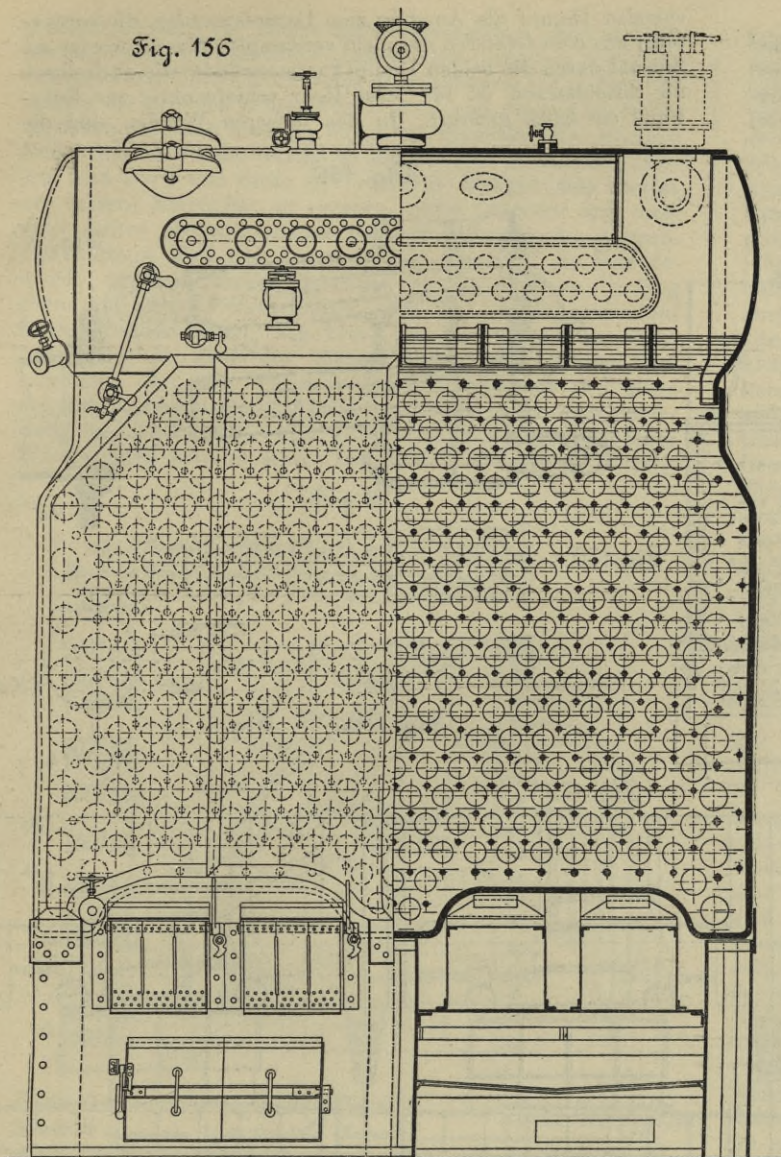
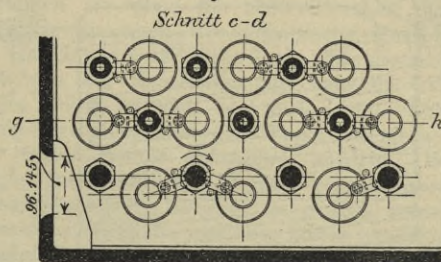


Fig. 158

Fig. 159.



Schnitt e-f

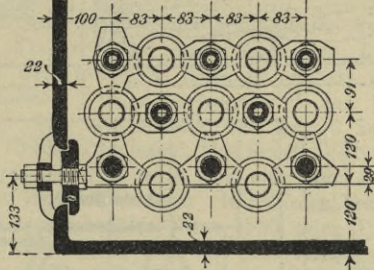


Fig. 160.

Schnitt g-h

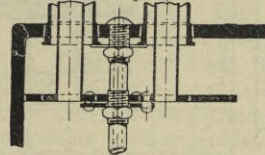


Fig. 161.

Fig. 162.

Fig. 163.

Fig. 164.

Fig. 165.

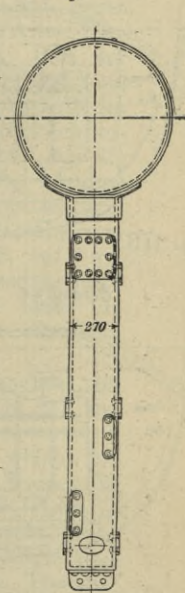
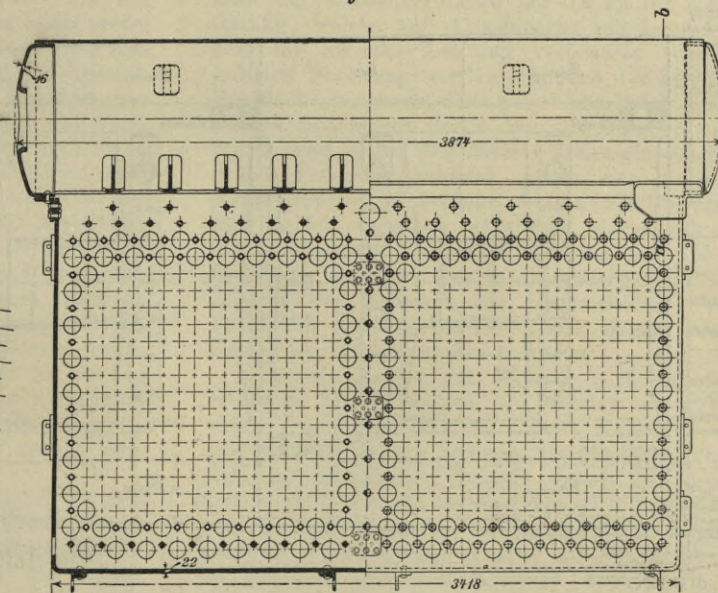
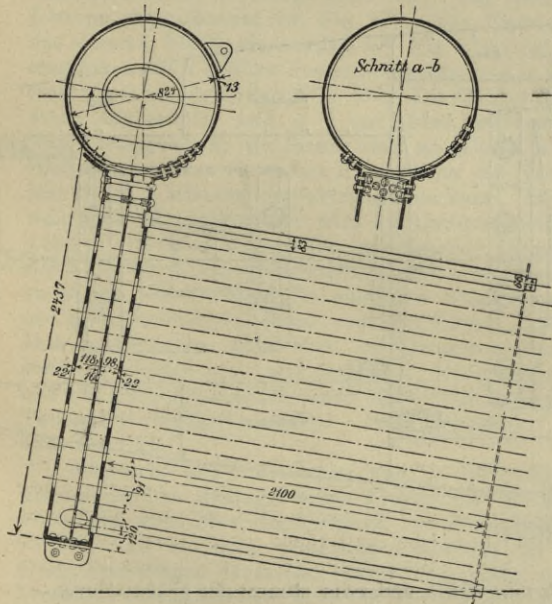
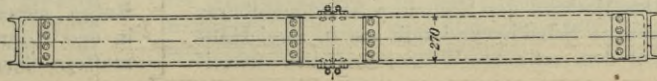


Fig. 166.



23) Der Niclausse-Kessel.

Dieser aus dem Collet-Kessel hervorgegangene Kessel wird von J. & A. Niclausse in Paris hergestellt. Wie sich aus Fig. 167 und 168 ersehen lässt, hat er mit dem Dürre-Kessel die Einhängerohre und mit dem Babcock-Wilcox-Kessel

chenden Dampf als Ausgang zum Dampfsammler, die vordere führt aus dem letzteren das nicht verdampfte Wasser wieder zu. Sowohl durch die beiden Dampfammerwände wie auch durch die Scheidewand ist für jedes Rohr schiefwinklig zur Rohrwand ein Loch gebohrt. In den äußeren Wänden sind die

Fig. 167.

Fig. 168.

Fig. 169.

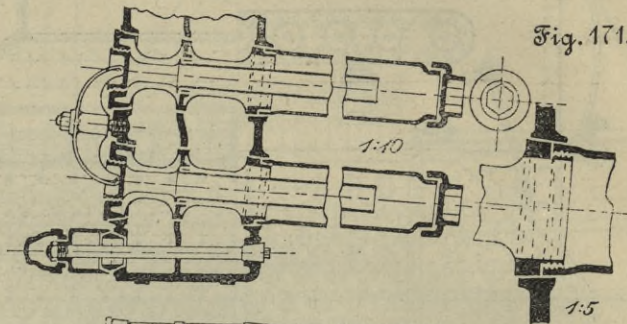
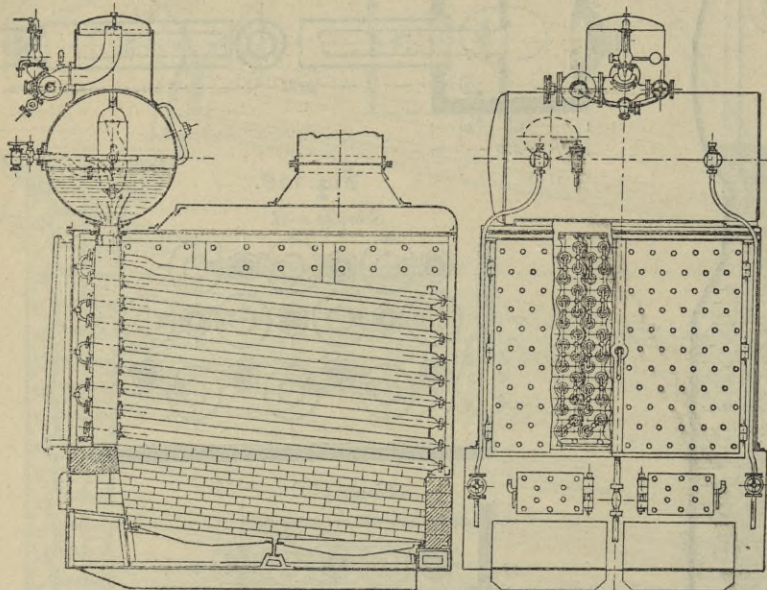


Fig. 170.

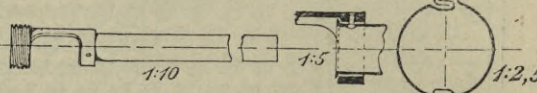
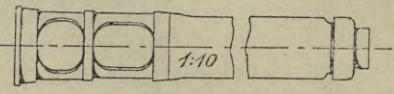


Fig. 172.

Fig. 173.

Fig. 174.

Fig. 176.

Fig. 175.

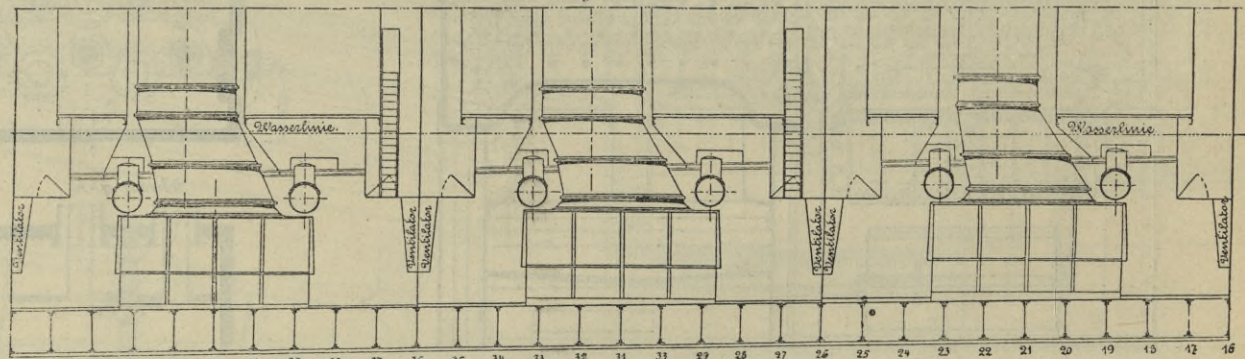
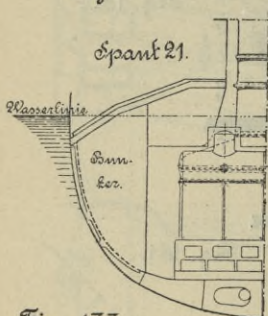


Fig. 177.

Spant 31.

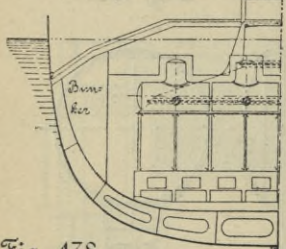


Fig. 178.

Spant 41

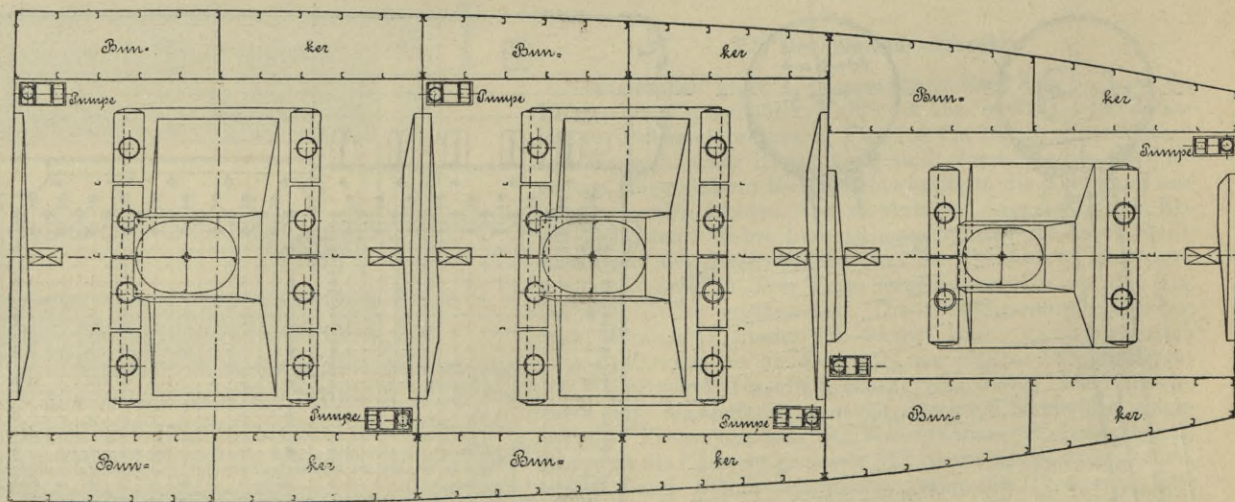
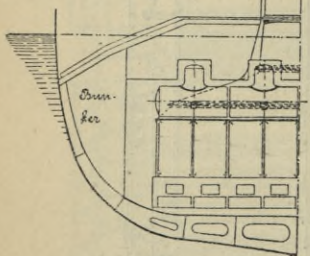


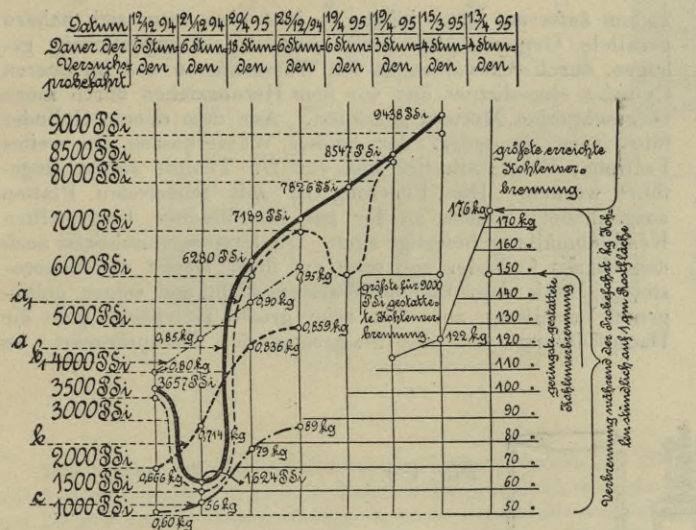
Fig. 179.

die einzelnen wellenförmig gestalteten Wasserkammern gemeinsam. Die Wasserkammern stehen sämtlich mit einem oberen Wassersammler in Verbindung, der in seiner Mitte noch einen Dom trägt. Das Material der Kammern ist schmiedbarer Guss. Eine eingegossene Scheidewand teilt sie in zwei Hälften; die hintere dient dem erhitzten Wasser und dem entwei-

löcher konisch ausgefräst, und zwar stimmt der größte Durchmesser des hinteren konischen Loches genau mit dem kleinsten Durchmesser des vorderen konischen Loches überein. Die Rohre sitzen ähnlich wie beim Dürre-Kessel schiefwinklig in den Rohrwänden, sind hinten verengt und mittels Kapselmuttern derartig abgeschlossen, dass die Muttern über den

größten Umfang der Rohre nicht hervorstehen, diese sich daher nach vorn herausnehmen lassen. Die vorderen Enden der Rohre werden durch Körper aus schmiedbarem Guss, Fig. 169, welche die Erbauer »Laternen« nennen und die mit konischen Ansätzen versehen sind, in ihre Lage gepresst. Die hinteren Enden der Laternen, welche in die hinteren Rohrwände greifen, sind stark und dick, die vorderen dagegen sind dünner um bessere Elastizität zu ergeben. Alle Laternen sind nach einer Lehre gedreht, sodass sie vertauscht werden können. Der mittlere Teil der Laterne passt genau in die Scheidewand, vor und hinter derselben ist ihr äußerer Umfang oben und unten fortgeschnitten, um für den Wasserumlauf freien Weg zu geben, Fig. 170. Die Rohre sind im Dichtungskonus so über die dünnen Enden der Laternen geschraubt, dass die Verbindungsnaht gerade in der Mitte des Rohrwandquerschnittes liegt, also durch den Konus gleichzeitig gedichtet wird, Fig. 171. Das Einhängerohr jedes Wasserrohres wird in seiner Lage durch eine zweite Laterne

Fig. 180.



Kurve a; ————— verhältnismäßige PSi
 Kurve a ————— bei der Probefahrt geleistete PSi
 Kurve c ————— verbrauchte Kohlenmenge in kg auf 1 qm Rostfläche
 Kurve b; ————— verhältnismäßiger größter Kohlenverbrauch für 1 PSi/Std.
 Kurve b ————— größter Kohlenverbrauch bei der Probefahrt für 1 PSi/Std.

festgehalten, welche aber nur von der Vorder- bis zur Scheidewand der Wasserkammer reicht und vorn in die große Laterne eingeschraubt ist, Fig. 172. Die Einhängerohre sind aus dünnem Blech; sie werden, wie Fig. 174 zeigt, auf Spezialmaschinen aus 2 Hälften zusammengesetzt und in ihre Laternen eingietet und gebördelt, Fig. 173. Die Wasserrohre sind paarweise angeordnet, und je 2 von ihnen werden durch einen Bügel festgehalten; sie lassen sich so schnell entfernen und auswechseln, dass ein neues Rohr, wenn der Kessel kalt und leer ist, in 2 Minuten eingesetzt werden kann. Das Anschlussrohr jeder Wasserkammer wird am Dampfsammler nach oben konisch erweitert, sodass der entweichende Dampf eine möglichst geringe Geschwindigkeit annimmt, um Zeit zum Trocknen zu haben. Unten sind die einzelnen Wasserkammern durch ein Rohr verbunden, damit man den Kessel ausblasen kann. Das Speisewasser tritt oben im Dampfsammler in ein besonderes Gefäß ein, welches die Unreinigkeiten zurückhält und oft gereinigt werden muss; dann fällt es in die vorderen Teile der Wasserkammern. Das Dampfrohr zweigt sich vom Dom ab.

Angesicht des Umstandes, dass in Deutschland die auf diesem Gebiete tonangebenden Firmen für ihr schmiedbares Gusseisen nicht eine Zugfestigkeit von 36 kg/qcm garantieren wollen, und bei dem allgemeinen Streben, für die hohen Dampfspannungen Gusseisen mehr und mehr vom Dampfkesselbau auszuschließen, kann die Konstruktion des Niclausse-Kessels mit seinen aus solchem Material bestehenden Wasserkammern und Laternen keine besonders glückliche genannt werden, wiewohl zugegeben werden muss, dass der für diese Kessel verwendete schmiedbare Guss sich bei Biege- und

Schlagproben ganz ausgezeichnet bewährt hat. Auch macht die reichliche Dreherarbeit an den Laternen, die, wie ich gesehen habe, höchst sauber und sorgfältig ausgeführt wird, ebenso wie die peinlich genaue Blecharbeit an den Umhüllungen, den Feuergarnituren usw. die Kessel recht teuer. Dagegen können sie wie die Dürr-Kessel, entgegen den Wasserkammerkesseln, starke Forcierungen ertragen; allerdings sollen dann die unteren Rohrreihen wie in den Belleville-Kesseln allmählich durchsacken, was sich aber vielleicht durch Einführung von Serve-Rohren, wie in den Lagrafel-d'Allest-Kesseln, beseitigen lässt. Die Einhängerohre sind nicht unterstützt, was auch nicht nötig ist, weil sie im Betriebe fortwährend erzittern. Die Kessel erleiden bei unregelmäßigem Heizen infolge ihres kleinen Wassergewichts wohl ebenfalls starke Druckschwankungen, doch können sie ohne die Bellevilleschen Speise- und Dampftrockenvorrichtungen wie schottische Kessel betrieben werden. Ein Hauptvorteil liegt darin, dass die meisten Betriebsstörungen von der Kesselfront aus behoben werden können; auch die Rohre werden von dort mittels Dampfstrahles durch die Zwischenräume der Wasserkammern hindurch, mit den oberen Reihen anfangend, entrust. Wenn die Niclausse-Kessel mit destillirtem Wasser gespeist werden, bedürfen sie keiner besonderen Sorgfalt; es genügt, wenn sie täglich einmal von der Oberfläche und vom Boden ausgeblasen werden. Benötigen die Rohre der Reinigung, so zieht man sie am besten heraus und kann dann gleich die Wasserkammern ausspülen.

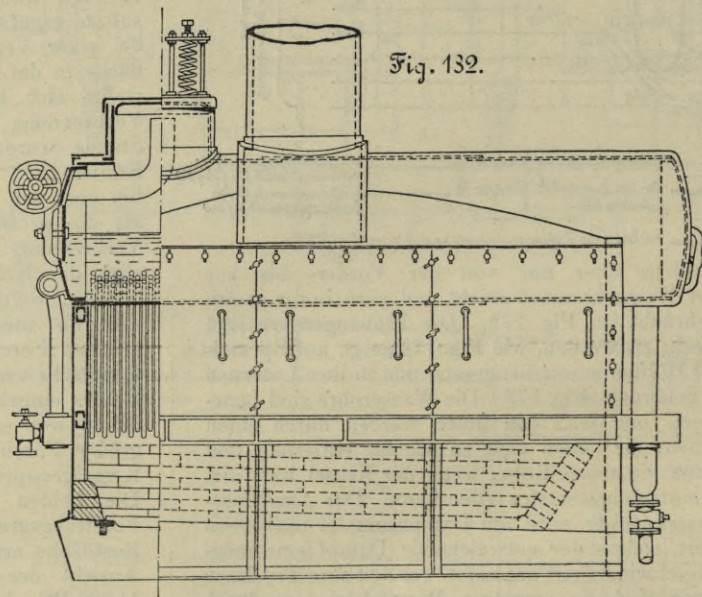
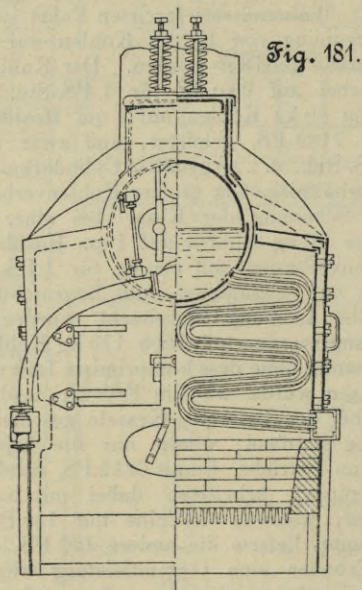
Niclausse-Kessel besitzen der französische Aviso »Elan«, der Kreuzer »Friant« und das russische Kanonenboot »Khraby«; für den deutschen Kreuzer »Ersatz Freya« und für einen englischen Torpedokreuzer sind zur Zeit solche Kessel im Bau. Die Aufstellung der Kessel im »Friant« geben die Fig. 175 bis 179 wieder. Das Schiff besitzt 20 Kessel, wovon zwei Gruppen von je 8 und eine von 4 Kesseln in den wasserdicht abgeschlossenen Heizräumen untergebracht sind. Dieser Kreuzer hat im März 1895 seine Probefahrt beendet, wobei sich die in Fig. 180 zusammengestellten Resultate ergaben. Während der forcirten Fahrt sind 9438 PSi bei einer Verbrennung von 122 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche in der Stunde geleistet worden. Der Kohlenverbrauch stellte sich hierbei auf 0,911 kg für 1 PSi-Std. Bei einer Verbrennung von 89 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche in der Stunde wurden 7189 PSi geleistet, und zwar mit 0,859 kg Kohlen für 1 PSi-Std., d. i. gegenüber Cylinderkesseln immerhin noch ein verhältnismäßig großer Kohlenverbrauch. Erst als die größte Schonung der Kessel bei einer stündlichen Verbrennung von 50 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche eintrat, sank der Kohlenverbrauch auf 0,66 kg für 1 PSi-Std. gegen 0,613 kg, welche auf »Casabianca« mit Lagrafel-d'Allest-Kesseln für dieselbe Leistung verbraucht wurden. Bei der größten Forcierung wurden stündlich 176 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche verbrannt, ohne dass komprimierte Luft oberhalb des Feuers eingeblasen wurde, wie die Erbauer ausdrücklich zufügen, weil es bei den Belleville-Kesseln geschieht. Als die größte Forcierung stattfand, waren nur die beiden hinteren Kesselgruppen im Betriebe, womit 6842 PSi erreicht wurden. Die beiden Gruppen arbeiteten dabei mit verschiedenen Forcierungsgraden; während die eine nur 155 PSi auf 1 qm Rostfläche erzeugte, lieferte die andere 172 PSi, sodass nach Ansicht der Erbauer eine Gesamtleistung von mehr als 11000 PSi herausgekommen sein müsste, falls sämtliche Kessel im Betriebe gewesen wären.

Da die Kessel mit Wasser nach den Angaben von Niclausse 318,94 t wiegen, so leisteten sie während der forcirten Probefahrt 29,6 PSi mit 1 t Kesselgewicht, oder sie überschritten um ein geringes die Höchstleistung, welche bis jetzt mit schottischen Kesseln erzielt ist. Das Wasser in den Kesseln hat ein Gewicht von 47 t, beträgt also etwa 1/7 vom Ganzen, gegen 1/17 bis 1/19 bei Belleville-Kesseln. Eingehende Verdampfungsversuche mit Niclausse-Kesseln sind im Frühjahr 1894 von Kennedy und Unwin in Thames-Ditton angestellt, bei welchen sich eine 8,68fache Verdampfung mit einer stündlichen Verbrennung von 65,3 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche ergab. Nach allen diesen Zahlen gehören die Niclausse-Kessel zu den leistungsfähigeren geradrohrigen Wasserrohrkesseln, eine Ueberlegenheit über die besseren derselben besitzen sie aber nicht.

V. Krummrohrige Kessel mit wagerechten Sammlern.

Augenblicklich zählt diese Gruppe die zahlreichsten Vertreter, welche sich sämtlich durch eine hohe Elastizität, die schnelles Anheizen gestattet, vor allen anderen Wasserrohrkesseln auszeichnen. Gemeinsam sind ihnen gewöhnlich zwei, seltener drei oder vier, zuweilen aber auch nur ein Unterkessel und ein oder zwei Oberkessel, welche durch die in irgend einer Weise gebogenen Rohre mit einander in Verbindung stehen. Die hierher gehörigen Kessel enthalten sämtlich sehr wenig Wasser mit stets starkem Umlauf; sie sind die einzigen, welche auf Probefahrten solche Leistungen gezeigt haben, wie sie bisher mit keiner anderen Kesselart erzielt werden konnten. Schwierigkeiten bieten dagegen bei allen in mehr oder minder hohem Grade die Untersuchung, die Reinigung und die Auswechslung beschädigter Rohre.

25 mm äußerem Dmr. bilden zu je 4 eine unter sich nahezu parallele Gruppe. Sie sind sämtlich schlangenförmig gebogen, durch Aufwalzen in den Wasserkästen und im oberen Cylinder eingedichtet und vor dem Herausziehen durch innen vorgeschraubte Muttern geschützt. Aus dem oberen Cylinder führt vorn zu jedem der beiden Wasserkästen ein weites Fallrohr; diese Fallrohre sind von Du Temple zuerst eingeführt worden. Die Feuerung ist mit feuerfesten Platten ausgekleidet, welche an der aus Stahlblechen hergestellten Kesselumhüllung befestigt sind. Die letztere umschließt auch den oberen Cylinder und trägt auf ihrer Decke den Schornstein. Dank dem kleinen Wassergewicht und seiner gelungenen Verteilung auf eine sehr große Heizfläche geht die Dampfbildung und die Steigerung des Dampfdruckes im



24) Der Du Temple-Kessel.

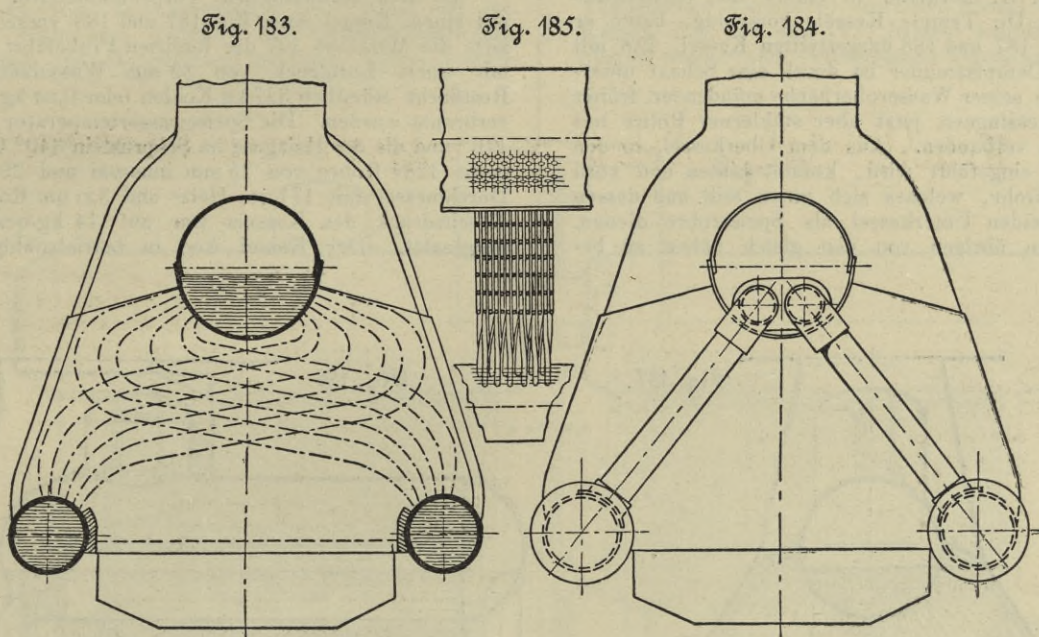
Der von der Société Du Temple in Cherbourg hergestellte Kessel ist zuerst von dem französischen Torpedoboot No. 20¹⁾ erprobt worden. Diesen Kessel stellen die Fig. 181 und 182 dar. Der Kessel setzt sich zusammen aus einem oben in der Mitte liegenden Dampfsammler mit Dampfdom und zwei unteren seitlichen Wasserkästen; von diesen gehen die Rohre nach oben zum Dampfsammler, der zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist. Die Stahlrohre von

Du Temple-Kessel ziemlich schnell vor sich. In einem für eine Maschine von 500 PS_i bestimmten Du Temple-Kessel ist unter Anwendung natürlichen Zuges in 45 Min. Dampf aufgemacht worden. Der Wasserumlauf im Du Temple-Kessel ist infolge der großen Länge der Schlangenrohre besonders bei forcirtem Heizen nicht sehr lebhaft. Das durch diese Rohre in den oberen Cylinder gelangende Wasser kommt durch die vorderen Fallrohre wieder in die seitlichen Wasserkästen, in welche auch die Speiserohre münden. Am hinteren Ende des Dampfsammlers und der beiden seitlichen Wasserkästen ist je ein Ausblaserohr angebracht, die sich sämtlich in einem Ausblaserohr vereinigen. Da die Ausblaserohre von

¹⁾ Revue industrielle vom 5. Januar 1889, S. 5.

den Kesselteilen ausgehen, in welchen sich das ruhigste Wasser befindet, wo sich also etwaige Unreinigkeiten ablagern können, so lassen sich letztere unschwer aus dem Kessel entfernen, und eine Abdeckung der Heizfläche mit Niederschlägen ist um so weniger zu befürchten, als der Kessel nur mit süßem Wasser gespeist werden soll. Besondere Vorrichtungen für die Speisung wie bei anderen Kesseln dieser Gruppe sind nicht vorhanden.

der Rohre gebildeten Dampfes nicht nach oben in den Dampfsammler entweicht, sondern in die einen etwas geringeren Druck enthaltenden Unterkessel tritt, wobei die betreffenden Rohrstellen erglühen, schlug J. A. Normand in Havre die in Fig. 186 für ein Rohr dargestellte Verbesserung vor, welche unter dem Namen Du Temple-Normand-Kessel inzwischen auf vielen französischen Torpedobooten Verwendung gefunden hat. Normand verkürzte die Länge der Rohre



Die beiden Du Temple-Kessel des Torpedobootes No. 20 sollen in den ersten 2 Jahren 27 Fahrten mitgemacht haben, davon 20 mit großer Geschwindigkeit, ohne besondere Ausstellungen zu verursachen. In der französischen Marine ist später noch eine ganze Reihe von Torpedobooten mit Du Temple-Kesseln versehen worden. Wenn in den französischen Fachzeitschriften behauptet wird, ein Kessel für eine Leistung von 500 PS_i wiege nur 5,5 t, so muss dies angesichts der bisher mit den neuesten Kesseln dieser Gruppe erzielten günstigsten Erfolge bezweifelt werden. Was die Dauerhaftigkeit und Reparaturfähigkeit des Du Temple-Kessels anlangt, so scheinen sich die Rohre wegen ihrer großen Länge auf die Dauer nicht bewährt zu haben, weswegen er derartig umgebildet wurde, dass er sich in seiner Gestalt mehr dem Normand-Kessel nähert.

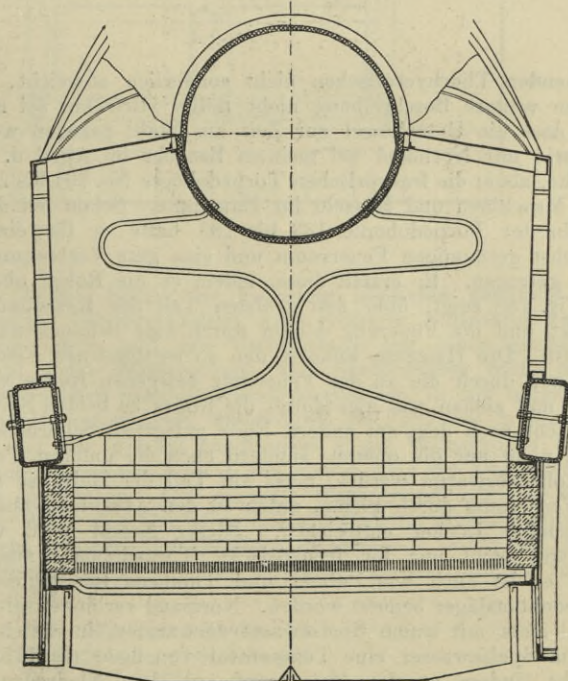
Von dem neueren Du Temple-Kessel geben die Skizzen Fig. 183 und 184 eine Vorstellung. Die Rohre durchkreuzen sich gegenseitig, sodass die aus dem linken Unterkessel emporsteigenden rechts in den Oberkessel münden. Ihre Stellung im Unter- und Oberkessel zeigt Fig. 185. Die Rohrmündungen liegen im Oberkessel unter Wasser, und zwar werden die Rohre mit vorgeschraubten Muttern versehen, ähnlich wie es beim Reed-Kessel der Fall ist. Zur Zeit werden das französische Hochseetorpedoboot »Mangini«, sowie 5 kleinere Torpedoboote, welche den großen Schiffen als Beiboote mitgegeben werden sollen, mit derartigen verbesserten Du Temple-Kesseln ausgerüstet.

25) Der Du Temple-Normand-Kessel.

Als sich bei oft wiederholten forcierten Fahrten französischer Torpedoboote mit den älteren Du Temple-Kesseln herausgestellt hatte, dass der Wasserumlauf in den langen Rohren bei heftiger Verdampfung unterbrochen wird, weil eine Menge des in den mehr wagerecht liegenden Teilen

auf die Hälfte und verdoppelte ihre Zahl, sodass die Heizfläche dieselbe blieb. Gleichzeitig stellte er den unteren Teil der Rohre steiler, setzte daran einen größeren Bogen und erleichterte hierdurch das Aufsteigen der Dampfbläschen. Das Verhältnis des Rohrdurchmessers zur Länge, welches beim alten Du Temple-Kessel 1:320 betrug, ist im Du Temple-Normand-

Fig. 186.



Kessel auf 1:160 zurückgegangen. Diese Kessel haben sich besser bewährt als ihre älteren Vorgänger; sie wurden zuerst auf den Torpedoboote »Lancier« und »Pernow« eingebaut, und zuletzt hat sie noch das schnelle Hochseetorpedoboot »Forban« erhalten, von dem in der Einleitung die Rede war.

26) Der Normand-Kessel.

Schon ehe J. A. Normand in Havre die vorstehende Verbesserung des Du Temple-Kessels vorschlug, baute er selbst den in Fig. 187 und 188 dargestellten Kessel. Ein mit Dom versehener Dampfsammler ist durch eine Schaar unterhalb und oberhalb seiner Wasseroberfläche mündender, früher kupferner oder messingner, jetzt aber stählerner Rohre mit zwei Unterkesseln verbunden. Aus dem Oberkessel, in den das Speisewasser eingeführt wird, kommt hinten und vorn je ein weites Fallrohr, welches sich unten teilt und dessen Zweige für die beiden Unterkessel als Speiserohre dienen. Da der Kessel im übrigen von den gleich näher zu be-

schieberkasten zuführt. Dieser intensiven Erwärmung des Speisewassers sowie der ungewöhnlich hoch getriebenen Kompression des Dampfes in den Cylindern seiner Maschinen, die zu diesem Zwecke mit besonderen Ueberdruckventilen versehen sind, schreibt er allein die wirtschaftlichen Erfolge seiner neuen Torpedoboote zu, in denen nach seiner Angabe bis zu 15 Knoten Fahrgeschwindigkeit nur 0,5 kg und bis zu 25 Knoten Fahrt nur 0,9 kg Kohlen für 1 PS_i-Std. verbraucht werden.

In dem französischen Torpedoboot No. 185, welches mit einem Kessel nach Fig. 187 und 188 versehen war, indizierte die Maschine bei der forcirten Probefahrt 1680 PS_i, als mit einem Luftdruck von 89 mm Wassersäule auf 1 qm Rostfläche stündlich 327 kg Kohlen oder 0,707 kg für 1 PS_i-Std. verbrannt wurden. Die Speisewassertemperatur betrug hierbei 116° und die der Heizgase im Schornstein 340° C. Der Kessel hatte 1284 Rohre von 25 mm innerem und 30 mm äußerem Durchmesser mit 171 qm Heiz- und 3,61 qm Rostfläche. Der Arbeitsdruck des Kessels war auf 14 kg/qcm Ueberdruck festgesetzt. Der Kessel wog in betriebsfähigem Zustande

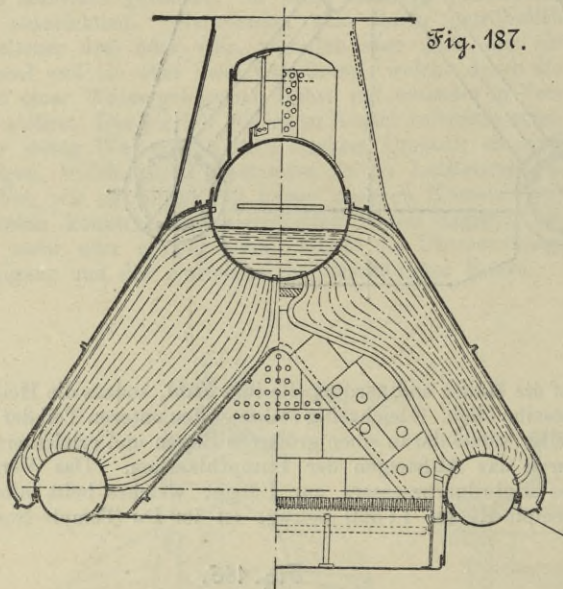


Fig. 187.

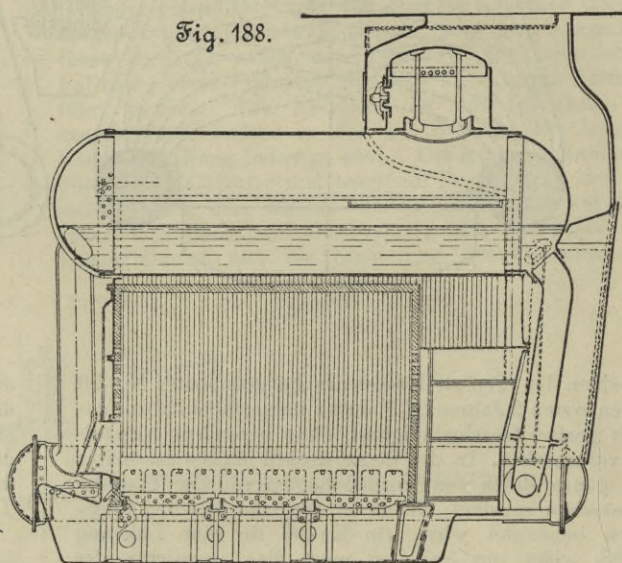


Fig. 188.

sprechenden Thornycroftschen nicht sonderlich abweicht, so ist eine weitere Beschreibung nicht nötig. Erwähnt sei nur noch, dass die Unterkessel zur Zeit aus Stahl gezogen werden, wie mir Normand bei meinem Besuche im April d. J. mitteilte, als er die französischen Torpedoboote No. 201 bis 205 nebst Maschinen und Kesseln im Bau hatte. Schon bei den Kesseln der Torpedoboote 183 bis 185 hatte er für einen möglichst geräumigen Feuerraum und eine gute Verbrennung Sorge getragen. Er erzielt diese, indem er die Rohre oben, wie Fig. 188 zeigt, über den größten Teil der Kessellänge abdeckt und die Feuerung hinten durch eine Schamottwand schließt. Die Heizgase können den so entstandenen Feuerraum nur durch die an der Feuerthür gelegenen Rohre verlassen und ziehen von hier durch die Rohre zu beiden Seiten wagrecht nach dem am andern Ende gelegenen Schornstein. Damit nicht nur die oberen, sondern auch die unteren Teile der Rohre erwärmt werden, muss ein Teil der Heizgase aus dem Feuerraum durch kleine, unten in den Abschlusswänden angebrachte Löcher entweichen. Dieser Kessel wird von Normand nicht nur für französische Torpedoboote ausgeführt, er ist auch von Palmer und Thomson für englische Torpedobootsjäger benutzt worden. Normand verbindet seinen Kessel stets mit einem Speisewasservorwärmer, in welchem er dem Speisewasser eine Temperatur von mehr als 115° C verleiht, indem er den Heizdampf aus dem Niederdruck-

13,3 t, wovon 2,7 t auf das Wasser entfielen, welches somit nahezu $\frac{1}{5}$ des Gesamtgewichtes ausmacht.

Auf 1 t Kesselgewicht entfällt hiernach eine Leistung von 126 PS_i, eine ganz außerordentlich hohe Zahl, welche die Vermutung nahelegt, dass entweder der Schornstein sowie andere Zubehörteile des Kessels nicht in dem angegebenen Gewicht enthalten sind, dieses vielmehr nur den rohen Kessel und die Garnitur umschließt, oder dass die 1680 PS_i die größte und nicht die durchschnittliche Maschinenleistung während der Probefahrt vorstellen. Dies geht auch zum Teil schon daraus hervor, dass auf 1 qm Rostfläche 464 PS_i geleistet sein sollen, oder 190 PS_i mehr, als die im Frühjahr 1895 von Thomson in Clydebank abgelieferten englischen Torpedobootsjäger »Rocket«, »Shark« und »Surly« mit je 4 Normand-Kesseln geleistet haben. Die Maschinen dieser Fahrzeuge indizierten während der forcirten Probefahrten im Mittel 4210 PS, wovon bei einer Rostfläche von 15,33 qm rd. 274 PS_i auf 1 qm Rostfläche entfallen. Das Kesselgewicht ist leider nicht bekannt gegeben worden, sodass die Maschinenleistung für 1 t Kesselgewicht nicht zu ermitteln ist. Wird hierfür die auf 1 qm Rostfläche erzeugte Pferdestärkezahl als Maßstab angenommen, so werden etwa 80 PS_i mit einer Tonne Kesselgewicht erreicht worden sein, und damit tritt der Normand-Kessel in die Reihe der heute leistungsfähigsten Wasserrohrkessel ein.

27) Der Normand-Sigaudy-Kessel.

Bisher hatte Normand die vorbeschriebenen Kessel nur für Torpedoboote gebaut; jetzt, wo er aber nach dem Bauprogramm der französischen Marine für 1896/97 auch in den Kreuzer I. Kl. »Jeanne d'Arc« von 11000 t Wasserverdrängung und in die Torpedo-Avisos »Dunois« und »La Hire« von 896 t Wasserverdrängung seine Kessel einsetzen, sie also in Gruppen aufstellen soll, hat er sie nach den Vorschlägen seines Freundes, des Eisenbahningenieurs Sigaudy, so umgebaut, wie in Fig. 189 dargestellt ist. Dabei ist gewissermaßen nach dem Vorbilde der Cylinderkessel aus 2 Einfachkesseln ein Doppelkessel gebildet, indem sowohl

28) Der Thornycroft-Kessel.

Nachdem die Firma John J. Thornycroft & Co. in Chiswick bereits im Jahre 1882 einen dem alten Herreshoffschen Spiralkessel¹⁾ sehr ähnlichen Kessel für ein kleines flachgehendes Dampfboot zum Missionsdienst in Innerafrika erbaut hatte, dessen Zeichnung später im Engineering²⁾ veröffentlicht wurde, konstruierte sie im Jahre 1886 einen neuen Wasserrohrkessel für ein englisches Torpedoboot II. Kl., aus welchem endlich die beiden im Juli 1887 in dem spanischen Torpedoboot »Ariete«³⁾ erprobten Kessel entstanden. Dieser Kessel, Fig. 192 und 193, besteht hauptsächlich aus einem oberen wagerechten zylindrischen Dampfsammler, zwei unten

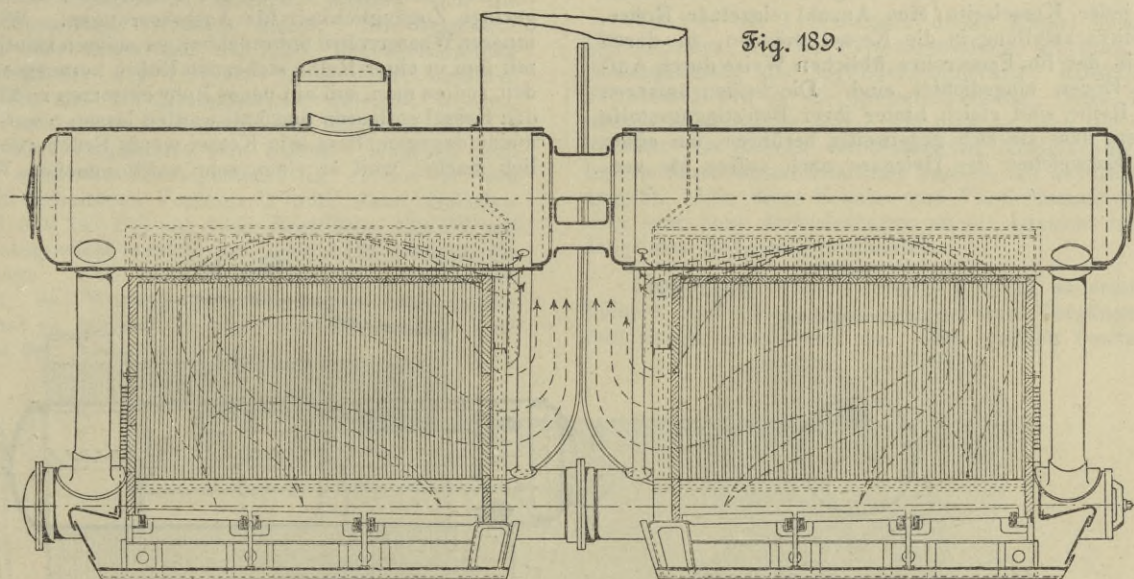


Fig. 189.

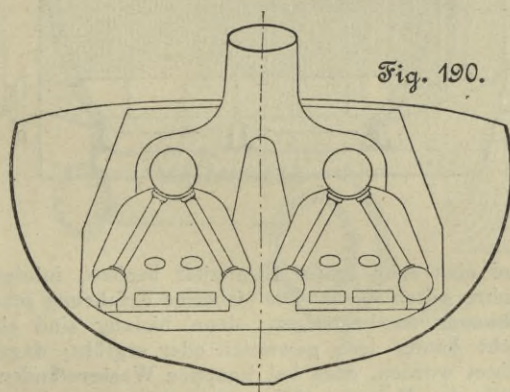


Fig. 190.

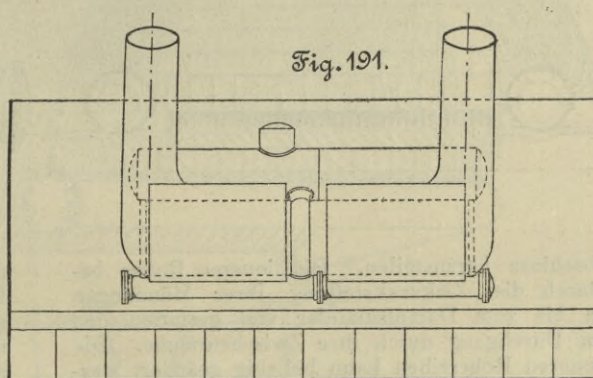


Fig. 191.

die Unter- wie die Oberkessel durch weite Rohre mit einander verbunden sind. Hierdurch sollen die Druck- und Oberflächenschwankungen bekämpft werden, welche in Kesseln mit kleinen Wasserräumen stets auftreten und die richtige Verteilung des Speisewassers erschweren. Sind mehrere Kessel nur mit einer Speisepumpe versehen, so drückt diese das Wasser stets in den Kessel, welcher die niedrigste Spannung besitzt und in dem infolge der hierdurch bedingten geringeren Verdampfung der höchste Wasserstand herrscht. Trotzdem nun die mit derartigen Verbindungsrohren versehenen Kessel eigentlich einen einzigen Kessel bilden, wird ihnen jetzt außerdem noch das Speisewasser getrennt zugeführt, um eine gleichmäßige Verdampfung sicher zu stellen. Die Fig. 190 und 191 lassen die Unterbringung von 4 solchen Kesseln in einem Heizraum erkennen.

zu beiden Seiten der Feuerung liegenden ebenfalls wagerechten Wassercylindern, zwei größeren Fallrohren zwischen dem Ober- und den Unterkesseln und einer großen Anzahl enger Wasserrohre. Das Speisewasser tritt, wie bei den meisten neueren Wasserrohrkesseln, in den unteren Teil des Dampfsammlers, fließt durch die Fallrohre in die Unterkessel und gelangt durch diese in die Wasserrohre, in welchen es verdampft, um in den oberen Teil des Dampfsammlers zu entweichen. Der normale Wasserstand soll sich etwa in der Mitte des Dampfsammlers befinden; indessen braucht er nicht ängstlich innegehalten zu werden. Damit der Dampfsammler seine Aufgabe: die Befreiung des Dampfes von mit-

¹⁾ Z. 1888 Taf. XXI Fig. 15.

²⁾ Engineering 1883 I S. 463.

³⁾ Z. 1887 S. 911.

gerissenem Wasser, möglichst vollkommen erfüllen kann, muss er der unmittelbaren Einwirkung der Heizgase entzogen werden, weil sonst die darin auftretende Verdampfung ein lebhaftes Aufwallen der Wasseroberfläche verursachen würde. Zu diesem Zwecke sind die Wasserrohre in ihrem oberen Teil, wie Fig. 192 zeigt, sämtlich um den Dampfsammler herumgebogen. Da die inneren Reihen der beiderseitigen Wasserrohre in der Mitte des Kessels dicht aneinanderstoßen, so bilden sie gewissermaßen eine Decke über der Feuerung und halten die Flamme vom Dampfsammler zurück. Gegen die strahlende Wärme wurde dessen untere Fläche bei den ersten Ausführungen noch besonders durch eine Asbestschicht geschützt, die später jedoch fortgeblieben ist.

Die Wasserrohre bestehen aus Stahl und sind, von der Seite gesehen, in senkrechten Reihen geordnet. Jede Reihe enthält auf jeder Kesselseite eine Anzahl einzelner Rohre, welche in Zickzackstellung in die Kessel münden, in deren Wänden sie in der für Feuerrohre üblichen Weise durch Aufweiten ihrer Enden eingedichtet sind. Die beiden äußeren Rohre jeder Reihe sind gleich hinter ihrer Befestigungsstelle derart gebogen, dass sie sich gegenseitig berühren, um einen dichten, das Entweichen der Heizgase nach außen hin ver-

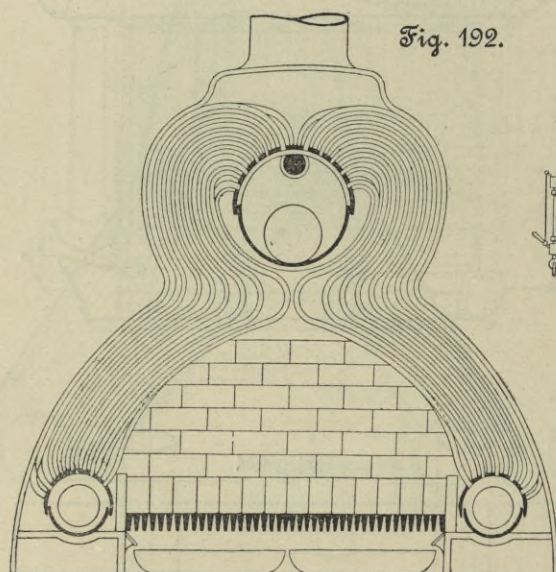


Fig. 192.

hindernden Abschluss herzustellen. Die inneren Rohre behalten ihre durch die Zickzackstellung ihrer Mündungen bedingte Lage bis zum Dampfsammler und gestatten den Heizgasen den Durchgang durch ihre Zwischenräume. Die Anzahl der inneren Rohrreihen kann beliebig geändert werden; sie ist nur von der zu ihrer Aufnahme verfügbaren Fläche der Cylinderwand abhängig. Die zwischen den Wasserrohren aufsteigenden Heizgase gehen mit ihnen um den Dampfsammler herum und entweichen oben aus dem Schornstein. Um das ganze Rohrbündel ist ein dünner Blechmantel gelegt, welcher gegen die äußeren Rohre durch Schamott und Asbest abgedichtet ist und außen noch eine Bekleidung von Asbestplatten trägt. Der offene Raum zwischen den Rohren wird vorn von der Feuerthür ausgefüllt; hinten ist er mit feuerfesten Steinen vermauert, womit auch die in die Feuerung hineinragende Wand neben den Unterkesseln bedeckt ist, um sie der unmittelbaren Flammenwirkung zu entziehen.

Während die Wasserrohrkessel mit wagerechten und geneigten geraden Rohren unter dem Ueberkochen leiden, kommt dies bei den Kesseln dieser Gruppe kaum vor. Je schneller die Dampftwicklung in den Wasserrohren vor sich geht, um so geschwinder wird das Wasser in den Dampfsammler gerissen, um von dort ebenso beschleunigt

wieder durch die Fallrohre in die Unterkessel zurückzufließen; um so günstiger wird also der Umlauf. Wenn hierbei der Dampf sowohl nach unten auf das Wasser in den Unterkesseln als auch nach oben auf jenes im Dampfsammler einen sich gegenseitig aufhebenden Druck ausübt, so bleibt doch der Unterschied im spezifischen Gewicht des Wasser- und Dampfes in den Wasserrohren und des reinen Wassers im Raume der beiden Fallrohre bestehen, welcher einen ununterbrochenen, höchst lebhaften Umlauf aufrecht erhält. Da Kessel mit besonders kräftigem Umlauf die Neigung besitzen, nassen Dampf zu erzeugen, so sucht Thornycroft das Wasser vom Dampfe auf mechanischem Wege beim Ausströmen des Gemisches aus den Rohren in den Dampfsammler zu trennen.

Ein schlimmer Fehler des Thornycroft-Kessels ist seine geringe Zugänglichkeit für Ausbesserungen. Wird eines der inneren Wasserrohre unbrauchbar, so müssen sämtliche äußeren mit ihm in einer Reihe stehenden Rohre herausgeschnitten werden, sodass man, um ein neues Rohr einsetzen zu können, immer den Kessel entleeren und kalt werden lassen muss. Thornycroft meint dagegen, dass sein Kessel wenig Erneuerungen erforderlich mache, weil er einen sehr vollkommenen Wasserumlauf

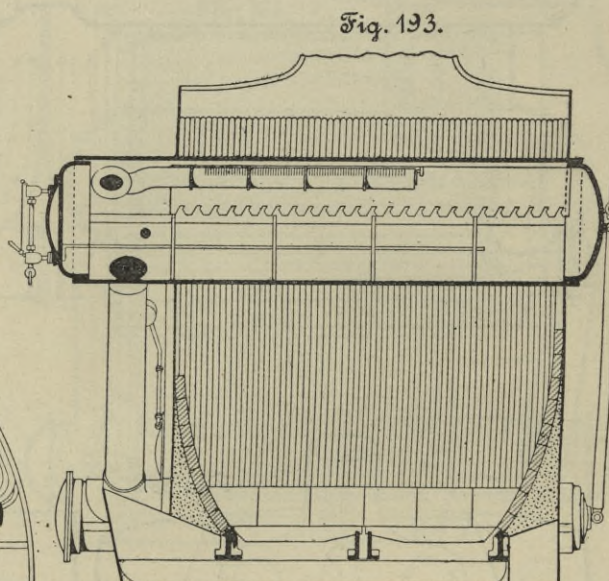


Fig. 193.

und eine sehr große Elastizität besitze, infolgedessen lecke Rohre selten seien. Die bisherige Erfahrung scheint seine Anschauung zu bestätigen, denn bislang sind einzelne Rohre nicht häufig leck geworden oder erglüht; dagegen ist beobachtet worden, dass bei knappen Wasserständen die obersten Teile der Rohre erglühen.

Mit einem Thornycroft-Kessel der hier beschriebenen Art hat Professor Kennedy einen Verdampfungsversuch ausgeführt und gefunden, dass bei natürlichem Zuge als bestes Ergebnis mit 1 kg Kohle (müsste wohl richtiger heißen: »reinem Brennstoff«), deren theoretische Verdampfungskraft laut Analyse auf 15,41 kg berechnet war, 13,4 kg Wasser von 100° C in Dampf von 100° C verwandelt werden konnten, wonach der Kessel einen Wirkungsgrad von 0,87 besessen hätte — eine ungewöhnlich hohe, nach den Erfahrungen mit den Kesseln des Torpedobootes »Cushing« wenig glaubhafte Zahl. Bei letzteren, von Loring, dem bekanntesten früheren Oberingenieur der nordamerikanischen Marine, angestellten Versuchen wurde im günstigsten Falle bei einer Verbrennung von 37 kg auf 1 qm Rostfläche nur eine 10,55fache Verdampfung bei 8,09 pCt Feuchtigkeitsgehalt des Dampfes erzielt, welche bei der größten Verbrennung von 324 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche auf eine 5,3fache hinunterging. Der zu diesen Versuchen benutzte Kessel enthielt 2 t Wasser auf 11 t Gesamtgewicht,

das Wasser betrug also zwischen $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{6}$ des Kesselgewichts. Bei forcierten Probefahrten sollen diese Kessel auf 1 t Kesselgewicht nach Thornycrofts Angaben 68 PS_i geleistet haben, was nach den weiter unten folgenden offiziellen Mitteilungen ganz außerordentlich hoch erscheinen muss. Dass sie sich in 15 bis 20 Minuten anheizen lassen, ohne zu der Befürchtung Anlass zu geben, dass durch das schnelle Anheizen die Rohre leck würden, habe ich selbst gesehen.

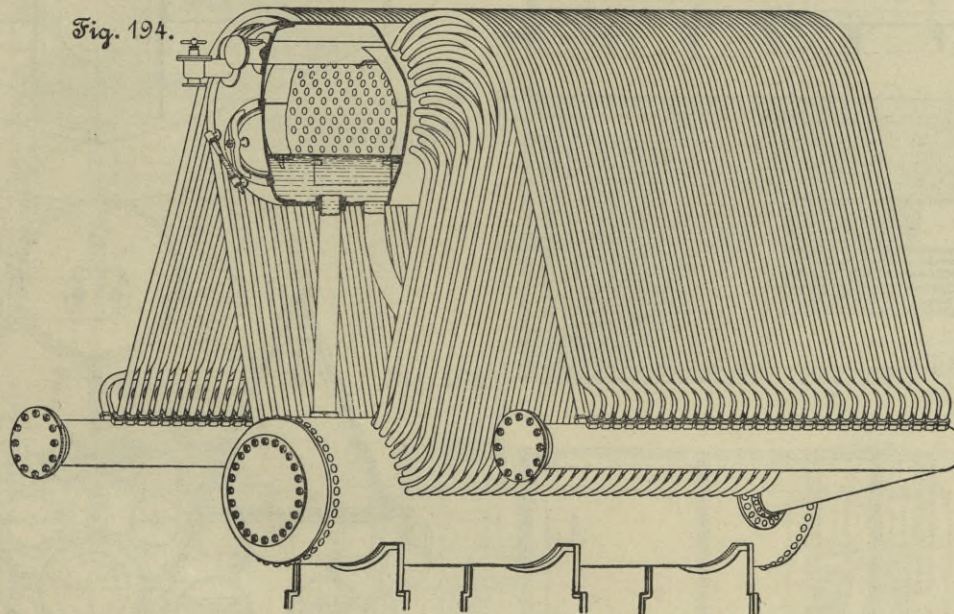
Solche Kessel haben inzwischen nicht nur Torpedoboote der englischen, spanischen, französischen und nordamerikanischen Marine, sondern auch grössere Schiffe, wie der englische Torpedokreuzer »Speedy«, der dänische Kreuzer »Geyser«, sowie das deutsche Panzerschiff »Aegir« erhalten. Nach diesen Bestellungen zu urteilen, müssen sich die Kessel zufriedenstellend verhalten haben. Ein besonders gutes Zeugnis hat ihnen die dänische Marineverwaltung über die Probefahrten des »Geyser« ausgestellt, trotzdem hier nur 39 PS_i mit 1 t Kesselgewicht geleistet wurden, während in »Speedy« nach Thornycrofts Angaben auf 1 t Kesselgewicht 52 PS_i geleistet sein sollen. Dagegen teilt Durston, der englische Chefingenieur, in einem vor den Civilingenieuren gehaltenen Vortrage¹⁾ mit, dass »Speedy« im Jahre 1893 mit 247 PS_i auf 1 qm Rostfläche 43,9 PS_i auf 1 t Kesselbetriebsgewicht erreicht hat, oder 8 PS_i weniger, als Thornycroft sagt. Auf »Geyser« wogen die Kessel mit Wasser 108,2 t, das Wasser allein 17,4 t oder etwa $\frac{1}{6}$ des Kesselgewichtes; es ergibt sich also ungefähr dasselbe Verhältnis wie bei den Niclausse-Kesseln.

rührung kommt, entzündet und gefährlich werden kann. Seitdem unterbleibt die innere Verzinkung wieder.

Bedenklicher als die inneren Anfrassungen der Rohre sind die durch den Gebrauch des Dampfstrahles beim Entfernen des Rufs entstehenden, viel schwieriger zu vermeidenden äusseren Abrostungen, welchen Thornycroft durch äusseres Verzinken der stählernen Rohre begegnen will. Nicht aller Rufs kann zwischen den Rohren durch das Dampfgebläse aus dem Schornstein entfernt werden, ein Teil wird stets nach unten fallen und bei der Aufserbetriebsetzung des Kessels in Verbindung mit der Feuchtigkeit des zwischen die Rohre geblasenen Dampfes, namentlich bei etwas schwefelhaltigen Kohlen, einen an den unteren Rohrfächen haftenden und sie stark angreifenden Niederschlag bilden.

Weiteren die Lebensdauer dieser Kessel beeinflussenden Uebelständen, wie der Fettsäurebildung, begegnet man durch Einschränkung der Cylinderschmierung, Einschaltung von Fettabsorbern in die Speiserohrleitung, durch Zinkschutzplatten, Sodazufuhr usw., wie man ja auch die das Durchbrennen von Rohren veranlassenden Niederschläge in ihrem Innern durch ausschliessliches Speisen mit destillirtem Wasser umgeht. Alle diese Schutz- und Vorsichtsmaassregeln stellen aber sehr hohe Anforderungen an die Umsicht und die Ausdauer des Bedienungspersonales.

Der neue Thornycroft-Kessel unterscheidet sich dadurch von seinem eben besprochenen Vorgänger, dass er statt zweier Unterkessel nur einen solchen besitzt, wie aus



Da es bekannt ist, dass die stählernen Rohre viel schneller rosten und leichter Anfrassungen erleiden als die älteren schmiedeisernen, so hat Thornycroft versucht, sie durch kupferne und messingene zu ersetzen. Beide Versuche, die auch besonders in der dänischen Marine vorgenommen wurden, sind wegen der geringen Festigkeit des Materiales bei hohen Temperaturen fehlgeschlagen, besonders weil sich die Rohre im oberen dampfführenden Teile leicht überhitzten. Darauf verzinkte Thornycroft die Stahlrohre innen, was ihm auch nach vielen Versuchen, indem er die Verzinkung vor dem Biegen ausführte, sehr gut gelungen ist. Nun hat sich aber inzwischen herausgestellt, dass diese über eine grosse Oberfläche verteilte dünne Zinkhaut durch die im Kesselwasser enthaltenen Säuren zersetzt wird; es entsteht während längerer Aufserbetriebstellungen Wasserstoffgas, welches sich, wenn unvorsichtigerweise eine offene Flamme damit in Be-

Fig. 194 bis 198 hervorgeht. In der Mitte zwischen Ober- und Unterkessel liegt eine Reihe von weiten S-förmig gebogenen Rohren, Fig. 195, welche die Stelle der früheren, ausserhalb der Kesselhülle sitzenden Fallrohre einnehmen. Um diese gruppieren sich zu beiden Seiten die vom Unterkessel zum Dampfraum des Oberkessels führenden Wasserrohre, dann folgt auf jeder Seite eine geräumige Verbrennungskammer mit einer sehr beträchtlichen Rostfläche. Die äussere Begrenzung des Kessels bildet je eine Reihe von dicht an einander gestellten Wasserrohren, deren untere Enden in Zickzackstellung in einem weiten U-förmig gebogenen Rohre eingedichtet sind, welches sich vom hinteren Ende des Unterkessels nach beiden Seiten abzweigt. Die oberen Enden dieser äusseren Wasserrohre münden ebenfalls in den Dampfraum des Oberkessels. Die Trennung des Dampfes von dem mitgerissenen Wasser besorgen jetzt kleine, vor den Rohrmündungen im Dampfraume sitzende Winkelbleche, Fig. 199 bis 201, welche so angeordnet sind, dass das hintere Blech immer vor dem Zwischenraum der beiden vorderen

¹⁾ Proceedings of the Institution of Civil Engineers 1895.

sitzt. Die äußere Kesselhülle besteht aus einer mit Asbestpappe belegten Stahlblechhaut. Die Heizgase treten durch die Zwischenräume des mittleren Rohrbündels unten ein, weil ihnen oben durch dichtes Aneinanderrücken der äußeren mittleren Rohrreihen der Weg versperrt ist. Aus der Mitte

können sie dann nach oben und hinten nach dem Schornstein hin entweichen.

Für die gleichmäßige Speisung der Kessel ist ein selbstthätiger Speisewasserregler vorgesehen, der in Fig. 202 bis 209 abgebildet und in 2 Formen, einer älteren und einer neueren, zur Ausführung gelangt ist. In beiden Fällen wird das Ge-

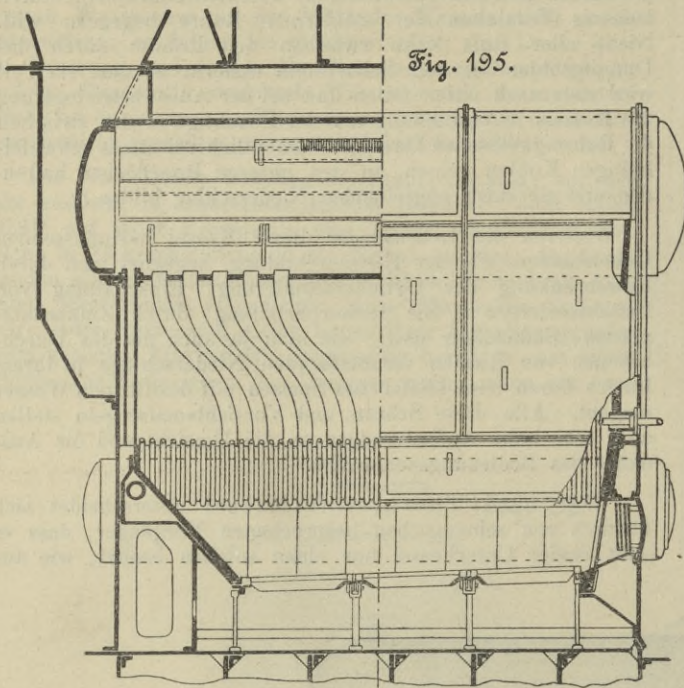


Fig. 195.

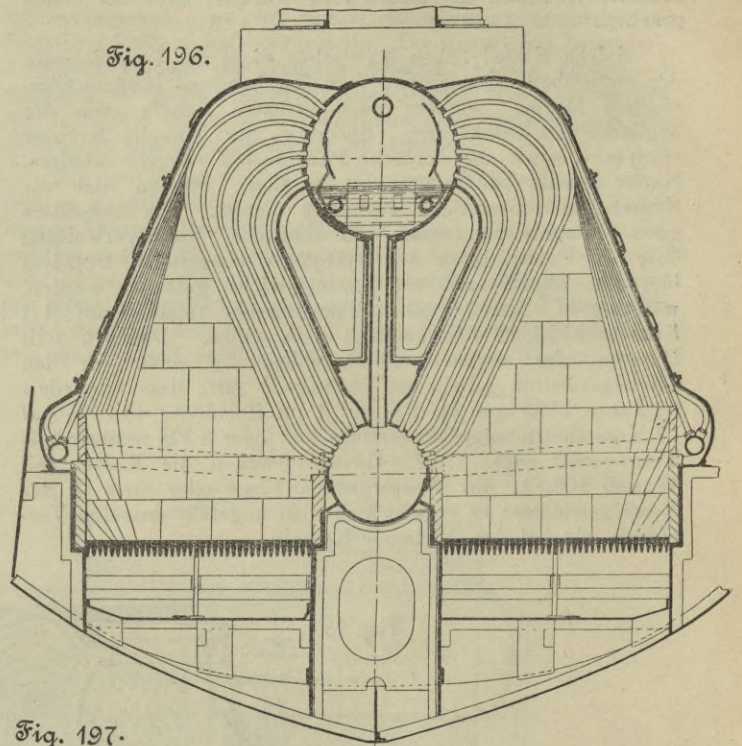


Fig. 196.

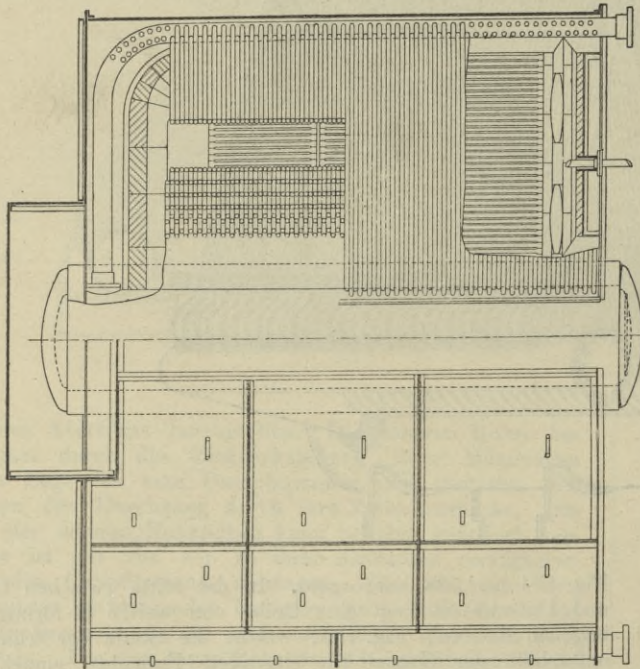


Fig. 199.

Fig. 197.

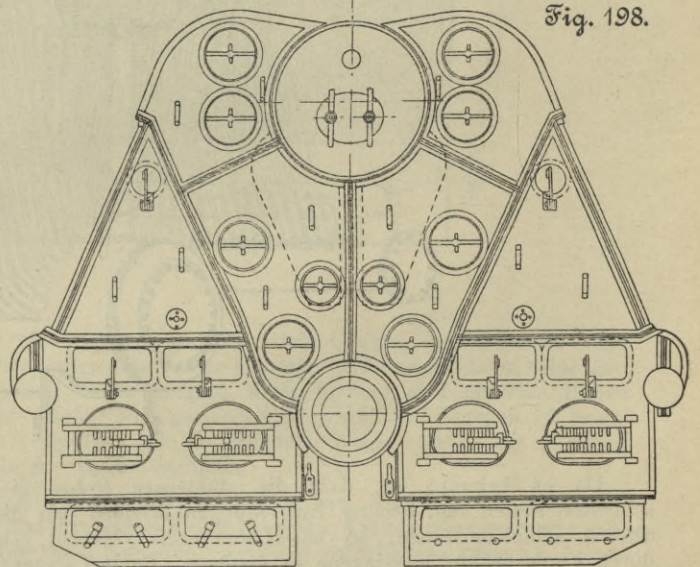


Fig. 198.

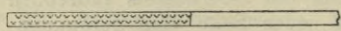


Fig. 200.

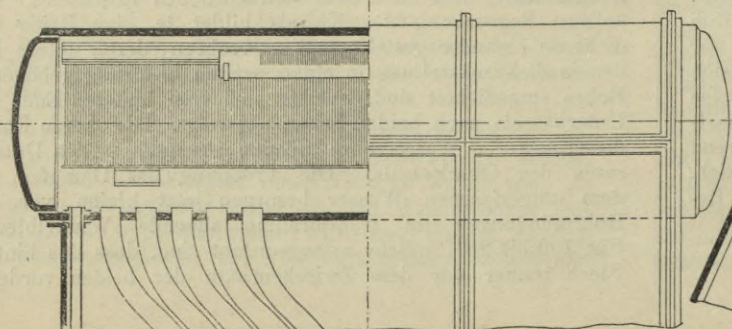
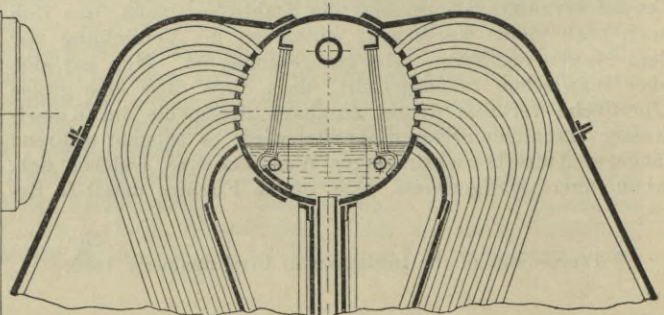
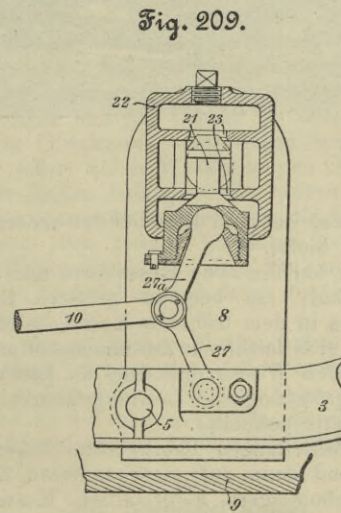
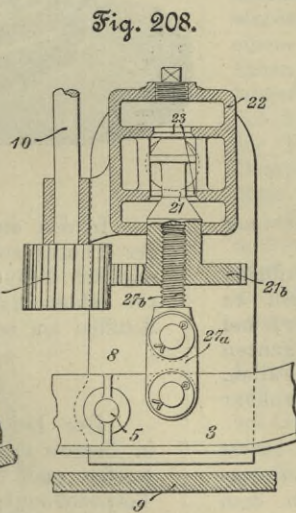
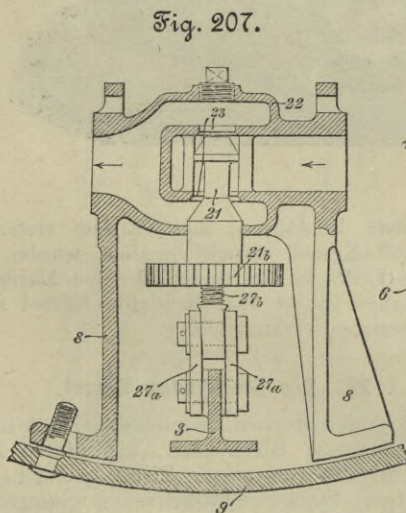
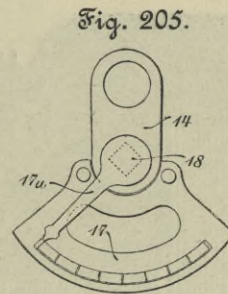
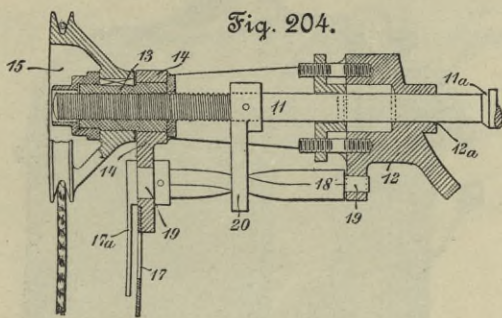
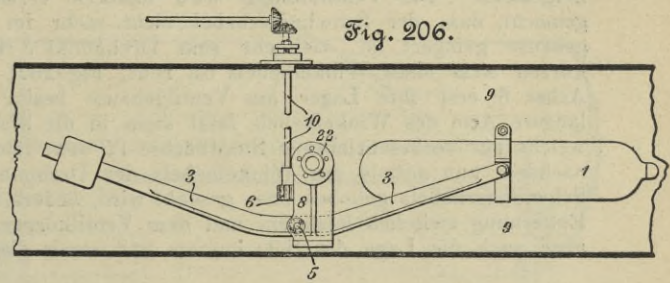
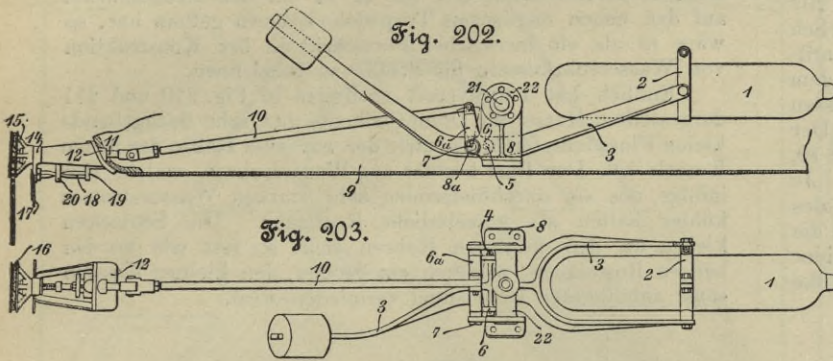


Fig. 201.



häuse 8 des Speisewasserzuflussventiles 22, Fig. 202 und 206, im Oberkessel befestigt. Dieses Ventil ist nach Fig. 207 und 208 ein Doppelsitzventil, dessen Spindel durch die Gelenke 27a mit dem Hebel 3 eines Schwimmers 1, Fig. 202 und 206, in Verbindung steht, welcher es nach dem jeweiligen Wasserstande zu öffnen oder zu schließen hat. Ist der Wasserstand gesunken, so muss in der Zeiteinheit bei forcirtem Betriebe sehr viel mehr Wasser in den Kessel gelangen, um die normale Höhe wieder herzustellen, als wenn der Kessel geschont wird, die Dampfentnahme also geringer ist. Um daher den Wasserstand stets auf derselben Höhe

an den Ventilkörper gegossenen Zahnkranz 21b, Fig. 207 und 208, der in seinem Innern Muttergewinde trägt, worin sich die Spindel 27b verschraubt, welche die Verbindung des Ventilkörpers mit dem Schwimmerhebel herstellt. In den Zahnkranz 21b greift das kleine Triebrad 6, das von aufsen mittels konischer Räder usw. in Betrieb gesetzt werden kann, wie aus Fig. 206 zu ersehen ist. Ganz dasselbe lässt sich mittels eines zwischen Ventilkörper und Schwimmerhebel eingeschalteten Kniehebels nach Fig. 209 erreichen. Die den Kniehebel bethätigende Stange 10 geht direkt zu der in Fig. 202 gezeichneten Stopfbüchse 12, mit



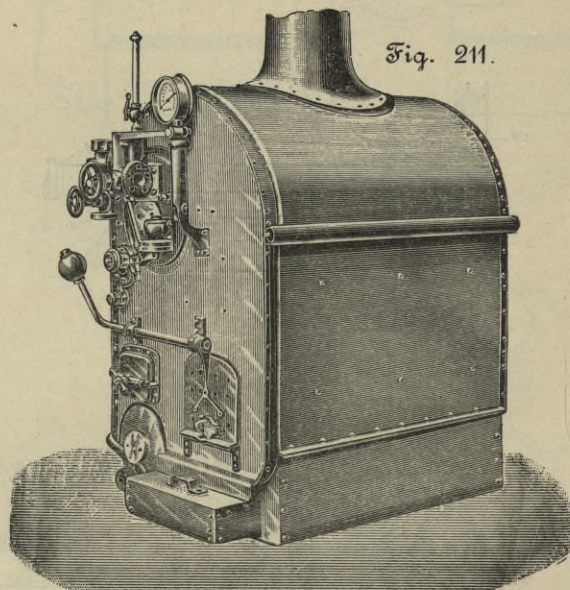
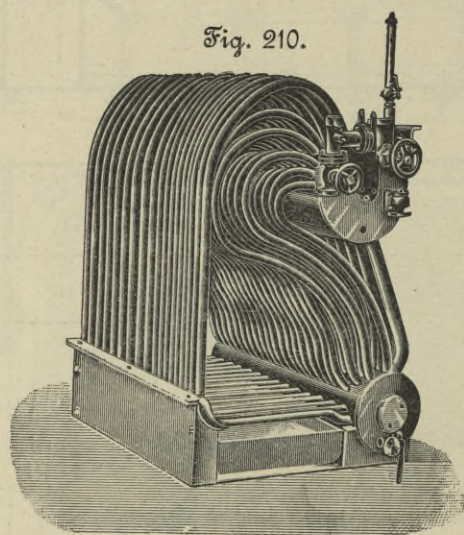
zu halten, muss das Ventil bei gleichem Sinken des Schwimmers mehr öffnen, wenn forcirt gefahren wird, und weniger, wenn die Maschine langsamer geht. Zu diesem Zwecke ist die Entfernung des Ventilkörpers vom Schwimmerhebel verstellbar gemacht; ist sie kürzer, so öffnet das Ventil bei derselben Schwimmerstellung mehr, als wenn sie länger ist. Die höchst einfache Stellvorrichtung besteht nun in einem

deren Spindel 11 sie in geeigneter Weise verbunden ist. Die Spindel 11 ist mit Gewinde versehen, Fig. 204, womit sie sich in einer unverschiebbaren Mutter 13, die durch eine aufgekeilte Schnurscheibe 15 oder sonstwie gedreht werden kann, verstellen lässt. Damit die Stopfbüchse auch während des Betriebes verpackt werden kann, hat die Spindel 11 im Innern des Kessels den kegelförmigen Ansatz 11a, dem eine ent-

sprechende Fläche 12a an der Stopfbüchse entspricht, sodass sie sich anziehen und ventilartig dichten lässt. Auf der Spindel 11 sitzt der Arm 20, welcher über die schraubenartig verdrehte vierkantige Stange 18 greift, diese beim Verschieben dreht und damit den Zeiger 17a in Bewegung setzt, der an einer Skala, Fig. 205, eine bestimmte Entfernung zwischen Ventilhebel und Schwimmerhebel einzustellen gestattet. Bei diesem neueren Thornycroftschen Speisewasser-Automaten ruht der Schwimmerhebel nach Fig. 207 bis 209 auf der im Ventilgehäuse gelagerten Achse 5. Bei der älteren Einrichtung, Fig. 202 und 203, fehlt die Schraubenspindel in Fig. 208 bzw. der Kniehebel in Fig. 209, die Verbindung zwischen Ventilkörper und Schwimmerhebel ist unveränderlich und wird durch Gelenke wie 27a in Fig. 207 hergestellt. Die Ventilöffnung wird dadurch veränderlich gemacht, dass der Schwimmerhebel nicht mehr im Ventilgehäuse gelagert ist, vielmehr sein Drehpunkt 5 in dem kurzen Arm eines Winkelhebels 6a ruht, Fig. 202, dessen Achse 6 erst ihre Lager am Ventilgehäuse besitzt. Der längere Arm des Winkelhebels fasst dann in die Stange 10, welche zur vorbeschriebenen Stopfbüchse 12 usw. führt. Je nachdem nun mittels des Winkelhebels der Drehpunkt des Schwimmerhebels gehoben oder gesenkt wird, ändert sich die Entfernung zwischen letzterem und dem Ventilkörper, leider aber auch die Lage des Schwimmers und somit die Höhe

Schornsteine und der gesamten Heizraumeinrichtung zugefügt werden muss. Die mittlere Leistungsfähigkeit dieser neuen Thornycroft-Kessel bei forcirtem dreistündigem Betriebe wird daher höchstens 80 PS_i für 1 t Kesselgewicht betragen, wonach sie die bisherigen besten Lokomotivkessel mit etwa 30 PS_i für 1 t Kesselgewicht schlagen. Es muss hier aber gleich angeführt werden, dass die vorstehend über die älteren Thornycroftschen Wasserrohrkessel geäußerten Bedenken bezüglich ihrer Zugänglichkeit, Reinigung und Unterhaltung auch für diese neuen Kessel uneingeschränkt bestehen bleiben. Dessen ungeachtet steht aber fest, dass der Thornycroft-Kessel für die Erreichung glänzender Probefahrtergebnisse ganz besonders geeignet ist; sollte er sich im späteren Betriebe ebenso bewähren, wie er es bei den Probefahrten auf den neuen englischen Torpedobootjägern gethan hat, so wäre er als ein merklicher Fortschritt in der Konstruktion von Wasserrohrkesseln für Schiffe zu bezeichnen.

Endlich hat Thornycroft noch den in Fig. 210 und 211 dargestellten Kessel für Dampfboote und sehr flachgehende kleine Flusstdampfer konstruirt, der nur eine Hälfte des neuen Kessels ist. Der Rost besteht aus Wasserrohren, welche sich infolge des sie durchfließenden sehr starken Wasserstromes kühler halten als gewöhnliche Roststäbe. Die Schlacken kleben an den kühleren Rohren nicht so fest wie an den heißen Roststäben, wodurch ein großer, den kleinen Kesseln sonst anhaftender Uebelstand vermieden wird.



des Wasserstandes, während diese bei der neueren Einrichtung völlig unberührt bleibt.

Thornycroft hat die neue Kesselform aus zwei Gründen konstruirt: einmal, um bequem größere Rostflächen zu schaffen, als dies in dem früheren Kessel möglich war, und dann, um einen sich leicht zur Zusammenstellung von ganzen Batterien eignenden Wasserrohrkessel zu besitzen in Fällen, wo es auf die größtmögliche Leistungsfähigkeit bei denkbar kleinstem Gewichte ankommt.

Nach den Mitteilungen Thornycrofts haben diese zuerst auf »Daring« und dann auf einer weiteren Zahl von englischen Torpedobootjägern aufgestellten Kessel nach dem Einbau des Speisewasserreglers gut und ohne überzukochen gearbeitet. Bei einem Gesamtkesselgewichte, einschließlichs Wassers, jedoch ohne Schornsteine, von 48,5 t leisteten sie bei der forcirten Probefahrt 4409 PS_i, wonach auf 1 t Kesselgewicht 91 PS_i entfallen. Auf dem Schwesterschiffe »Decoy«, wo die Maschinen es nur auf 4049 PS_i brachten, sinkt diese Zahl auf 83 PS_i. Um aber mit anderen, das ganze Kesselbetriebsgewicht enthaltenden Ziffern vergleichbar zu sein, müssen die beiden genannten Werte noch etwas vermindert werden, weil dem angegebenen Kesselgewicht noch das der

In den etwa 10 Jahren, die seit dem ersten Auftreten der Thornycroft-Kessel verstrichen sind, wurden davon für reichlich 200000 PS_i in den verschiedensten Marinen gebaut; sie zählen daher nächst dem Belleville-Kessel zu den auf Schiffen am meisten verbreiteten.

29) Der Blechynden-Kessel.

Der Leiter der Barrow Shipbuilding & Armament Co in Barrow-in-Furness, Blechynden, hat diesen Kessel entworfen und für die von seiner Firma gebauten englischen Torpedobootjäger »Skate«, »Starfish« und »Sturgeon« benutzt, von denen »Starfish« mit 4000 PS_i, 27,97 Knoten erreicht hat. Wie die Fig. 212 und 213 zeigen, hat der Kessel die meiste Aehnlichkeit mit dem später noch zu besprechenden Yarrow-Kessel. Seine Rohre sind indessen nicht gerade, sondern leicht gekrümmt und so eingesetzt, dass sie sich, wie Fig. 214 erkennen lässt, durch die ihren Mündungen im Oberkessel gegenüberliegenden bronzenen Verschlüsse und durch entsprechende Klappen in der Kesselbekleidung entfernen lassen. Man braucht daher, um irgend ein Rohr in der Mitte auszuwechseln, nicht mehr sämtliche davor oder dahinter

liegende Rohre derselben Reihe zu entfernen, und das nimmt Blechynden als den größten Vorzug seines Kessels in Anspruch. Die Rohre sind an den Enden nur aufgewalzt und derartig angeordnet, dass am ganzen Kessel nur zwei verschiedene Rohrkrümmungen vorkommen, was die Mitnahme von Reserverohren sehr erleichtert. Sie sind ferner so gestellt, dass nirgends größere Zwischenräume als 13 mm zwischen ihnen entstehen, und außerdem überdecken sie sich

und liefert in der Stunde reichlich so viel Dampf, wie sein eigenes Gewicht beträgt. Mehrere in den englischen Torpedobootjägern zu einer Gruppe vereinigte Kessel leisteten 80 PS₁ auf 1 t Kesselgewicht und stehen damit auf derselben Höhe wie die besten Kessel dieser Art. Bei den Versuchen des Dampfaufmachens ist innerhalb 20 Minuten Wasser von 15° C in Dampf von 200° C verwandelt worden. Blechynden rät aber selbst, mit der Zeit des Dampfaufmachens nicht unter

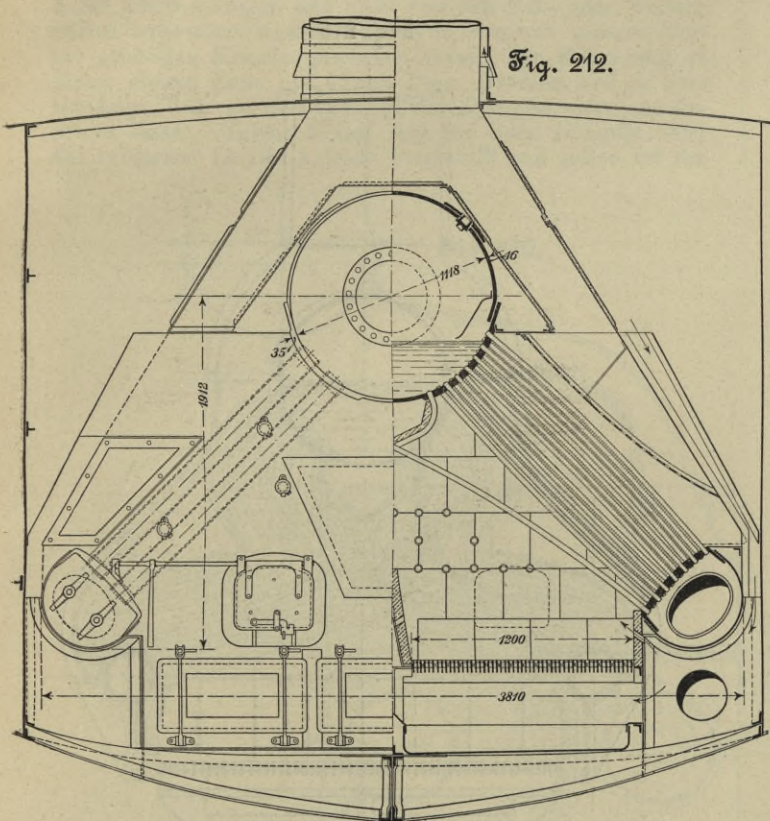


Fig. 212.

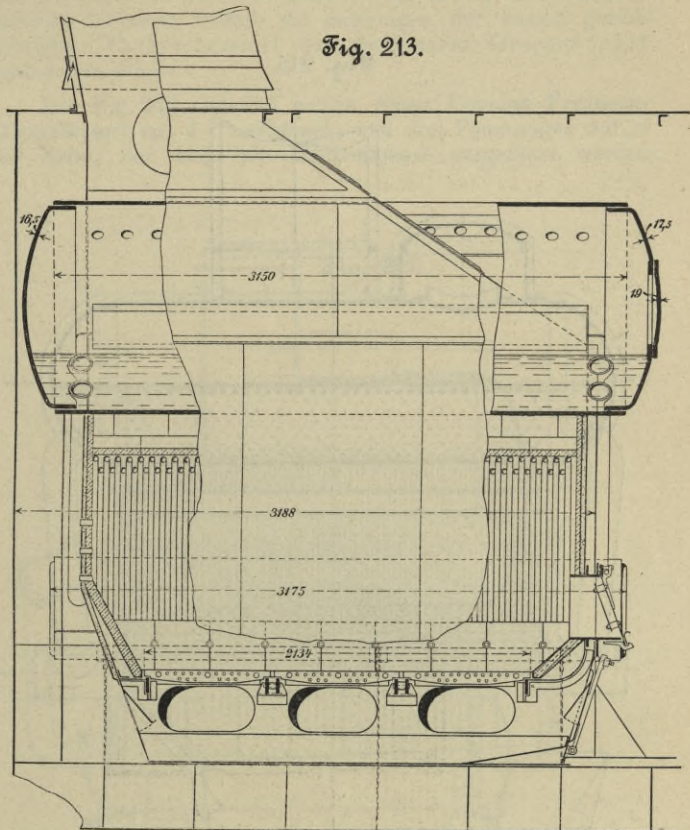


Fig. 213.

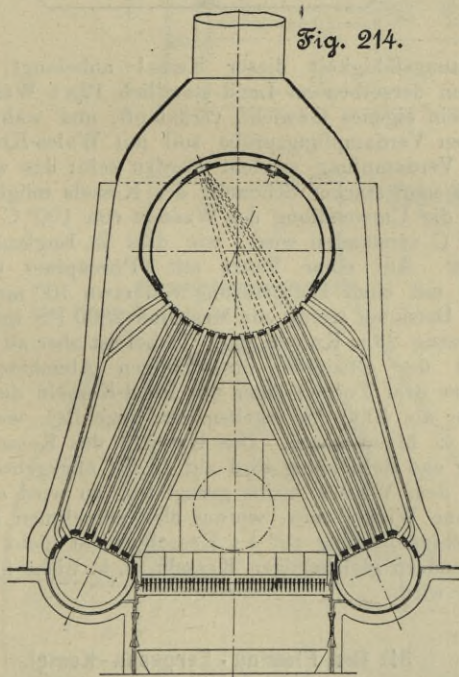


Fig. 214.

infolge ihrer Zickzackstellung derartig, dass es trotz der großen Zugquerschnitte selbst beim stärksten Forciren nicht möglich ist, dass Funken entweichen. Infolge der geringen Biegung der Rohre ist ihre Reinigung durch Bürsten und Kratzer sowohl von innen wie von außen möglich.

Der Kessel wiegt etwa 53 bis 68 kg auf 1 qm Heizfläche

eine Stunde hinab zu gehen. Außerdem sind diese Kessel stundenlang mit Pressluft von 140 mm Wassersäule forcirt worden, ohne die geringsten Anstände aufzuweisen. Auch einem Versuch bezüglich ihrer Unempfindlichkeit gegen plötzlichen Temperaturwechsel sind sie nach einem solchen stundenlangen Forciren unterworfen worden, indem das Feuer plötzlich herausgezogen und das Wasser bis unter die Mündungen der Rohre im Oberkessel ausgeblasen wurde, worauf die Dampfpumpe sofort kaltes Wasser in den Oberkessel speiste, ohne dass die Rohre leck geworden wären.

Bei Aufserdienststellungen werden die Kessel am zweckmäßigsten nach dem nassen Verfahren aufbewahrt, indem man sie mit Kalkwasser füllt; denn sie sind so gebaut, dass die Bildung von Luftsäcken und damit die Gefahr des Rostens ausgeschlossen ist.

Außer in der englischen Marine haben die Blechynden-Kessel neuerdings auch in der italienischen Marine Eingang gefunden, für welche das Stabilimento Odero in Sestri Ponente bei Genua, wie mir bei meinem dortigen Besuche gesagt wurde, einen Torpedobootjäger von 28 Knoten Geschwindigkeit damit ausrüstet.

30) Der Reed-Kessel.

Der in Fig. 215 und 216 abgebildete Reed-Kessel¹⁾ ist von Palmers Shipbuilding Co. in Yarrow für die englischen Torpedobootjäger »Janus«, »Porcupine« und »Lightning« verwendet worden, von denen das letztgenannte Fahrzeug statt 27 Knoten in der dreistündigen forcirten Probefahrt durchschnittlich 27,944 Knoten lief. Wie Normand und Blechynden verwendet auch Reed für jeden Kessel 4 weite Fallrohre, je

¹⁾ The Engineer 1896 I S. 172.

2 vorn und hinten zwischen Dampfsammler und Unterkessel. Eigentümlich ist diesem Kessel die in Fig. 219 gezeichnete Befestigungsart der Rohre, sowie deren in Fig. 217 und 218 wiedergegebene Biegung in der innersten Reihe. Die Rohre haben in den Löchern der Rohrwände etwas Spielraum, werden außen durch einen mit einem Sechskant versehenen halbkugelförmigen auf das Rohr geschraubten Bund gedichtet und innen durch eine Mutter fest-

liegenden, die Pressluft abschließenden Türen derartig verbunden sind, dass die eine geöffnet ist, während die andere abschließt, und umgekehrt.

Die Kessel werden je durch eine besondere Dampfpumpe gespeist und besitzen außerdem noch selbstthätige Speiswasserregler von Reed. In ihrem Dom befindet sich ein mechanisch wirkender Wasserabscheider, sodass sie selbst bei größter Forcierung nicht überkochen sollen. Was

Fig. 215.

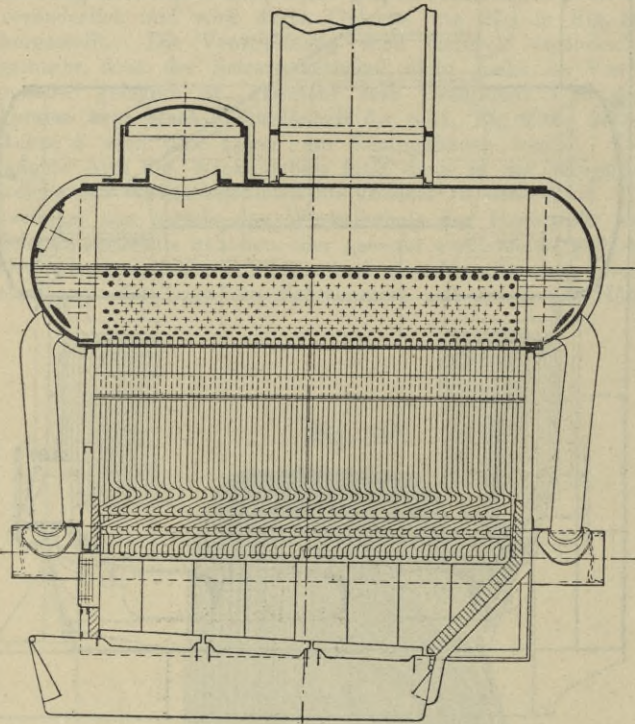


Fig. 216.

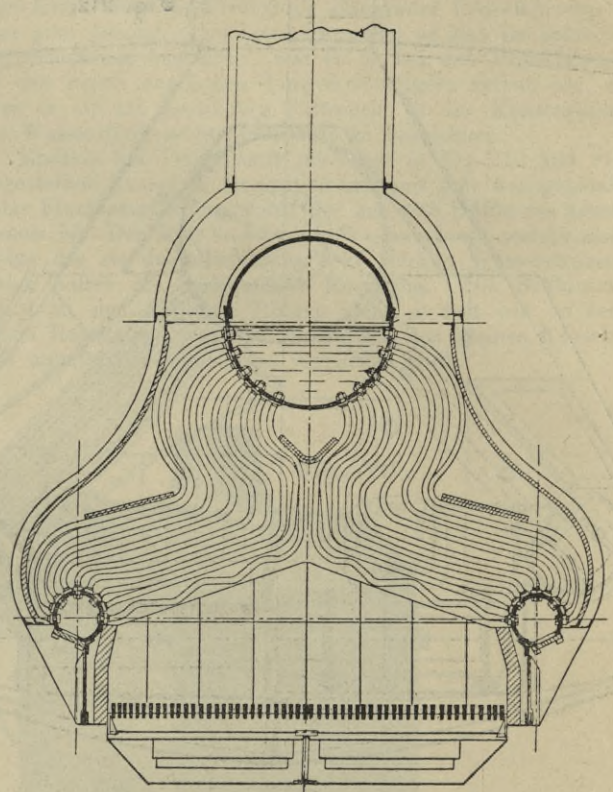


Fig. 217.



Fig. 219.

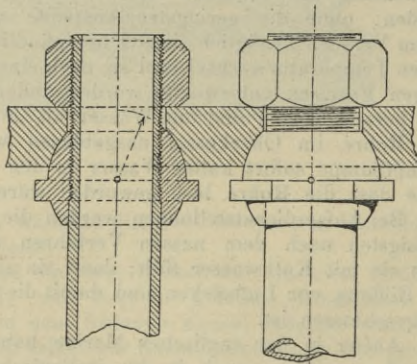
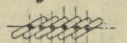


Fig. 218.



gehalten. Diese Rohrdichtung hat sich in den genannten 3 Fahrzeugen mit mehr als 30000 solcher Befestigungen und bei Forcierungen bis zu 140 mm Wassersäule während der Probefahrten gut gehalten, insofern als keine Leckagen vorgekommen sind. Auf den Rohren liegen die drei in Fig. 216 angedeuteten Trennungplatten für die Verteilung der aufsteigenden Heizgase. Die Kesselhülle besteht aus einem doppelten Stahlblech mit einer dazwischenliegenden Luftschicht. Das innere Blech ist mit Asbestpappe belegt. Bei den forcierten Fahrten soll diese Bekleidung die Wärme so gut zurückgehalten haben, dass man noch bequem die Hand gegen das äußere Blech halten konnte. Der untere Teil der Hülle in der Nähe des Rostes ist mit feuerfesten Steinen belegt. Die Feuerung besitzt 3 Türen, die mit den im Aschfall

die Leistungsfähigkeit dieser Kessel anbelangt, so sind mit einem derselben an Land stündlich 12,6 t Wasser, also nahezu sein eigenes Gewicht, verdampft, und während einer 6stündigen Verdampfungsprobe soll mit Wales-Kohlen eine 12fache Verdampfung erreicht worden sein; das wäre allerdings bei sehr starker Schonung des Kessels möglich, wenn darunter die Umwandlung des Wassers von 100° C in Dampf von 100° C verstanden wird, wie dies in England meistens üblich ist. Auf einer Fahrt mit »Porcupine« waren nur 2 Kessel mit einer Luftpressung von etwa 100 mm Wassersäule im Betriebe, womit die Maschine 2800 PS indizierte und das Fahrzeug 23,79 Knoten lief. Dabei ist aber zu bemerken, dass bei der offiziellen dreistündigen Abnahmeprobefahrt keiner der drei Torpedojäger mit Reed-Kesseln durchschnittlich mehr als 4000 PS_i ergeben hat, angeblich, weil die Maschinen zu klein waren. Das Gewicht des Kessels einschl. Garnitur und Bekleidung wird auf 13,25 t angegeben; da hierbei von dem Wasser nichts gesagt ist, so wird es das Gewicht ohne Wasser sein, woraus sich entnehmen lässt, dass die Maschinenleistung auf 1 t Kesselgewicht nicht größer ist als bei andern gleichartigen Kesseln, d. h. nicht über 80 PS_i betragen wird.

31) Der Fleming - Ferguson - Kessel.

Während die sämtlichen bisher besprochenen Kessel dieser Gruppe nur für Torpedofahrzeuge bestimmt waren, haben sich Fleming & Ferguson¹⁾ in Paisley die Aufgabe

¹⁾ Transactions of the Institution of Naval Architects 1894 S. 297.

gestellt, in dem in Fig. 220 und 221 dargestellten Kessel eine für Handelsdampfer brauchbare Konstruktion zu liefern. Der Oberkessel hat denn auch, um bequem befahrbar zu sein, 1,329 m und die Unterkessel 0,914 m Dmr. erhalten. Die Wasserrohre, aus Eisen und überlappt geschweißt, besitzen 63,5 mm lichte Weite; sie sind in den Rohrwänden aufgeweitet und darauf noch umgebörtelt. Aus dem Oberkessel führt ein sich gabelndes Fallrohr zu jedem Unterkessel. Die 3 Kesselcylinder sind so in die Kesselhülle eingebaut, dass sie von dieser allein getragen und nicht von den Fall- oder Wasserrohren unterstützt werden, wie es in manchen anderen hierher gehörigen Kesseln geschehen muss. Die Rohre sind an ihrem oberen Ende auf 65 mm Dmr. erweitert und so kurz bemessen, dass sie sich sämtlich vom Dampfsammler aus einsetzen lassen. Solche Kessel sind für einen Dampfer unter des britischen Lloyds Aufsicht hergestellt und sollen bei der

Erprobung an Land gute Verdampfungsergebnisse geliefert haben. Ein derartiger, mit 15,5 kg/qcm Ueberdruck arbeitender Kessel von 4,64 qm Rost- und 134,7 qm Heizfläche wog mit Wasser und Garnitur, aber ohne Schornstein, 30 t, oder auf 1 qm Rostfläche 6,46 t, d. h. nahe zu doppelt so viel wie die ähnlich gebauten Torpedobootkessel mit engeren Rohren und sehr viel kleineren Wasserräumen. Die Leistung dieses Kessels ist leider nicht angegeben, aber sie lässt sich nach den vorstehenden Daten zwischen 30 bis 40 PS_i auf 1 t Kesselgewicht schätzen, sodass sie denjenigen der besten geradrohrigen Wasserrohrkessel der drei ersten Gruppen nicht nachstehen dürfte.

Die Fig. 222 und 223 zeigen einen Fleming-Ferguson-Doppelkessel mit 4 Unterkesseln und drei Feuerungen auf je der Seite, der auch als Einfachkessel ausgeführt werden

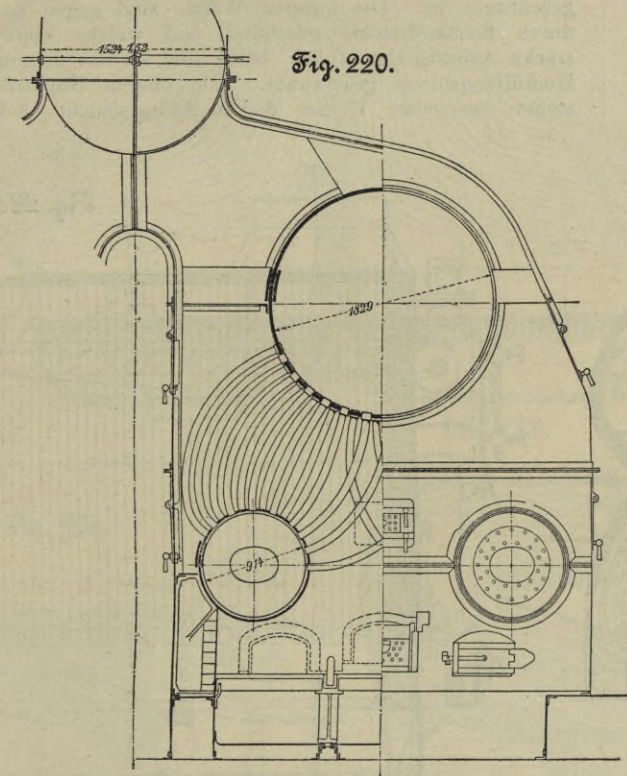


Fig. 220.

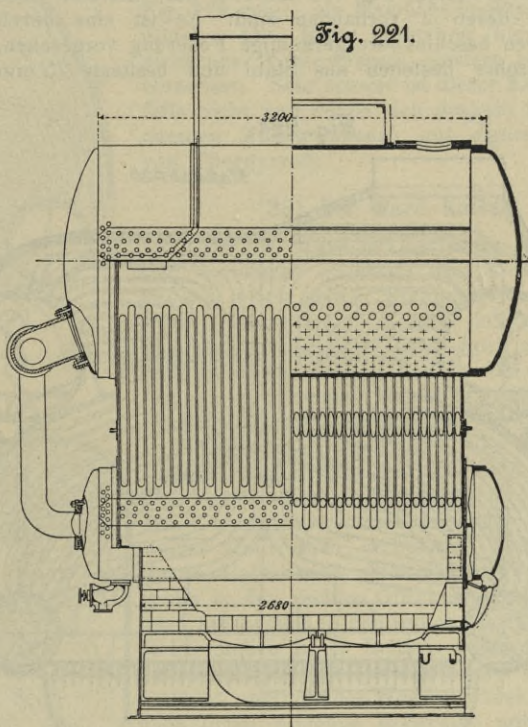


Fig. 221.

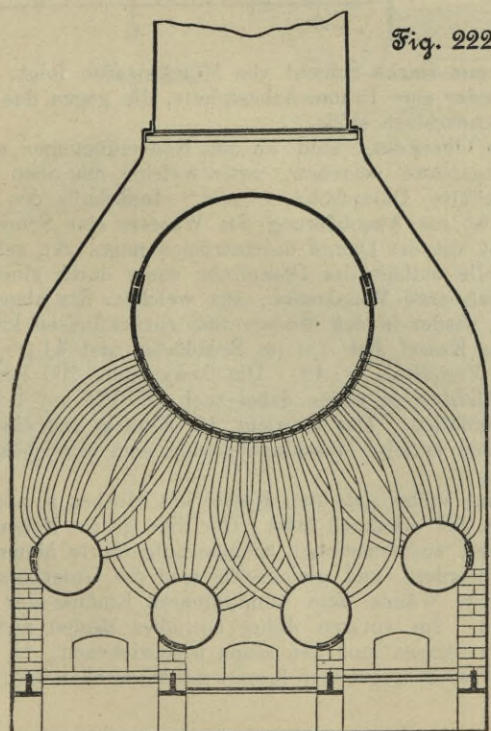


Fig. 222.

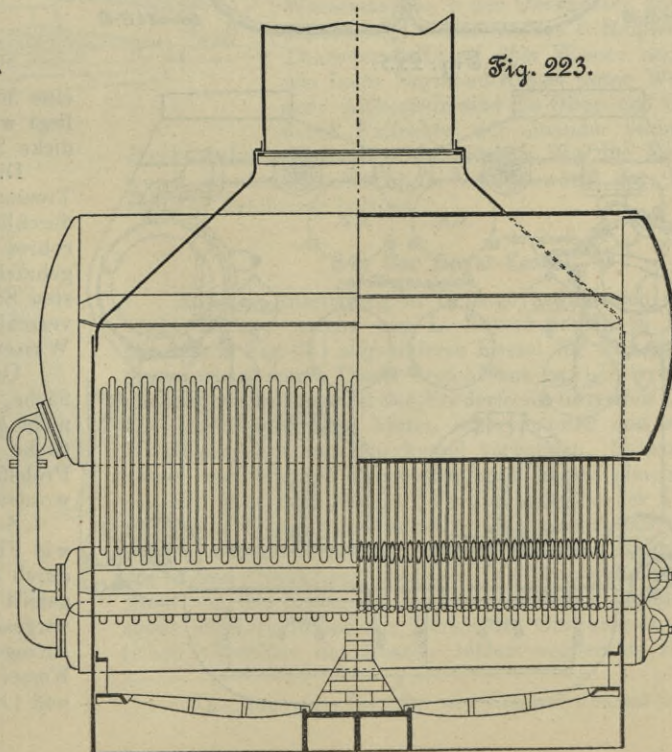


Fig. 223.

kann. Die Erbauer empfehlen ihn für grössere Handelsdampfer, auf denen Raum erspart werden soll. In diesem Kessel haben die Heizgase einen längeren Weg zwischen den Rohren zurückzulegen als in dem vorbesprochenen Kessel mit 2 Unterkesseln, weswegen eine noch bessere Ausnutzung des Brennstoffes zu erwarten steht. Der vorliegende Kessel arbeitet mit 17,5 kg/qcm Ueberdruck; er besitzt 15,3 qm Rostfläche und 464,5 qm Heizfläche, Verhältnis 1:30, und wiegt 110 t oder fast 7 t auf 1 qm Rostfläche, d. h. nicht viel weniger als ein schottischer Kessel. Es erscheint daher auch fraglich, ob sich solche Kessel in der Handelsmarine einbürgern werden.

32) Der Mosher-Kessel.

Den in Fig. 224 bis 226 dargestellten Kessel hat C. D. Mosher in New York für die Torpedoboote III. Klasse der Marine der Vereinigten Staaten von Nordamerika gebaut; er gleicht dem von Thornycroft für das spanische Torpedoboot »Ariete« erbauten, Fig. 192 und 193, nur dass statt eines Oberkessels deren 2 vorhanden sind. Es ist eine durch 2 Feuerthüren beschickbare geräumige Feuerung vorgesehen. Die Wasserrohre bestehen aus Stahl und besitzen 25 mm

äußeren Dmr. bei 1,8 mm Wandstärke. An der Vorderwand befinden sich die beiden hier 100 mm weiten Fallrohre. Die Oberkessel sind in der Längsrichtung aus zwei Blechen zusammengenietet. Das die Rohrwand bildende Blech ist 9,5 mm, das andere 4,7 mm dick. Die Bleche sollen eine Festigkeit von 9300 kg/qcm bei einer entsprechenden Dehnung besitzen. Die Unterkessel werden durch je ein Stahlrohr von 210 mm innerem Dmr. gebildet; ihr vorderer Boden ist eingeschweisft, der hintere eingietet. Die oberen und die unteren Cylinder sowie die beiden oberen Cylinder unter sich sind hinten durch je einen Anker von 22 mm im Geviert gegenseitig abgesteift.

Die Bekleidung des Kessels ist dadurch hergestellt, dass auf die äußeren Rohrreihen an den Seiten und an der Decke eine 13 mm dicke Asbestschicht und darauf eine ebenso starke Filzschicht gelegt ist, worüber ein 0,5 mm dickes Blech geschraubt ist. Die unteren Wände sind gegen das Feuer durch Schamottsteine geschützt, auf welche eine 13 mm starke Asbestschicht folgt; beide sind an das 2,5 mm starke Umhüllungsblech geschraubt. Die oberen Stirnwände bestehen aus einer 13 mm dicken Asbestschicht, auf welche

Fig. 224.

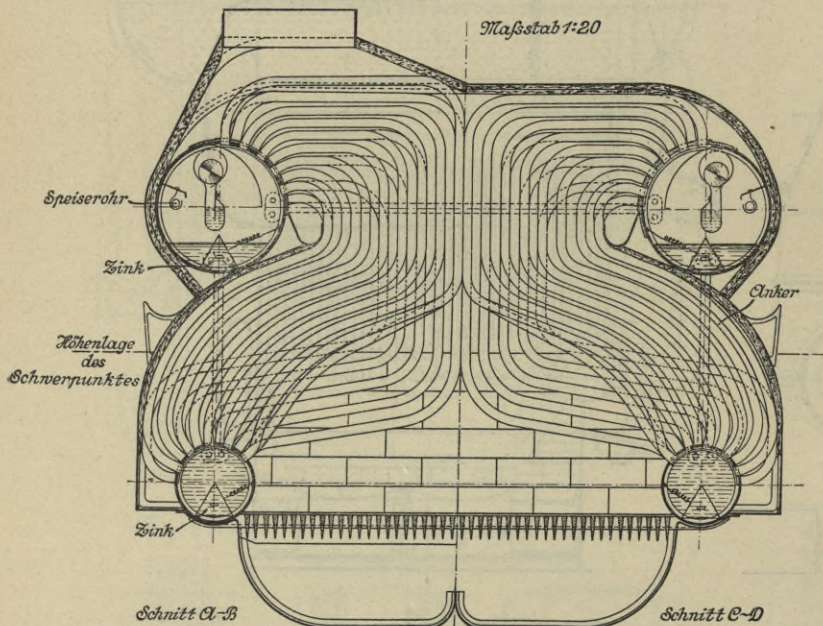


Fig. 225.

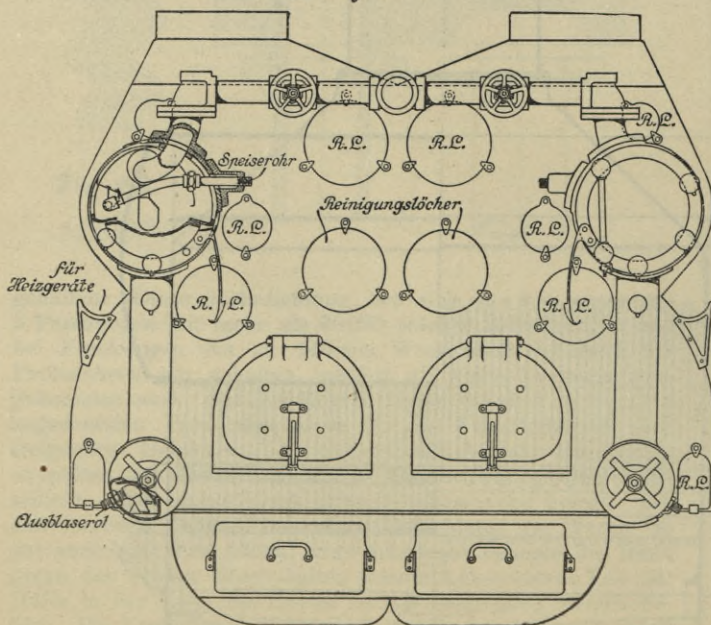
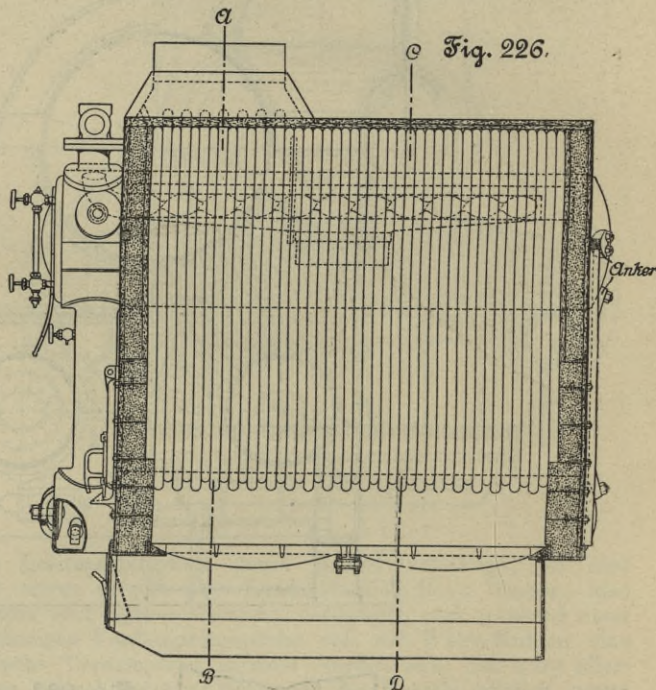


Fig. 226.



eine 50 mm starke Schicht von Magnesiaerde folgt; darüber liegt wieder eine 13 mm-Asbestplatte, die gegen das 1,25 mm dicke Schutzblech stößt.

Die Oberkessel sind an den Rohrmündungen mit einer Trennungsplatte versehen, unter welcher das oben siebartig durchlöchernde Dampfrohr mündet. Innerhalb des Dampfrohres ist zur Absonderung des Wassers eine Schnecke angebracht, die der Dampf durchströmen muss. An seiner tiefsten Stelle enthält das Dampfrohr einen durch eine Klappe verschließbaren Wassersack, aus welchem das abgesonderte Wasser wieder in den Wasserraum zurückfließen kann.

Der Kessel hat 1,11 qm Rostfläche und 44,59 qm Heizfläche, Verhältnis 1:40. Die erwarteten 200 PS_i hat er nicht geleistet; es wären dabei auch 180 PS_i auf 1 qm Rostfläche entfallen. Das Gewicht des Kessels und die bei der Probefahrt erzielte Maschinenleistung sind nicht bekannt geworden.

Seine später gebauten Kessel hat Mosher so abgeändert, wie Fig. 227 erkennen lässt. Der eine große Feuerraum ist durch eine aus feuerfesten Steinen aufgeführte Mauer in zwei geteilt worden, und gleichzeitig sind die Unterkessel durch vorgesetzte Wände dem unmittelbaren Einfluss der Flamme entzogen. Im vorigen Jahre hat aber Mosher auch diesen Kessel verlassen und den schon beschriebenen, in Fig. 118 und 119 wiedergegebenen Kessel mit Wasserkammern zur An-

wendung gebracht, und neuerdings ist ihm der Kessel Fig. 228 in Deutschland patentirt worden. Der Oberkessel *a* desselben ist mit einem oder mehreren Unterkesseln *b* durch die geraden Wasserrohre *c* verbunden, welche sich wie

Fig. 227.

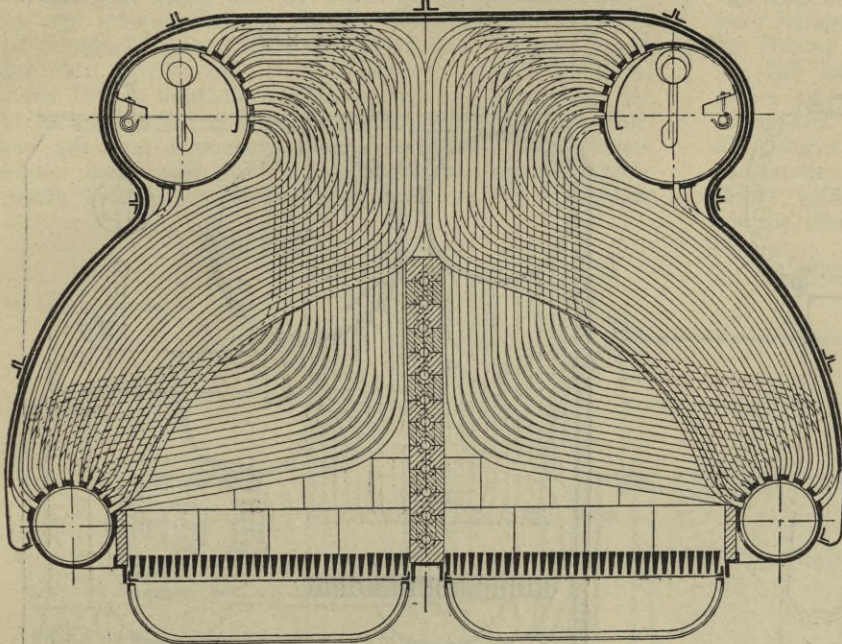


Fig. 229.

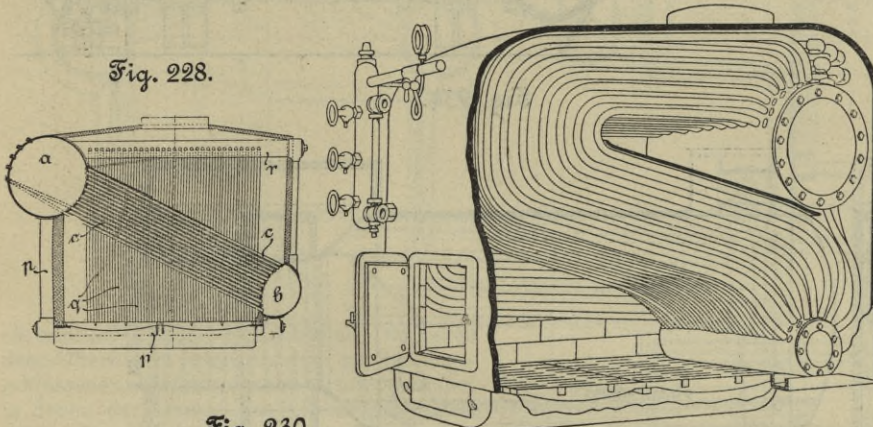
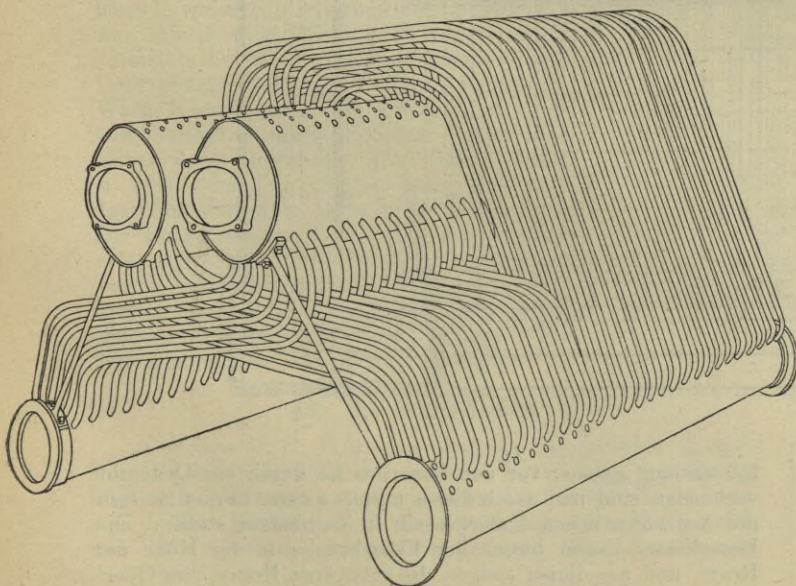


Fig. 230.



beim Blechynden-Kessel durch ihren Mündungen gegenüberliegende Verschlüsse im Oberkessel einzeln entfernen lassen. Die aus dem Oberkessel kommenden Fallrohre *p* gehen nicht unmittelbar, sondern mittels eines anschließenden wagerechten Rohres in den Unterkessel. Parallel zu diesem Rohr ist ein oberes in den Oberkessel führendes Rohr *r* vorgesehen, und zwischen beiden sind die Wasserrohre *q* angeordnet. Diese letzteren bilden den seitlichen Abschluss des Feuerraumes; sie verhindern die Wärmestrahlung und vergrößern gleichzeitig die Heizfläche. Welche Ergebnisse mit diesem neuesten Mosher-Kessel bisher erzielt, ja ob überhaupt schon derartige Kessel im Betriebe sind, habe ich nicht feststellen können.

Nach dem Vorgange Thornycrofts, Fig. 210 und 211, hat auch Mosher seinen großen Kessel, Fig. 224, gespalten und dessen eine Hälfte, wie Fig. 229 zeigt, als Dampfboilerkessel ausgebildet. Die Roste bestehen hier indessen nicht aus Wasserrohren, sondern aus dünnem Gusseisen. Sehr schwer ist dieser Kessel jedenfalls nicht und dürfte sich deshalb für den genannten Zweck ebenso gut eignen wie der von Thornycroft.

33) Der Ward-Kessel.

Auch Ch. Ward in Charleston, W. Va., hat sich veranlasst gesehen, dem Zuge der Zeit folgend neben seinen bekannten und verbreiteten krummrohrigen Kesseln mit senkrechten Sammlern, die weiter hinten noch zur Erörterung gelangen werden, den in die vorliegende Gruppe gehörenden Kessel Fig. 230 zu entwerfen. Dieser hat wie der Mosher-Kessel zwei Oberkessel, die aber in der Mitte neben einander liegen; sie sind wie in den neueren Du Temple-Kesseln, Fig. 183 und 184, mit den Unterkesseln mittels einander durchkreuzender Rohrreihen verbunden. Die aus dem linken Unterkessel aufsteigenden Wasserrohre gehen in den rechten Oberkessel, die des rechten Unterkessels in den linken Oberkessel. Die Rohre stehen in 12 Reihen; davon mündet die äußerste Reihe, welche den Kessel seitlich abschließt, oberhalb des Wasserstandes, die zweite nach innen folgende Rohrreihe unterhalb des Wasserstandes in den Oberkessel, und so immer umschichtig weiter, sodass 6 Reihen wie beim Thornycroft-Kessel über Wasser und 6 Reihen wie beim Normand-Kessel unter Wasser endigen. Außerdem sind die Ober- und Unterkessel durch Fallrohre mit einander verbunden und

durch Anker gegenseitig abgestützt. Wo der Kessel angewandt worden ist und ob er sich bewährt hat, konnte ich nicht in Erfahrung bringen.

34) Der Boyer-Kessel.

Auf der Ausstellung in Chicago befand sich die Dampfyacht »Rex«, welche von L. Boyers Sons¹⁾ in New York mit dem in Fig. 231 abgebildeten Kessel für 21 kg/qcm Ueberdruck erbaut war. Dieser besteht aus zwei Unterkesseln und einem quer zu ihnen an der Vorderfront liegenden Oberkessel. Die Unterkessel sind hinten untereinander und vorn durch 2 Fallrohre mit dem Oberkessel verbunden. Fallrohr, Unterkessel und hinteres Verbindungsrohr haben gleichen Durchmesser. Aus dem hinteren Verbindungsrohr der Unterkessel steigt eine Schar von senkrechten Rohren empor, aus denen wieder wagerecht mehrere J-artig gebogene Rohre abgehen, die in den Oberkessel oberhalb des Wasserstandes münden. Auch von den Enden der senkrechten Rohre führen ähnliche, etwas stärkere Rohre zur Decke des Oberkessels. Den seitlichen Abschluss des Kessels bilden wagerechte Rohrreihen,

¹⁾ The American Engineer and Railroad Journal 1895 S. 238..

welche ähnlich wie beim Herreshoffschen Gliederkessel, Fig. 37 und 38, zusammengesetzt und angeordnet sind. Das Wasser tritt aus den Unterkesseln in die Seitenrohre, und das daraus entweichende Wasser- und Dampfgemisch geht ebenfalls in den Oberkessel. Die Rohre bestehen sämtlich aus Eisen. Ueber die Leistungsfähigkeit dieses Kessels wird blofs gesagt, dass er 2,125 t wiegt, und dass die Dampfyacht

35) Der Cowles-Kessel.

Der von W. Cowles in New York konstruirte, in Fig. 232 wiedergegebene Kessel ist noch etwas verwickelter als der Boyer-Kessel. Der in der Mitte gezeichnete obere Cylinder bildet den Oberkessel. Aus diesem geht in der Mitte der Vorderfront ein Fallrohr ab, das sich in zwei senkrechte Seitenrohre zerlegt, die unten umbiegen und von vorn nach hinten im Asch-

Fig. 231.

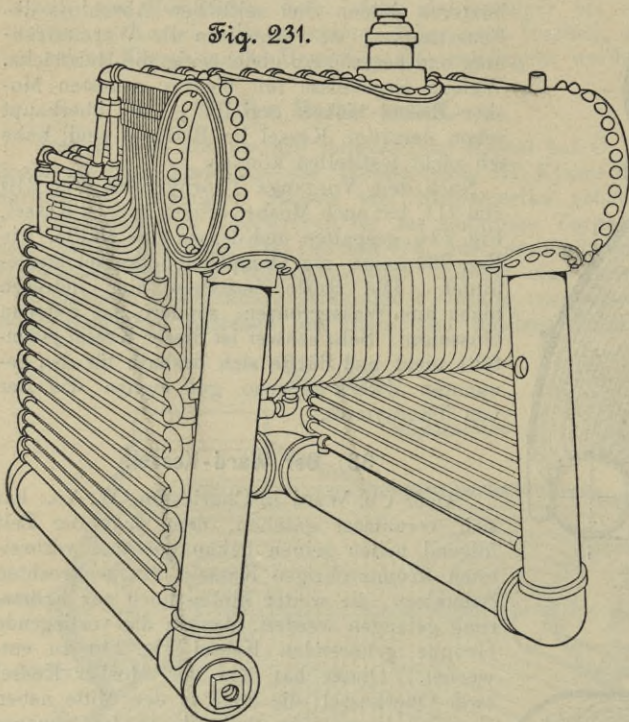


Fig. 232.

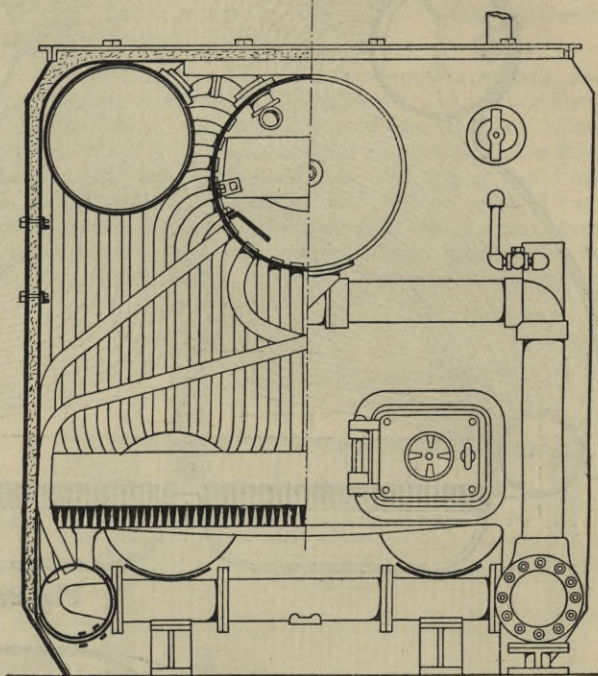


Fig. 233.

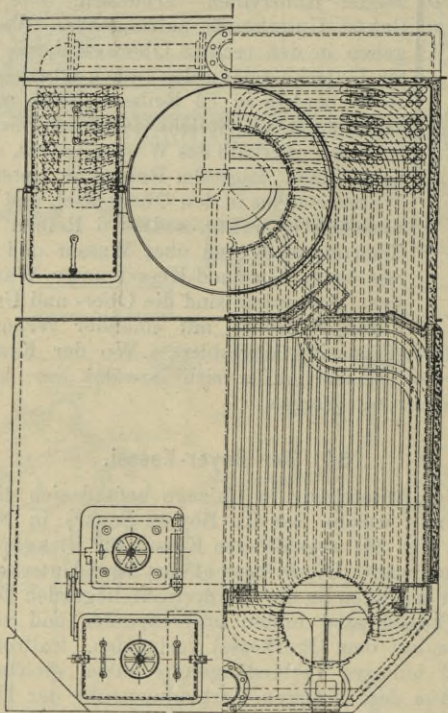
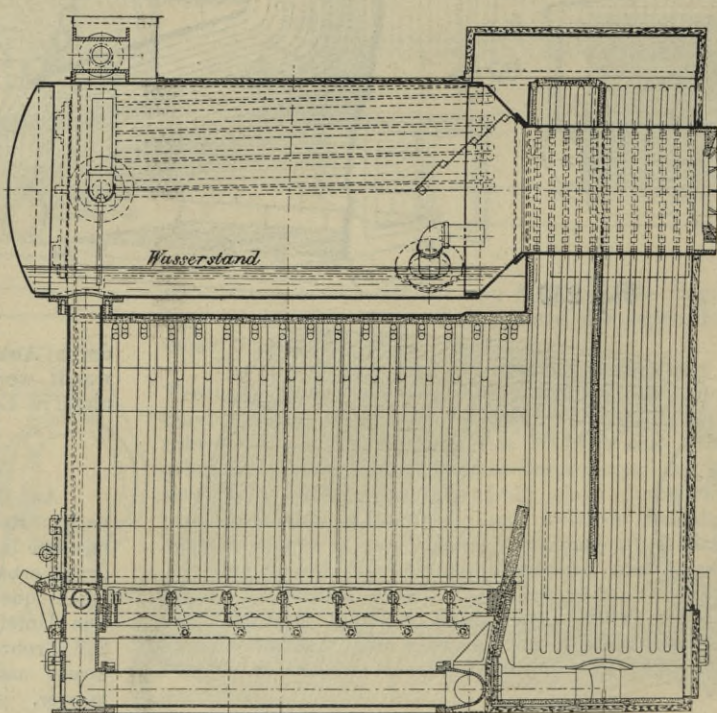


Fig. 234.

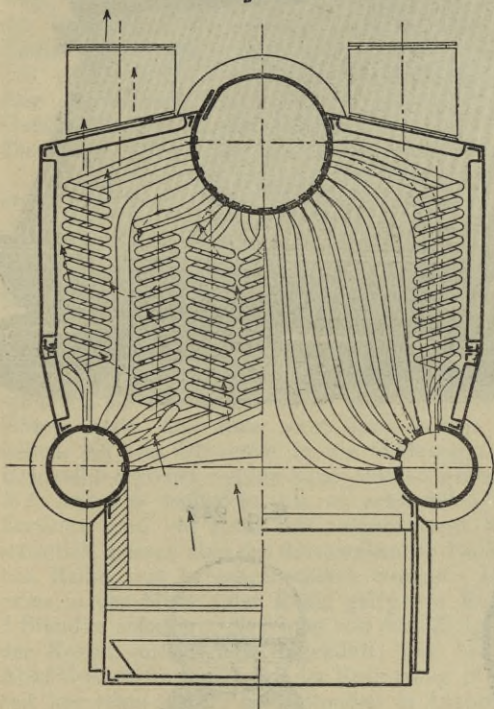


»Rex«, um von Albany nach New York den Hudson hinabzufahren, nur 453 kg Kohlen verbrannt habe. Da weder die Maschinenleistung noch die Fahrgeschwindigkeit der Yacht mitgeteilt ist, so lassen sich aus diesen Angaben keinerlei Schlüsse ziehen.

fall entlang gehen, vor der Feuerbrücke durch ein Querrohr verbunden sind und durch dieses mittels zweier kurzer Stützen mit den eigentlichen Unterkesseln in Verbindung stehen. Die Unterkessel liegen hinter der Feuerbrücke in der Höhe der Roste, und aus ihnen steigen die gebogenen Rohre zum Ober-

kessel auf, in welchem sie unterhalb und oberhalb des Wasserspiegels münden. Der hier dargestellte Kessel besitzt 12 Reihen gebogener Rohre an jeder Seite, die sich aber je nach der Gröfse des Kessels bis auf 24 Reihen vermehren. Aus den im Aschfall entlang geführten Fallrohren kommen die links vorn gezeichneten Rohre, und zwar endet das zum linken Fallrohr gehörige unten an der rechten Seite des Oberkessels, das zum rechten Fallrohr an der linken Seite. Zwischen je 2 gebogenen Rohren liegt abwechselnd eines, das mehr gerade nach oben geleitet ist. Die aus letzteren Rohren gebildeten beiden Reihen umschließen den eigentlichen Feuerraum, der durch 2 Feuerthüren zugänglich ist. Die Heizgase entweichen aus dem Feuerraum über die ziemlich hohe Feuerbrücke nach hinten in den Raum, den die aus den Unterkesseln kommenden Wasserrohre ausfüllen; von dort gehen

Fig. 235.



zwischen diesen an der Hinterseite angebrachte Fallrohr von Du Temple und endlich die spiralförmig aufgewickelten Wasserrohre von Belliss. Der Rost ist sehr tief gelegt, sodass ein großer Verbrennungsraum entsteht. Die Vorder- und die Hinterwand des Kessels sind durch eng aneinander gesetzte, einfach gekrümmte Rohre geschützt, wie die rechte Seite von Fig. 235 erkennen lässt. Figur 236 zeigt, dass auf jeder Längsseite des Kessels eine Reihe von wenig gekrümmten Rohren vorgesehen ist, welche, wie die linke Seite von Fig. 235 ausweist, zwischen den Spiralrohren liegt. Diese Rohre sind ebenso wie die an den Stirnwänden des Kessels unten und oben verengt, um bei ihrer gedrängten Lage die nötigen Stege für die Dichtung in den Rohrwänden herzustellen. Die durch jene den Oberkessel tragenden Rohre gebildeten Scheidewände veranlassen die Heizgase, wie die Pfeile in Fig. 237 andeuten, nach vorn in die beiden

Fig. 236.

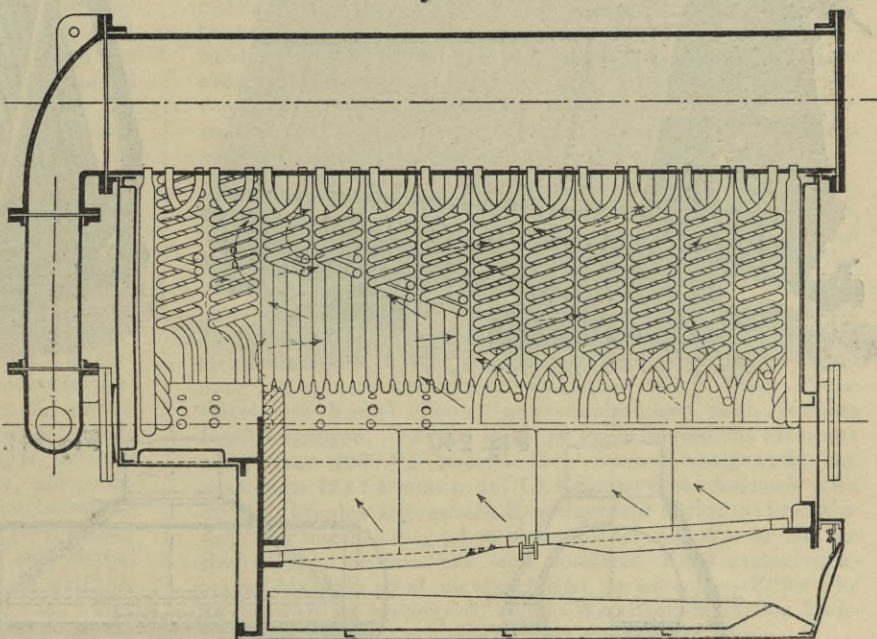
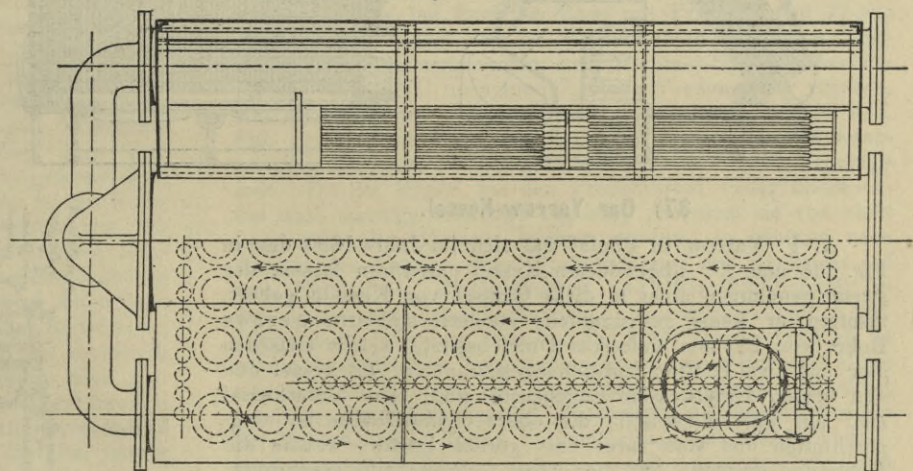


Fig. 237.



sie nach oben in den Schornstein. Die neben dem Oberkessel angeordneten, an ihn angeschlossenen Cylinder sind Dampfsammler, in denen der Dampf noch etwas getrocknet wird. Im Jahre 1889 wurde der Cowles-Kessel, welcher inzwischen so umgewandelt war, wie die Fig. 233 und 234 zeigen, indem besonders die seitlichen Dampfsammler durch Ueberhitzerrohre ersetzt waren, nebst dem Ward-Kessel durch eine Kommission nord-amerikanischer Marineingenieure einer sehr eingehenden Erprobung unterzogen, wobei er sich dem letzteren in bezug auf Verdampfungsfähigkeit nicht gewachsen zeigte. Die Folge hiervon war, dass der Monitor »Monterey« mit Ward-Kesseln ausgerüstet wurde, von denen noch die Rede sein wird. Seitdem haben die Ward-Kessel in den Vereinigten Staaten eine viel weitere Verbreitung gefunden als die von Cowles.

36) Der White-Kessel.

Der von J. S. White in East-Cowes gebaute Kessel, Fig. 235 bis 237, stellt sich als eine Verbindung des älteren Thornycroft-Kessels mit dem älteren Du Temple-Kessel und dem Belliss-Kessel¹⁾ dar; die Anordnung eines Oberkessels und zweier Unterkessel entlehnt er von Thornycroft, das

Schornsteine zurück zu strömen, sodass die Heizgase besser ausgenutzt werden. Der White-Kessel ist auf den englischen Torpedobootjägern »Conflict«, »Tenzer« und »Wizard« in Gebrauch. Die Maschinen dieser Boote haben bei 250 t Wasserverdrängung 4370, 4500 und 4400 PS indiziert, indessen haben sie die vorgeschriebene Fahrgeschwindigkeit von 27 Knoten nicht ganz erreicht. Die Kessel besitzen zwar eine große Rost- und Heizfläche, aber sie haben den Fehler, dass das aus den hinten angeordneten Fallrohren in die Unterkessel tretende

¹⁾ Z. 1889 S. 1109.

Wasser infolge der lebhaften Verdampfung in den Spiralaröhren zu schnell weggesaugt wird, sodass die anderen Spiralaröhre nicht mehr genügend Wasser erhalten und deshalb schnell verbrennen. White soll daher mit dem Gedanken umgehen, statt des einen einzigen hinteren Fallrohres an jeder Seite der beiden Unterkessel deren 4 bis 5 anzubringen und dazwischen die Spiralaröhre zu setzen.

menen weiten Fallrohren vom Ober- zum Unterkessel versehen, welchen Normand einzig und allein den in dieser ganzen Kesselgruppe vorhandenen gelungenen Wasserumlauf zuschreibt, weshalb er sie für eine der hervorragendsten Erfindungen auf dem Gebiete des neueren Dampfkesselbaues erklärt. Nun hat aber Yarrow gefunden, dass er die Fallrohre gar nicht braucht; der Gewichts- und Raum-

Fig. 238.

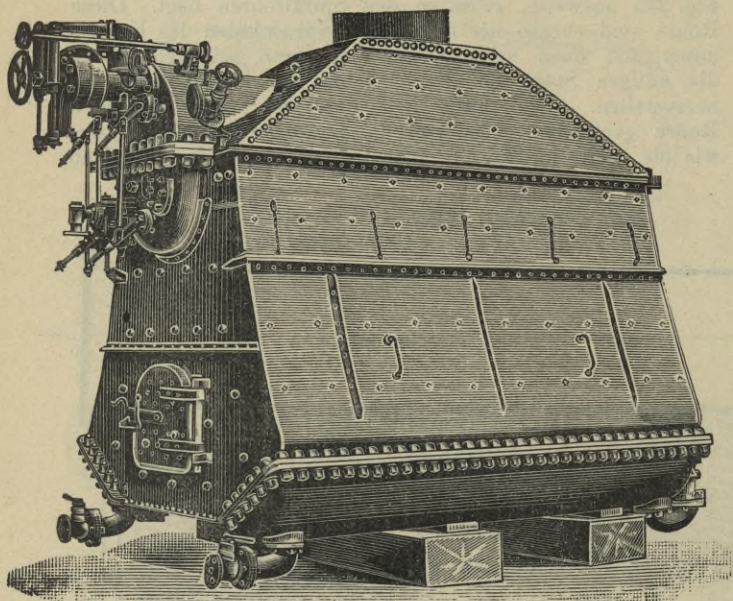


Fig. 239.

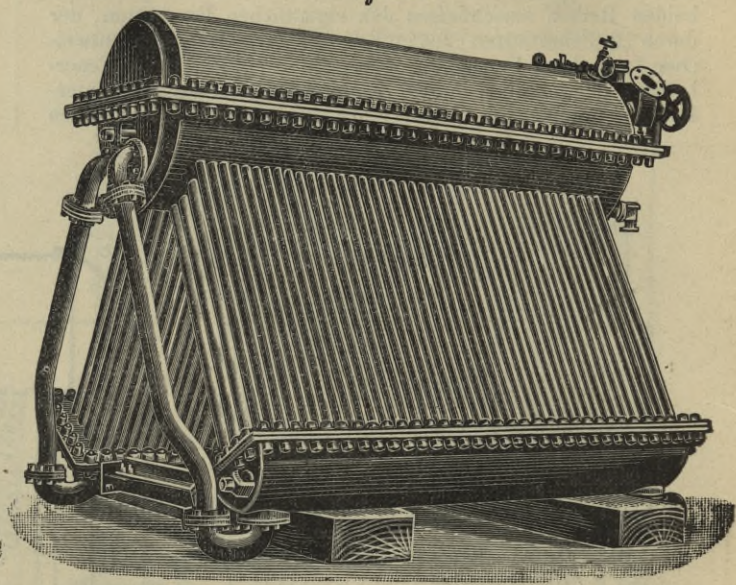


Fig. 240.

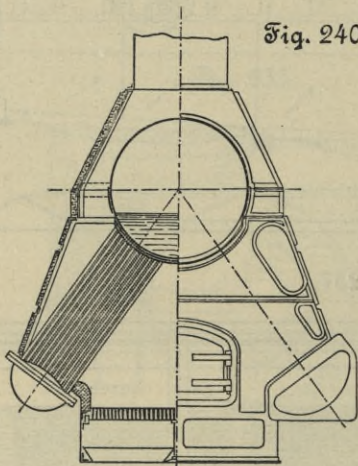


Fig. 241.

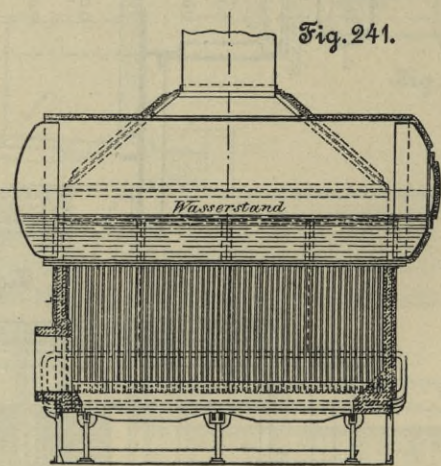
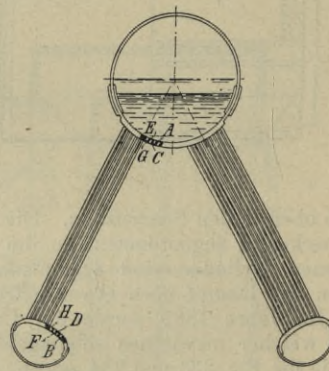


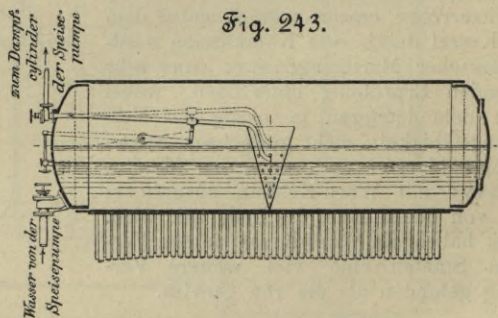
Fig. 242.



37) Der Yarrow-Kessel.

A. F. Yarrow in Poplar hat sich im Jahre 1890 den in Fig. 238 und 239 abgebildeten Kessel patentiren lassen, der streng genommen nicht in diese Gruppe von Kesseln gehört, insofern er keine gekrümmten, sondern stählerne gerade Rohre von 28,6 mm äußerem Dmr. besitzt, welche zwischen dem aus zwei Hälften zusammenschraubten Oberkessel und den beiden Unterkesseln angebracht sind. Die Unterkessel sind nur halbcylindrisch; die obere Cylinderhälfte ist weggeschnitten und statt ihrer eine gerade Decke, welche die Rohrwand darstellt, auf die untere Cylinderhälfte geschraubt. Es lassen sich demnach die beiden unteren Halbcylinder sowie die obere Hälfte des Oberkessels entfernen, und dann liegt das ganze Rohrsystem behufs eingehender Besichtigung und Reinigung frei. Das ist es auch besonders, was von Yarrow erstrebt wird: die Zugänglichkeit des Inneren der Rohre. Die Kessel haben dafür aber wieder den Fehler einer geringeren Elastizität und sind deshalb empfindlicher gegen schnelle Erwärmung und Abkühlung. Die ersten Yarrow-Kessel dieser Art waren noch, wie Fig. 239 erkennen lässt, mit den von Du Temple zuerst in Gebrauch genom-

Fig. 243.



ersparnis halber hat er sie bei seinen neuesten Kesseln fortgelassen. Auch die weiter unten noch eingehender erwähnten, vom Vulcan in Stettin erbauten Torpedobootkessel sind ohne solche Rohre ausgeführt und haben trotzdem einen guten Umlauf gezeigt. Der berühmte Konstrukteur Maxim erklärt dies durch den Unterschied in der Erwärmung der dem Feuer am nächsten gelegenen und der am Kesselumfange liegenden Rohre. Die letzteren wer-

den immer etwas kälteres Wasser enthalten als die nur ein heißes Dampf- und Wassergemisch führenden innersten Rohrreihen, weswegen die äußersten Rohrreihen ganz von selbst den Dienst der weiten Fallrohre übernehmen. Maxim hält deshalb auch die von Normand so sehr gepriesenen Fallrohre für höchst überflüssig und schreibt ihnen gar keine Bedeutung zu. So schroff sich die Ansichten so hervorragender praktischer Konstrukteure über diesen Punkt gegenüberstehen, so unvermittelt thun sie es auch in einem anderen auf den Umlauf bezüglichen Umstände. Thornycroft hält es nämlich für nötig, dass die von den Unterkesseln kommenden Rohre im oberen Teile des Dampfsammlers oberhalb der Wasseroberfläche ausmünden, weil nach seinen Versuchen¹⁾ der Umlauf dann doppelt so groß ist, als wenn der Ausfluss unter der Wasseroberfläche erfolgt. Seine Gegner — und das sind die sämtlichen übrigen Konstrukteure von Kesseln dieser Art — bestreiten diese Thatsache keineswegs, berufen sich aber darauf, dass auch in ihren Kesseln der Umlauf selbst bei größter Forcierung, ja sogar beim Nichtvorhandensein der auch von Thornycroft für unerlässlich gehaltenen Fallrohre, vollkommen genügend sei, und dass sie mit ihren unter Wasser ausmündenden Rohren die Gefahr, die oberen nur dampfführenden Teile der Rohre zu überhitzen, unter allen Umständen vermeiden.

In jüngster Zeit hat Yarrow die Bauart seiner Kessel etwas verändert, indem er den Oberkessel nicht mehr aus zwei zusammengeschraubten Hälften, sondern nach Fig. 240 und 241²⁾ als geschlossenen Cylinders ausführt. Um im Betriebe beschädigte Rohre herausnehmen und neue einsetzen zu können, hat Yarrow den Durchmesser des Oberkessels gegen früher etwas vergrößert. Soll z. B., Fig. 242³⁾, das Rohr *GH* eingebracht werden, so wird sein oberes Ende zuerst von außen durch das äußerste Loch *A* soweit in den Oberkessel geschoben, bis das untere Ende sich in die Oeffnung *B* einführen lässt. Das Rohr wird dann in dem Unterkessel gelassen, bis sein Oberende in die Oeffnung *C* für die zweite Rohrreihe gesteckt werden kann, und so weiter über *CD*, *DE*, *EF* und *FG* befördert, bis es schließlich in *GH* anlangt. Entfernt wird ein Rohr auf umgekehrtem Wege, selbstverständlich müssen aber die davorstehenden Rohre der betreffenden Reihe erst herausgenommen werden. Das Auswechseln eines in der Mitte einer Reihe gelegenen Rohres soll hierbei 2 Stunden erfordern, gerechnet von dem Zeitpunkt, in welchem der Kessel entleert und abgekühlt, also befahrbar ist. Das Abkühlen dürfte aber nach der Entleerung je nach der Jahreszeit immerhin noch 2 bis 3 Stunden in Anspruch nehmen, so dass sich ein Rohrwechsel nicht viel schneller als im Thornycroft-Kessel vollziehen wird, wo er 5 Stunden in Anspruch nimmt. Auf der Reise wird man sich daher immer damit begnügen müssen, lecke Rohre zu verstopfen. Wenn Yarrow behauptet⁴⁾, dass auf einer Probefahrt des mit solchen Kesseln versehenen englischen Torpedobootjägers »Hornet« ein Rohr, das infolge schlechter Beschaffenheit nachgab, innerhalb 40 Minuten ausgewechselt sei, so kann dies nach dem Vorstehenden nur ein leicht ersetzbares, äußeres gewesen sein.

Yarrow lässt bei seinen Kesseln die Rohre in den Rohrwänden nicht mehr von Hand, sondern entweder von der Transmissionswelle mittels Seiltriebes oder durch einen fahrbaren Elektromotor aufwalzen. Während beim Handbetriebe stündlich nur etwa 10 Rohre aufgeweitet wurden, sollen jetzt etwa 30 in derselben Zeit gedichtet werden. Der Rohrdichter ist dabei so abgeändert, dass nicht mehr der Kegel innerhalb der Hülse mit den Rollen gedreht wird, sondern dass sich die Hülse mit den Rollen um den feststehenden Kegel bewegt.

Nachdem Yarrow in den letzten Jahren verschiedene selbstthätige Speisewasserregler erprobt hat, die aber immer gewisse Mängel besaßen, ordnet er jetzt, wie dies auch von anderen geschieht, für jeden Kessel eine besondere Dampf-speisepumpe an. Statt der selbstthätigen Speisevorrichtung

hat er neuerdings auf einem kleinen Fahrzeuge mit einer Maschine von 300 PS_i die in Fig. 243 dargestellte Einrichtung versucht und damit zufriedenstellende Ergebnisse erreicht. In der Mitte des Oberkessels steht mit der Spitze nach unten ein durchlöcherter Blechkegel, der mit seinem oberen Rande nur wenig über den normalen Wasserstand emporragt. Ueber dem Kegel befindet sich die Mündung für das Dampfrohr der Speisepumpe. So lange der Wasserstand die Oeffnung des Dampfrohres nicht erreicht, verharrt die Pumpe in der gewöhnlichen Thätigkeit; steigt das Wasser jedoch und dringt dann anstelle des Dampfes in das Rohr und in den Dampfzylinder der Pumpe, so nimmt deren Kolbengeschwindigkeit stark ab, und der Wasserstand fällt sehr schnell, weil der Dampfzylinder einen größeren Inhalt als der Pumpenzylinder besitzt und daher mehr Wasser aus dem Kessel saugt, als die Pumpe hineindrückt. Der Blechkegel hat den Zweck, die unter der Mündung des Dampfrohres der Pumpe befindliche Wasseroberfläche in ruhigerem Zustande zu erhalten und zu verhindern, dass Wasser mitgerissen wird, falls Ueberkochen eintritt oder der Wasserstand bei schlingernden Schiffe starke Neigungen erfährt. Diese Vorrichtung wurde jüngst auf dem argentinischen Torpedojäger »Santa Fé« derartig abgeändert, dass sie sich innerhalb zweier Grenzen für jeden beliebig zu wählenden Wasserstand einstellen lässt. Die hiermit vorgenommenen Versuche sollen zufriedenstellende Ergebnisse geliefert haben.

Um den Vorwurf, dass seine Kessel infolge ihrer geraden Rohre von geringerer Elastizität seien, zu entkräften, hat Yarrow einen Kessel des Torpedojägers »Hornet« auf der Werft bis auf das äußerste forcieren lassen, dann das Feuer schnell herausgezogen und die ganze Hülle abgenommen, damit der Kessel schnell erkalten konnte. Nachdem darauf die Hülle wieder angebracht war, wurde in größter Geschwindigkeit wieder Dampf aufgemacht, bis dessen Spannung 12 kg/qcm Ueberdruck erreichte. Nach dieser Probe zeigte der Kessel keine Formveränderungen noch sonstige Beschädigungen. Bei den forcirten Probefahrten hat »Hornet« nicht ganz 4000 PS indiziert; bei einem Kesselgewicht von zusammen 42,8 t kommen auf 1 t Kesselgewicht demnach etwa 90 PS_i. Da das angegebene Kesselgewicht höchst wahrscheinlich aber nur das der rohen Kesselkörper mit Wasser ist, die Rauchfänge, Schornsteine und sonstigen Kesselraumeinrichtungen hingegen nicht mit einschließt, so wäre diese Ziffer sehr beträchtlich zu verringern, und in Wirklichkeit dürften höchstens 80 PS_i für 1 t Kesselgewicht zu rechnen sein.

Der Stettiner Vulcan¹⁾ hat für die von ihm im Jahre 1895 erbauten chinesischen Torpedoboote ebenfalls Yarrow-Kessel verwendet, die bei forcirtem Zuge mit Pressluft von 42 m Wassersäule, wobei 360 kg Wales-Kohlen auf 1 qm Rostfläche i. d. Std. verbrannten, und bei einer Speisewassertemperatur von 50° C noch eine 7,6fache Verdampfung ergaben. Bei einer bis auf 430 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche i. d. Std. gesteigerten Forcierung hatte der Dampf im Wasserabscheider am Ende des Hauptdampfrohres nur 1 pCt Feuchtigkeit. Da die Kessel bei den Probefahrten weder überkochten noch sonstige Anstände ergaben, trotzdem sie von nicht ganz geschulten Heizern bedient wurden, so gehören nach Ansicht des Vulcans diese Yarrow-Kessel mit Rücksicht auf ihre Einfachheit, Zugänglichkeit und Wirtschaftlichkeit zu den besten der jetzt vorhandenen Wasserrohrkessel. Auffällig bleibt dabei nur, dass von den 5 bei Yarrow 1893 bis 94 erbauten englischen Torpedobootjägern nur »Hornet« allein 27,31 Knoten während der dreistündigen forcirten Probefahrt erreichte; das Schwesterschiff »Havock« mit Lokomotivkesseln lief 26,17 Knoten. Beide Fahrzeuge besitzen 220 t Wasserverdrängung bei 54,86 m Länge, welche letztere bei ihren Nachfolgern auf 57,91 m bei gleicher Wasserverdrängung vergrößert ist. Trotzdem also die 3 zuletzt erbauten Boote »Charger«, »Hasty« und »Dasher« sehr viel feinere Linien besitzen müssen, weil auch Breite und Tiefgang dieselben geblieben sind, so erreichten die beiden erstgenannten doch nur 26,08 und das letzte nur 26,21 Knoten, womit sie zu den langsamsten Fahrzeugen dieser Art zählen. Von ihren jetzt

¹⁾ Transactions of the Institution of Naval Architects 1894 S. 287.

²⁾ T. A. Brassey, The Naval Annual 1896 S. 125.

³⁾ Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens 1896 S. 837.

⁴⁾ Transactions of the Institution of Naval Architects 1894 S. 335.

¹⁾ Engineering 1895 II S. 674.

im Bau befindlichen 48 Torpedobootjägern mit 30 Knoten Probefahrtsgeschwindigkeit hat die englische Admiralität keine an Yarrow vergeben. Nach den Ausführungen eines kürzlich erschienenen Engineering-Leitartikels scheint er deshalb auch Lust zu haben, seine Werft aus England zu verlegen.

38) Der Petersen-Macdonald-Kessel.

Fraser in Milwall und Howaldtswerke in Dietrichsdorf bei Kiel bauen den Kessel, welcher Petersen und Macdonald in London patentirt ist. Wie die Fig. 244 und 245 erkennen

Dampfraum des Oberkessels hineinragt und dort durchlöchert ist. Von der Flamme werden in diesem Kessel nur die Rohrbündel, der Oberkessel und der Vorwärmer berührt; die Fallrohre, die Unterkessel und deren Verbindungsrohre mit den Rohrbündeln sind durch Aufmauerung bzw. Platten mit Rippen zum Auffangen der gut isolirenden Flugasche vom Feuerraum abgeschlossen.

Bei einem in Westminster von W. H. Thomas¹⁾ vorgenommenen Verdampfungsversuch mit einem Kessel von Petersen und Macdonald ist in 27 Minuten Dampf von 3,5 kg/qcm und in 31 Minuten Dampf von 10 kg/qcm Ueberdruck entwickelt worden. Während des 6stündigen

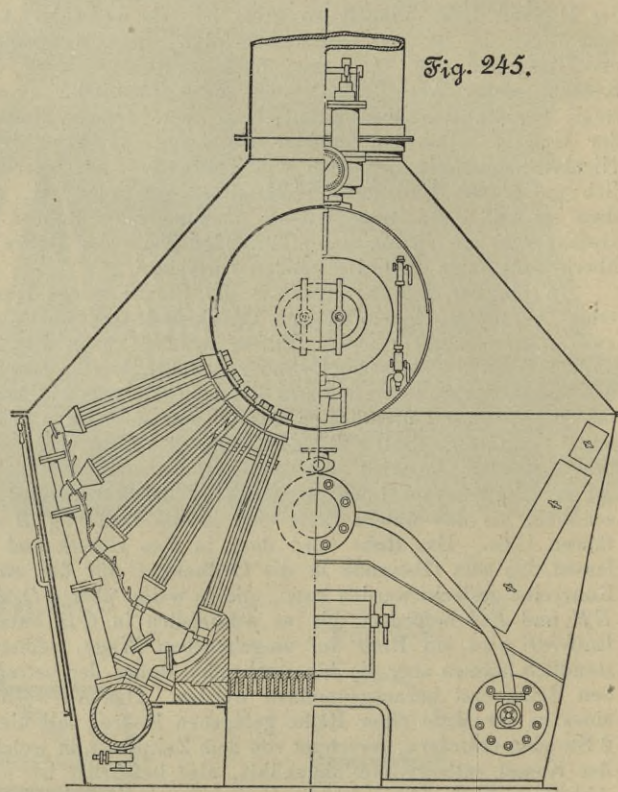
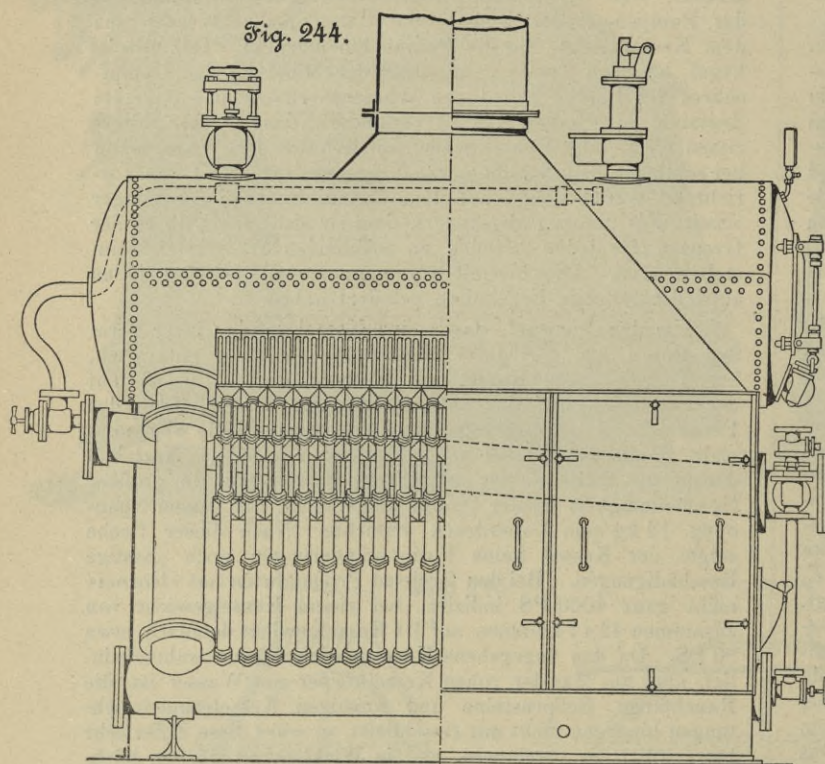
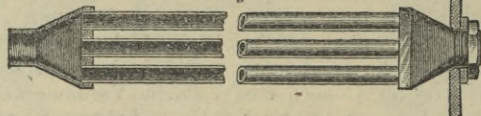


Fig. 246.



Fig. 247.



lassen, sind die zwischen dem Oberkessel und den Unterkesseln sitzenden Wasserrohre in den einzelnen Reihen bündelweise angeordnet, und zwar bilden im vorliegenden Falle ihrer je 9 ein Bündel, Fig. 246 und 247. Von diesen Rohrbündeln werden je 2 oder 3, die konzentrisch in dem Wasserraum des Oberkessels münden, zu einer Batterie vereinigt. Die Kappen für die Rohrbündel bestehen bei größeren Kesseln aus Stahlguss, bei kleineren aus Bronze; sie sind gegen den Oberkessel und die Verbindungsrohre mit den Unterkesseln durch zwischengelegte Kupferringe metallisch gedichtet, wie Fig. 247 zeigt. Die Rohre werden bei kleineren Kesseln aus Kupfer gemacht und in die Kappen hart eingelötet; bei größeren Kesseln sind sie aus Stahl, haben höchstens 25 mm Dmr. und werden in die leicht konisch gehaltenen Löcher der Kappenböden mit Wasserdruck eingepresst. Das mittlere Rohr ist als Ankerrohr durch Umbördeln im Innern der Kappe ausgebildet. Der Kessel besitzt 4 Fallrohre, 2 an jedem Ende. Gespeist wird in einen unter dem Oberkessel, also dicht über dem Feuer liegenden Vorwärmer, von dem aus das inzwischen vorgewärmte Wasser in den Oberkessel geführt wird. Hierzu ist der Vorwärmer, ein Mannesmann-Rohr, mit dem Oberkessel durch ein Kupferrohr verbunden, das auf $\frac{2}{3}$ der Länge in den

Versuches sind stündlich 152,6 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche verbrannt, und hierbei ist eine 9,3fache Verdampfung erzielt worden. Da die Speisewassertemperatur nicht angegeben ist, so lässt sich annehmen, dass diese Verdampfung nach englischem Gebrauche als Verwandlung des Wassers von 100° C in Dampf von 100° C gemeint ist, weil sie sonst für diesen Forcirungsgrad als ganz ungewöhnlich hoch bezeichnet werden müsste. Der Versuchskessel wog 7,5 t ohne Wasser, das Wasser hatte ein Gewicht von 2,5 t, oder es betrug $\frac{1}{4}$ des Gesamtgewichtes, war also für einen Wasserrohrkessel dieser Gruppe sehr groß. Die Leistung des Kessels wird mit 400 PS_i angeführt, was allerdings nur 40 PS_i für 1 t Kesselgewicht oder etwa nur die halbe Leistung des Thornycroft-, Normand-, Yarrow-, Reed- und Blechynden-Kessels ergibt. Zum teil mag dies an dem Gewicht der großen Wassermenge liegen, zum teil aber auch wohl an dem der Verschraubungen und Schutzplatten, sodass sich der Petersen und Macdonald-Kessel ebenso wie der von Fleming & Ferguson mehr für Handelsdampfer als für Torpedofahrzeuge eignet. Ein großer Vorzug ist seine weitgehende Zerlegbarkeit, die ihn wie den Root-Kessel nach dorthin versandfähig macht, wo er in einzelne Tier- oder Trägerlasten geteilt werden muss. Von den Howaldtswerken in Dietrichsdorf ist ein solcher Kessel auf dem Personendampfer »Johann Schwefel« und ein anderer in dem Kesselhause der internationalen Schifffahrtsausstellung in Kiel in Betrieb gesetzt; beide haben bisher anstandslos gearbeitet.

¹⁾ The Engineer 1895 II S. 366.

39) Der Sampson-Kessel.

Seiner geraden Rohre wegen würde auch der Sampson-Kessel¹⁾, Fig. 248 und 249, welcher von Maudslay Sons & Field in Lambeth gebaut wird, nicht hierher gehören. Er besitzt zwei halbcylindrische Oberkessel von großer Geräumigkeit, wogegen die beiden Unterkessel, welche hinten durch ein Rohr mit einander verbunden sind, recht eng gehalten sind. Von jedem Oberkessel führen zu dem entsprechenden Unterkessel zwei Fallrohre, eines vorn und eines hinten. Aus jedem Unterkessel laufen kleine Rohrkrümmer zu einer Reihe von 55

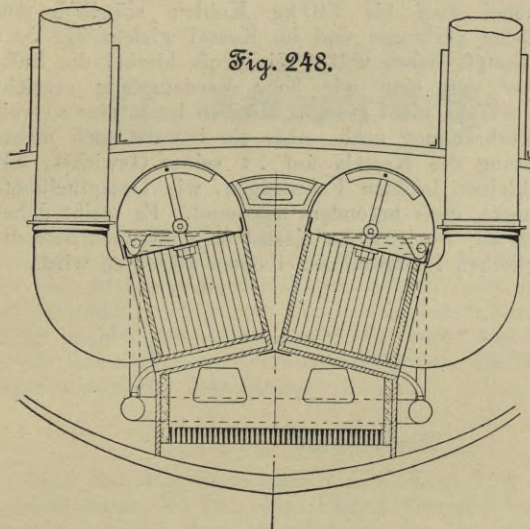


Fig. 248.

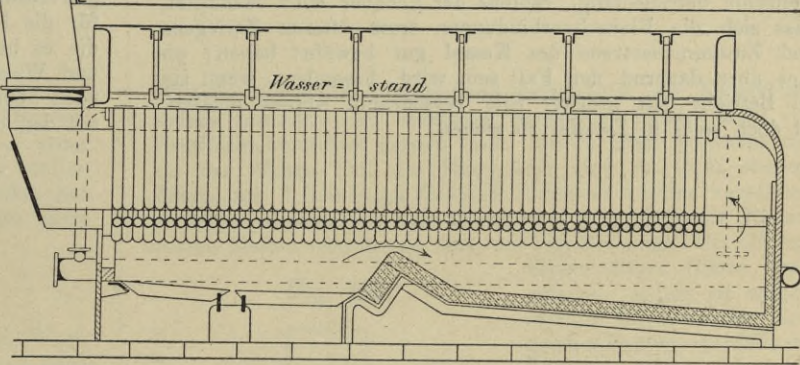
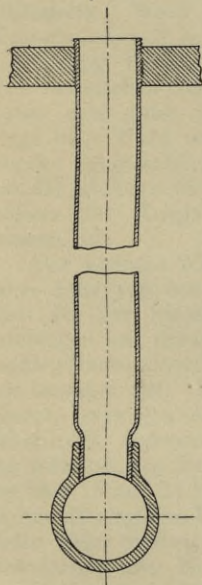


Fig. 249.

Fig. 250.



Rohren welche den Feuerraum von beiden Seiten dachförmig begrenzen und parallel zu den flachen Böden der Oberkessel stehen. Zwischen diese Böden und die unteren Rohre sind die eigentlichen Wasserrohre reihenweise eingesetzt, und zwar 13 von 38 mm äußerem Durchmesser und 0,685 m Länge in jeder Reihe. Die 12 inneren Rohre sind durch Blechwände nach außen abgeschlossen; das dreizehnte Rohr liegt außerhalb des Rauchzuges, es kann also nur als Fallrohr dienen. Die Heizgase gehen vom Rost über eine Feuerbrücke nach hinten in den Verbrennungsraum, der ebenso wie der Feuerraum durch die dicht aneinandersitzenden dachförmig gestellten Rohre oben abgeschlossen ist, steigen hier hoch und durchziehen die beiden Gruppen von Wasserrohren, aus welchen sie vorn durch zwei Schornsteine entweichen. Die Wasserrohre sind unten verengt und so in die Unterrohre und Oberkessel eingesetzt, wie Fig. 250 zeigt.

Eigentümlicherweise leitet Sampson das Speisewasser nicht in den Oberkessel, sondern in das hintere Verbindungsrohr der beiden Unterkessel, sodass es teils in letzteren entlang und sofort durch die dachartig gestellten Rohre in die Wasserrohre tritt, teils aber auch durch die beiden hinteren Fallrohre in den Oberkessel emporsteigt. Um den hierdurch etwas beeinträchtigten Wasserumlauf wieder herzustellen, werden auch wohl die äußeren dreizehnten Wasserrohre als Fallrohre eingerichtet worden sein.

Beim Reinigen des Feuers und der Rohre lässt sich eine Kesselhälfte durch Schließen einer Schornsteinklappe sowie einer an der Hinterwand über der Verbrennungskammer sitzenden Registerklappe vollständig absperrn; die Heizgase entweichen dann allein durch die Züge der anderen Kesselhälfte. Die Rohre werden durch seitlich angebrachte Ver-

schlüsse mittels Bürsten gereinigt. Auch die innere Reinigung und Untersuchung der geraden Rohre ist wie beim Yarrow-Kessel vom Oberkessel sowie in gewissem Grade auch von den Unterrohren aus möglich. Ein anderer Vorteil dieser Kessel liegt darin, dass keine Rohrverbindung dem unmittelbaren Angriff der Flamme ausgesetzt ist.

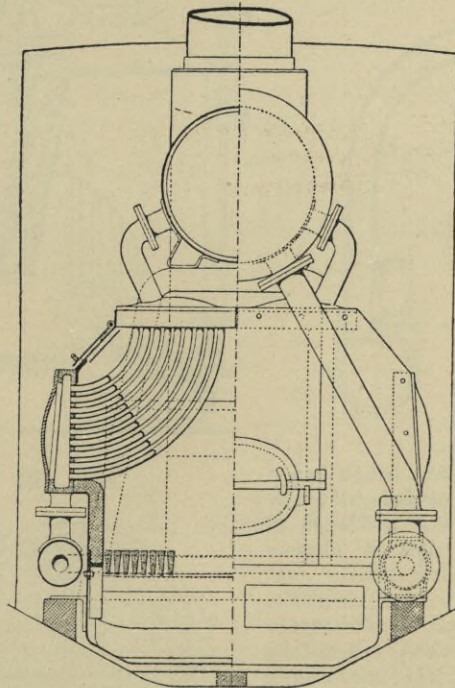
Wo diese Kessel im Betriebe sind und wie sich ihre Leistungsfähigkeit verhält, giebt die angeführte Quelle nicht an. Für englische Torpedofahrzeuge sind sie bisher nicht verwendet worden.

40) Der Mumford-Kessel.

Seitens der Culverstreet Works in Colchester sind im vorigen Jahre mehrere Kessel von G. A. Mumford, Fig. 251, für Dampfboote der englischen Marine geliefert worden.

Der allgemeine Aufbau des Kessels gleicht dem aller anderen dieser Gruppe. Ein Oberkessel steht mit zwei Unterkesseln durch zwei Fallrohre an der Vorderfront und eine große Anzahl von Wasserrohren in Verbindung. An der Hinterwand ist auch zwischen den Unterkesseln ein Zwischenrohr angebracht. Der Vorzug dieses Kessels wird in der be-

Fig. 251.



sonderen Anordnung der Wasserrohre gesucht. Diese in einem Viertelkreis gebogenen Wasserrohre sind auf jeder Kesselhälfte in mehreren Horizontal- und Vertikalreihen zu einzelnen, gewöhnlich vier Nestern vereinigt. Jedes Nest von Rohren besitzt einen oberen und einen seitlichen aus Stahl-

¹⁾ Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens 1894 S. 619.

guss hergestellten flachen viereckigen Sammelkästen mit losnehmbaren Deckeln. In den Rohrwänden der Sammelkästen werden die außen verzinkten stählernen Wasserrohre durch Aufweiten festgehalten. Jeder obere Sammelkasten erhält ein zum Oberkessel, jeder seitliche ein zu dem entsprechenden Unterkessel führendes, mittels Flansche angeschraubtes Rohr. Die einzelnen Sammelkästen sind dicht aneinander gerückt und schliessen somit die Feuerung nahezu ab. Der nicht von ihnen abgeschlossene Teil ist durch Klappen für die Reinigung der Rohre zugänglich. Wird ein Rohr undicht, so kann es nach Abnahme seiner Sammelkastendeckel leicht ausgewechselt werden; vorher ist natürlich der Kessel bis auf die Unterkessel zu entleeren. Wird ein ganzes Nest von Rohren unbrauchbar, so werden die betreffenden Anschlussrohre seiner Sammelkästen zum Ober- und Unterkessel, nachdem das Nest herausgenommen ist, mit blinden Flanschen geschlossen, und der Kessel ist weiterhin betriebsfähig. Seitens der Erbauer wird behauptet, dass sich die Flanschverbindungen trotz öfteren Zerlegens und Zusammensetzens der Kessel gut bewährt haben; ob dies aber dauernd der Fall sein wird, besonders, wenn sie im Betriebe mit größter Eile verschraubt werden müssen, ist doch wohl in Zweifel zu ziehen.

Infolge der vielen Sammelkästen mit Deckeln und Anschlussrohren ist der Mumford-Kessel schwerer als andere Kessel derselben Art; ob er wirklich leichter ausfällt als ein gleich viel leistender Lokomotivkessel, wie die Erbauer behaupten, lässt sich mangels zuverlässiger Vergleichsdaten nicht beurteilen. Misstrauisch gegen diese Angabe macht die Thatsache, dass bisher keine Mitteilungen über die Gewichtsverhältnisse laut geworden sind, mit denen man doch gewiss nicht hinter dem Berge gehalten hätte, wenn sie Günstiges beweisen könnten.

Der Kessel ist sehr starken Forcirungen unterworfen worden, wobei man bis 740 kg Kohlen stündlich auf 1 qm Rostfläche verbrannt und im Kessel gleichzeitig 5,5 t Wasser verdampft haben will. Wie groß hierbei die Luftpressung war und eine wie hohe Verdampfung erreicht wurde, ist ebenfalls nicht gesagt. Möglich ist ja eine so weit getriebene Verbrennung noch, aber sie beweist doch nichts für die Leistung des Kessels auf 1 t seines Gewichts, auf die es bei kleinen leichten Fahrzeugen, wie Dampfbeiboote und Wachtboote, ganz besonders ankommt. Es bleibt daher noch abzuwarten, wie sich der Kessel im dauernden Betriebe auf den englischen Kriegsschiffs-Beiboote verhalten wird.

VI. Krummrohrige Kessel mit senkrechten Sammlern.

So groß die Zahl der Vertreter in der vorgehenden Gruppe war, so klein ist sie in der nachstehenden. Die beiden hier zu besprechenden Konstruktionen sind weder unter sich verwandt, noch lehnen sie sich an andere an; sie stellen völlig unabhängige Ideen dar. Die erste von beiden hat bereits ihre praktische Erprobung bestanden, die zweite harret dagegen noch der Ausführung.

41) Der Ward-Kessel.

Auf dem Ingenieurkongress in Chicago hielt Ch. Ward aus Charleston, W. Va., einen bemerkenswerten Vortrag über Wasserrohrkessel, der namentlich die den europäischen Ingenieuren weniger bekannten amerikanischen Konstruktionen behandelte. Ward ist einer der rühmlichsten Verfechter der Wasserrohrkessel in der neuen Welt, und seine auch auf der Ausstellung vertretenen Kessel zeichneten sich vor vielen ihrer heimischen Genossen durch ihre solide Ausführung aus. Außer dem unter 33) erwähnten Kessel für Torpedofahrzeuge baut Ward unter anderen Ausführungen für stationäre Zwecke hauptsächlich die folgenden beiden Schiffskessel, wovon der kleinere für Dampfboote, Flussdampfer usw., der größere für Kriegs- und Handelsschiffe in Gebrauch gekommen ist.

Der kleinere Ward-Kessel, Fig. 252 und 253, wurde im Jahre 1884 von den Oberingenieuren Isherwood, Zeller und Hunt der Ver. Staaten-Marine einer eingehenden Prüfung¹⁾ unterzogen und daraufhin als Dampfbootkessel in der genannten Marine eingeführt, wo er sich bisher zur vollen Zufriedenheit bewährt hat. Er ist für einen hohen Dampfdruck bestimmt, weswegen er einer Wasserdruckprobe von 35 kg/qcm Ueberdruck unterworfen wurde. Während der Druckprobe und während des Betriebes bei seiner Prüfung, welche sich fast über 13 mal 24 Stunden erstreckte, wobei der Dampfdruck bis auf 18,3 kg/qcm Ueberdruck gesteigert wurde, zeigten sich weder lecke Stellen, noch irgend welche Zeichen von Formveränderung oder Nachgeben einzelner Verbindungen.

Der Aufbau des Kessels ist im wesentlichen folgender: Ueber dem Aschenfall liegt ein wagerechter Ring von kreisrundem Querschnitt aus Stahlguss, dessen innerer Umfang mit angegossenen Ansätzen versehen ist; auf diesen ruht ein vierkantiger schmiedeiserner Ring, welcher den gusseisernen Rost trägt. An den äußeren Umfang des Ringrohres ist eine ringsherum laufende wagerechte T-förmige Verlängerung angegossen, an deren Schenkel die Umhüllungsbleche des Kessels und des Aschenfalles geschraubt sind. Das Ringrohr ist mit Wasser gefüllt; $\frac{1}{4}$ seiner Oberfläche lässt sich als Heizfläche betrachten, während $\frac{3}{4}$ derselben dem abkühlenden, in den Aschenfall tretenden Luftstrom ausgesetzt sind. An der Stelle der Feuerthür ist das Ringrohr unterbrochen; es besitzt hier eine rechteckige Ausbauchung nach oben hin. Diese ebenfalls mit

Wasser angefüllte Ausbauchung umschließt die Feuerthür, sodass nur ihre der letzteren zugekehrte Fläche nicht als Heizfläche betrachtet werden kann. Sowohl diese Ausbauchung als der übrige Teil des Ringrohres sind an ihrer oberen Fläche mit 2 Reihen im Zickzack stehender Ansätze versehen, in denen senkrechte, den Feuerraum umschließende Rohre mittels Muffen verschraubt sind, wie Fig. 254 zeigt. Die oberen

Enden dieser Rohre sind gebogen, sodass sie wagerecht in 4 übereinander liegenden Reihen ebenfalls in Zickzackstellung in einen Cylinder aus Stahlguss münden. Dieser trägt ähnliche Ansätze wie das untere Ringrohr, in denen die einzelnen Rohre in ganz gleicher Weise befestigt sind. Der innere Cylinder hat einen etwas kegelför-

Fig. 252.

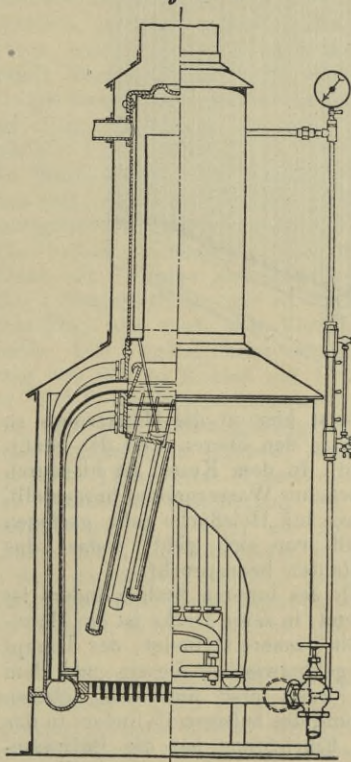


Fig. 254.

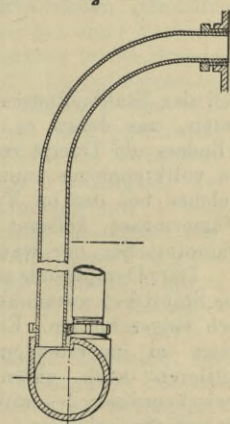
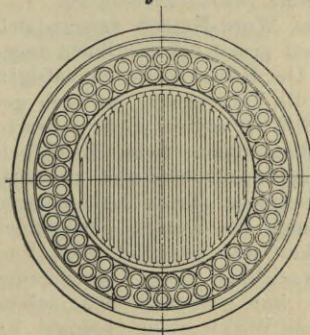


Fig. 253.



migen Boden mit 3 Reihen von Hängerohren, welche in derselben Art wie die vorigen in ihm befestigt sind. Diese Rohre ragen mit ihrem freien, durch eine vorgeschraubte Kappe verschlossenen Ende in den Feuerraum. Die Mündung jedes Hängerohres ist durch einen eingetriebenen schmiedeisernen Pfropfen verschlossen. In jedem Pfropfen sind 2 messingene Röhrrchen befestigt, von

¹⁾ Report made to the bureau of steam engineering, 10 Sept. 1884, by a board of United States naval engineers, on the steam boiler invented by Ch. Ward. Printed by the authority of U. S. Navy Department.

denen das eine nach unten in das Hängerohr hineingeht und etwas über dessen Bodenkappe endet, während das andere Röhrrchen nach oben geleitet ist. Durch das längere Röhrrchen fließt das Wasser aus dem inneren Stahlcylinder zum Boden des Hängerohres und steigt dann darin auf, bis es durch das obere Röhrrchen als Dampf entweicht. Die ganze Oberfläche der Hängeröhre wirkt demnach als Heizfläche. Diese Einrichtung hat viel Verwandtes mit den bekannten Fieldschen Rohren.

Im Innern des Stahlcylinders ist eine rund herumlaufende schräge Scheidewand angegossen, welche die Mündungen der beiden oberen senkrechten Rohrreihen von denen der beiden unteren trennt. Diese Scheidewand ist oben halbrund gekrümmt, wodurch rings um dieselbe eine sich nach unten mit einem schmalen Spalt öffnende Rinne gebildet wird, in welche das Druckrohr der Speisepumpe mündet. Das in den Kessel tretende Speisewasser wird daher gezwungen, aus der Rinne fließend sich auf die äußere senkrechte Rohrreihe zu verteilen, durch sie in das untere Ringrohr zu fallen, aus diesem durch die innere senkrechte Rohrreihe in den unteren

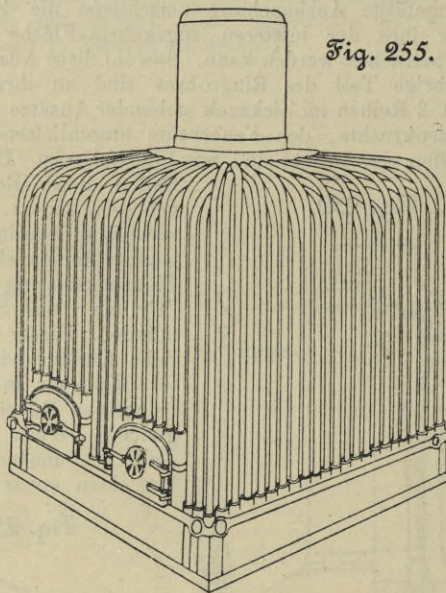


Fig. 255.

Teil des Stahlcylinders und von hier in die Hängeröhre zu treten, aus denen es endlich in den oberen Teil des Stahlcylinders als Dampf entweicht. In dem Kessel ist hierdurch ein vollkommener ununterbrochener Wasserumlauf hergestellt, welcher bei der im Verhältnis zur Heizfläche sehr geringen Wassermasse äußerst schnell vor sich geht, sodass das Dampf machen nur wenige Minuten beansprucht.

Der Dampfraum oberhalb des inneren Stahlcylinders ist aus Stahlblech zusammengenietet; in seine Decke ist ein Mannloch eingeschnitten. Er enthält 2 innere Cylinder; der Dampf steigt im innersten empor, geht zwischen diesem und dem mittleren nach unten und kann erst aus dem oberen Zwischenraume des mittleren und des äußeren Cylinders in das Dampfrohr gelangen. Diese Einrichtung hat die Entwässerung des Dampfes zum Zwecke. Das abgesonderte Wasser fließt durch ein Rohr einer im unteren Wasserraume des inneren Stahlcylinders angebrachten Schlammschale zu.

Ueber die Brauchbarkeit des Ward-Kessels äußern sich die oben genannten Ingenieure auf grund der von ihnen angestellten Versuche sehr befriedigt. Der Kessel zeigte bei mäßigen Dampfspannungen, selbst wenn die Verbrennung so hoch gesteigert wurde, wie sie gewöhnlich bei weitem nicht gebracht wird, keine Neigung zum Ueberkochen. Seine Festigkeit reichte noch für viel höhere Dampfspannungen aus, als wirtschaftlich verwendet werden konnten. Trotz des niedrigen Schornsteines besaß die Feuerung des Kessels genügenden Zug. Seine Verdampfungsfähigkeit war gut und seine Verdampfungsgeschwindigkeit ausgezeichnet. Die Ueberhitzung des Dampfes im Dampfraume war genügend und nebenbei so einfach, dass ihre dauernde Wirksamkeit gesichert ist.

Der Kessel ist nach so gesunden Grundsätzen für höhere Dampfspannungen konstruiert, dass er selbst bei roher und ungeschickter Behandlung mit Sicherheit bis zur äußersten Grenze seiner Leistungsfähigkeit, sowohl rücksichtlich der Dampfspannung als auch der Verbrennung, angestrengt werden

Fig. 256.

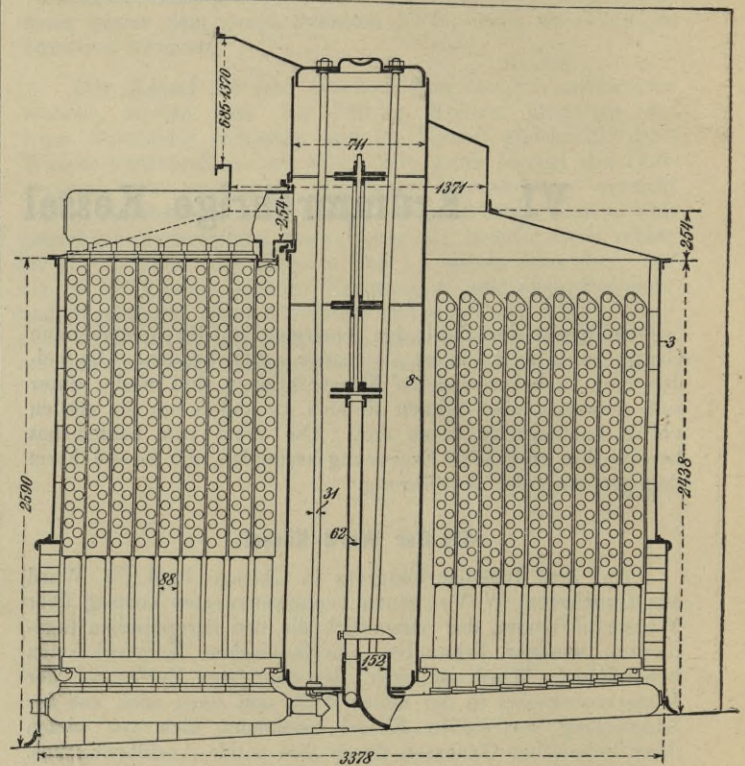
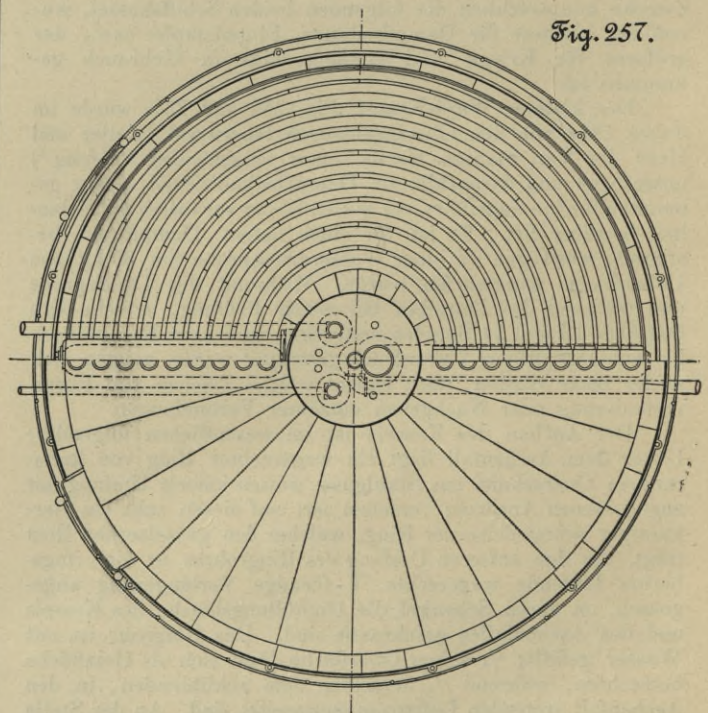


Fig. 257.



kann. Jedes Rohr kann im Bedarfsfalle ohne Beseitigung der übrigen mit Leichtigkeit ausgewechselt werden, Reparaturen sind daher nicht schwierig. Der Kessel beansprucht nur eine geringe Grundfläche, und sein Gewicht ist mit Rücksicht auf den hohen Dampfdruck sehr klein. Die Be-

handlung des Kessels im Betriebe ist dieselbe wie die jedes anderen Schiffskessels; er bedarf keiner besonders eingeschulten Heizer, und seine Lebensdauer kann vermöge seiner grossen Einfachheit nur durch die unvermeidbare allmähliche Abrostung beeinträchtigt werden. Der kleine Ward-Kessel eignet sich daher besonders gut für Dampfboote, für welche er heute in der nordamerikanischen Marine fast ausschliesslich benutzt wird. Man hat ihm indessen in den letzten Jahren statt der kreisrunden eine quadratische Grundform gegeben, Fig. 255, um eine grössere Rost- und Heizfläche und damit noch grössere Leistungsfähigkeit zu schaffen.

Fig. 258.

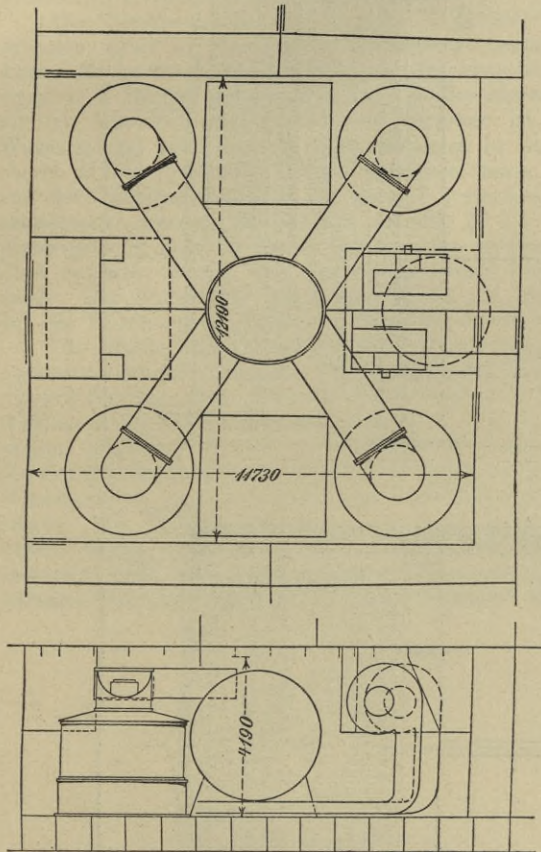


Fig. 259.

Der grössere Ward-Kessel, Fig. 256 und 257 ist auf dem nordamerikanischen Küstenverteidiger »Monterey«¹⁾ in Betrieb. An einem als Dampfsammler dienenden mittleren Cylinder sind unter einem Winkel von 180° 2 Reihen aus Stahlguss hergestellter weiter senkrechter Rohre aufgestellt. Auf der einen Seite des Cylinders ruhen diese Rohre auf einem mit ihren unteren Enden verbundenen wagerechten Rohre, am oberen Ende sind sie verschlossen. Auf der anderen Seite des Cylinders stehen die senkrechten Rohre an beiden Enden mit einem wagerechten Rohre in Verbindung. Die drei wagerechten Rohre sind mit ihren inneren Enden an den mittleren Cylinder angeschlossen, ihre äusseren Enden sind geschlossen. In einer gegen die Wagerechte etwas geneigten Ebene verbindet nun eine Schaar von halbkreisförmig gebogenen Wasserrohren die entsprechenden Vertikalrohre zu beiden Seiten des Mittelcylinders, wodurch so viele Bündel von Rohren entstehen, als auf jeder Seite Vertikalrohre vorhanden sind. Die Vertikalrohre tragen kleine, in Ansätze eingeschraubte Stützen mit Linksgewinde; auf die Enden der Rohre ist Rechtsgewinde geschnitten, und eine darüber geschraubte Muffe stellt die Verbindung her, sodass jedes Rohr ausgewechselt werden kann.

Das Speisewasser tritt in der Mitte des Mittelcylinders unten ein und wird durch ein inneres Rohr bis etwa zur Was-

seroberfläche des Kessels geleitet, wo es durch eine nach unten gerichtete Brause austritt. Es strömt dann wieder nach unten und zum grössten Teile in das untere wagerechte Rohr, auf dem die geschlossenen Vertikalrohre stehen, zum kleineren Teile in das gegenüberliegende wagerechte Rohr, welches in die offenen Vertikalrohre mündet. Aus den oben geschlossenen Vertikalrohren fliesst das Wasser durch die halbkreisförmigen Wasserrohre und gelangt als Dampf aus den oben offenen Vertikalrohren durch das obere wagerechte Rohr in den Dampfraum des mittleren Cylinders, geht hier durch eine siebartig durchlöchernte Platte und darauf in das Dampfrohr. Das in der Trockenplatte abgeschiedene Wasser fällt nach unten und beginnt den Kreislauf aufs neue. Da alle Teile des Kessels sich einzeln ausdehnen können, so besitzt er genügende Elastizität. Werden das obere wagerechte Rohr und die Hüllendecke entfernt, so kann jedes Rohrbündel mit seinen beiden Vertikalrohren aus dem Kessel behufs Untersuchung und Reparatur herausgenommen werden. Die Roste sind aus Gusseisen und bestehen aus einer Anzahl von Kreisabschnitten; auf »Monterey« sind deren 24 vorhanden.

Das Panzerschiff »Monterey« enthält 2 einfache schottische Kessel und 4 Ward-Kessel, welche in 2 durch ein Längsschott getrennten Heizräumen zu je einem schottischen und 2 Ward-Kesseln aufgestellt sind, wie aus Fig. 258 und 259 zu entnehmen ist. Die 4 Ward-Kessel sollten 4200 PS_i leisten, ja, es war ihre Leistung nach Verdampfungsversuchen, welche der bekannte Chefingenieur Loring vorgenommen hatte, sogar auf 4500 PS_i¹⁾ geschätzt. Bei den 4stündigen forcirten Probefahrten²⁾ konnte aber mit allen Kesseln nur eine mittlere Gesamtmaschinenleistung einschliesslich der Hilfsmaschinen von 5244 PS_i erreicht werden, während 5400 PS_i vorgeschrieben waren, wovon 1200 PS_i durch die beiden schottischen Kessel erzielt werden sollten. Da die beiden schottischen Kessel 8,17 qm Rostfläche besaßen und bei einer Leistung von 150 PS_i auf 1 qm Rostfläche die von ihnen verlangten 1200 PS_i geleistet haben würden, so lässt sich nur annehmen, dass die Ward-Kessel nicht auf die erwarteten 4200 PS_i gekommen sind; denn mit ebenfalls 150 PS_i auf 1 qm ihrer 27,4 qm betragenden Rostfläche mussten sie schon 4110 PS_i erzeugen. Aber selbst angenommen, sie hätten 4200 PS_i erreicht, dann wären mit 1 t ihres gesamten Betriebsgewichtes, welches auf 69,97 t festgestellt ist, nur rd. 60 PS_i erzielt worden und nicht 79,02 PS_i, wie nach den Verdampfungsversuchen geschätzt wurde. Die Verdampfungsversuche hatten bei einer Verbrennung von 269 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche in der Stunde, bei 10° C Speisewassertemperatur, 100° Dampftemperatur und 12,48 pCt Feuchtigkeitsgehalt des Dampfes eine 6,6-fache Verdampfung ergeben, während mit dem gleichzeitig erprobten Thornycroft-Kessel des Torpedobootes »Cushing« eine 7,53-fache Verdampfung bei 3,89 pCt Feuchtigkeit des Dampfes erzielt wurde, als die Verbrennung auf 196 kg Kohlen für 1 qm Rostfläche in der Stunde gesteigert war. In dem zu diesen Versuchen benutzten Ward-Kessel wog das Wasser 2,01 t bei einem Gesamtkesselgewicht einschl. Wassers von 13,85 t, d. h. es stellte sich auf rd. 1/7 des Kesselgewichtes.

Wie man sagt, soll die gleichmässige Speisung der Ward-Kessel bei der forcirten Fahrt von »Monterey« Schwierigkeiten gemacht haben. Jedenfalls hat es die nordamerikanische Marine bis jetzt mit diesem ersten Versuch, Wasserrohrkessel an Bord zu benutzen, bewenden lassen; erst in allerjüngster Zeit sind auf dem älteren Kreuzer »Chicago« versuchsweise Babcock-Wilcox-Kessel eingebaut, während für die neuesten Torpedoboote (die unter 16) beschriebenen Wasserrohrkessel eingeführt wurden.

42) Der Lentz-Kessel.

Von G. Lentz in Düsseldorf ist der in Fig. 260 bis 262 dargestellte Kessel in Vorschlag gebracht worden, über welchen er sich wie folgt auslässt:

Zur Konstruktion des Kessels führte der Gedanke, dass

¹⁾ Journal of the American Society of Naval Engineers, Washington 1893 S. 127.

¹⁾ Journal of the American Society of Naval Engineers, Washington 1890 S. 127.

²⁾ ebenda 1893 S. 115.

Fig. 260.

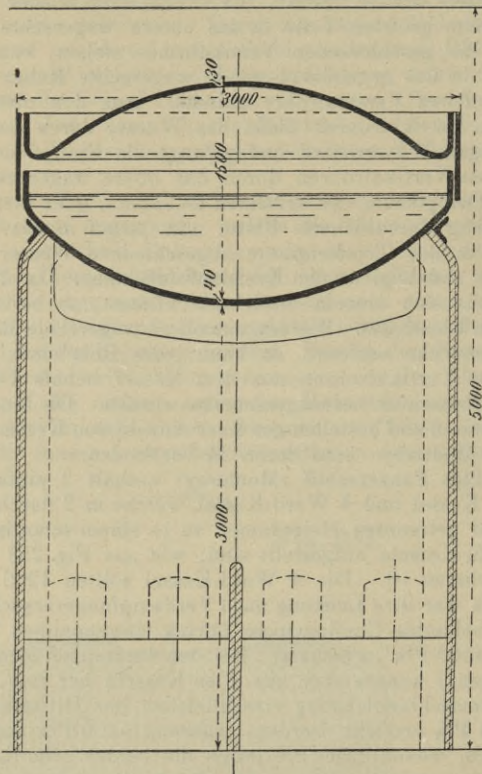


Fig. 261.

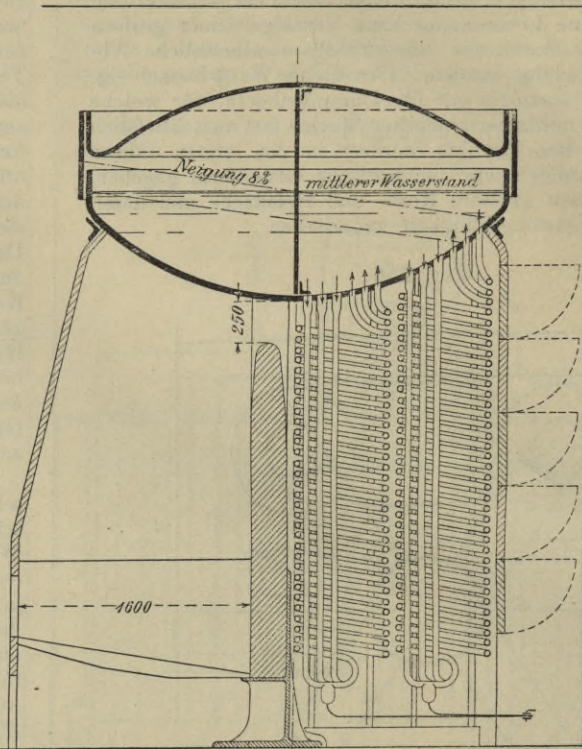


Fig. 263.

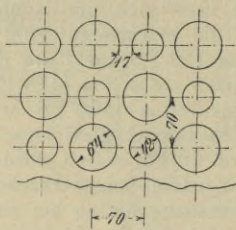


Fig. 264.

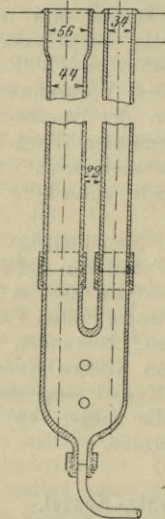


Fig. 265.

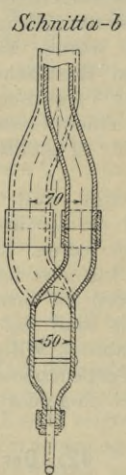


Fig. 266.

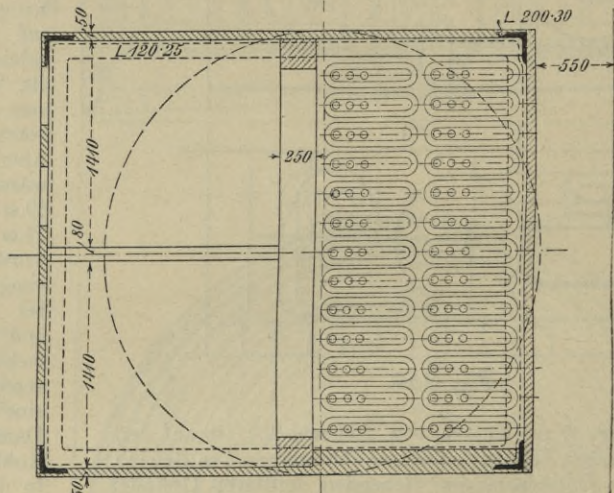
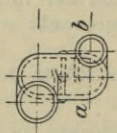


Fig. 267.

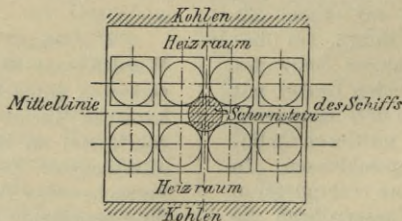


Fig. 262.

zur Erreichung einer vollkommenen Verbrennung, welche weder in den heutigen schottischen Kesseln noch in den Wasserröhrenkesseln der Schiffe erzielt werden kann, ein besonderer nicht zu niedriger Verbrennungsraum vorgesehen werden muss. Erst dann wird selbst bei einer hohen Feuerschicht auf dem Rost die Kohle zu Kohlensäure verbrannt, und die Heizgase kommen mit nunmehr rufsfreien Wasserröhren in Berührung, wodurch sich selbst bei hoher Forcierung eine größere Wärmemenge als jetzt nutzbar machen lässt. Augenblicklich haben die Schiffskessel in der Nähe der Brennstoffschicht schon abkühlende Heizflächen, welche die Temperatur der Heizgase herabmindern, eine hohe Oxydation des Kohlenstoffes verhindern und durch Reduktion der gebildeten Verbrennungsgase die Bedeckung der wärmeaufnehmenden Rohrflächen mit Ruß herbeiführen, der erst wieder mit großer Mühe mittels Dampfes abgespritzt werden muss. Der Verlust ist also ein doppelter; einerseits wird die Wärmeabgabe an

das Kesselwasser eingeschränkt, und andererseits entweicht dem Schornstein unverbrannter Kohlenstoff als Ruß. Beides vermeidet der vorliegende Kessel mit tellerförmigem Oberkessel, unter dessen vorderer Hälfte der Rost mit dem Verbrennungsraum und unter dessen hinterer Hälfte ein Heizraum mit Rohrschlangen liegt. Hier ist der Verbrennungsraum so groß, dass selbst bei der höchsten Kohlenschicht und stärkstem forcirtem Zuge eine Verbrennung zu Kohlensäure stattfinden muss. Erst nachdem die Flamme die glühende Feuerbrücke umstrichen hat, kommt sie mit den Wasserröhren in Berührung, welche von Ruß frei bleiben müssen, weil sie nur von Kohlensäure und Stickstoff umstrichen werden. Zum Abbürsten von Flugasche sind in dem hinteren senkrechten Feuerzuge Klappen angebracht.

Der Oberkessel hat den doppelt gebogenen Deckel nur erhalten, damit er gänzlich mit Wasserdruck genietet werden kann. Er ist durch eine von Schlitz durchbrochene Scheidewand in 2 Hälften geteilt, Fig. 261; in der hinteren Hälfte, die mit Mannloch und Speiseventil versehen ist, wird der Wasserspiegel sehr unruhig sein, während in der vorderen oberen Hälfte trockener Dampf entstehen muss. Um den aus der hinteren Hälfte in die vordere tretenden Dampf zu entwässern, werden die Schlitz derartig in die Trennungplatte gelocht, dass an ihrem Umfange ein möglichst starker Grat entsteht, woran sich der durchgehende Dampf stoßen muss. Der Boden des Oberkessels bildet die Rohrwand, in der die Rohre durch Aufwalzen befestigt werden.

Die senkrechten weiten Fallrohre liegen gegen die Heizgase etwas geschützt innerhalb der Rohrschlangen und münden unten in Schlamm säcke, die unter sich verbunden sind und mittels Abblaseventils ausgeblasen werden können. Von den Schlamm säcken steigen in dreifacher Windung und starker Steigung (1:5,7) die Rohrschlangen empor, in denen ein so schneller Wasserumlauf entsteht, dass sich Unreinigkeiten nicht ansetzen. Nur in den Fallrohren, in denen sich das Wasser zuerst stärker erwärmt, sondern sich Niederschläge ab und sammeln sich im Schlamm sack. Uebrigens können die geraden Fallrohre nötigenfalls vom Oberkessel aus gereinigt

werden. Die Rohrschlangen sind am unteren Ende derartig unterstützt, dass sie sich frei ausdehnen können. Die fertigen Rohrschlangen werden vor dem Einsetzen auf 200 kg/qcm Wasserdruck geprüft und ausgeheizt.

Sollen statt der Rohrschlangen gerade Steigerohre verwendet werden, so können diese nach Fig. 263 bis 266 ausgeführt werden, ohne dass dadurch die Größe der Heizfläche leidet. Die Rohre werden in die aus Stahlguss hergestellten Schlamm säcke mittels Muffen eingeschraubt. Um die Rohrzange zum Anziehen der Muffen verwenden zu können, werden die Rohre oberhalb des Schlamm sackes etwas gebogen. Die Dichtung wird dadurch hergestellt, dass die Rohrenden mit angefrästen Schneiden versehen werden, welche gegen die geglätteten Enden der Schlamm säcke durch das Anziehen der Muffen gepresst werden.

Die Umhüllung des Kessels besteht aus einer doppelten Blechhaut mit einer dazwischen hindurchstreichenden und dadurch kühlenden Luftschicht. Die innere Blechhaut ist mit Asbestpappe, die äußere mit Korkmasse belegt.

Der Konstrukteur hat berechnet, dass, falls die 12 einfachen schottischen Kessel des Panzerschiffes »Wörth« (Zeichnung derselben s. Z. 1895 Taf. XV) durch seine Kessel ersetzt würden, an letzteren nach Fig. 267 nur 8 nötig wären, die bei gleicher Rostfläche, aber einer um fast 11 pCt größeren Heizfläche eine Gewichtersparnis von rd. 125 t ermöglichen könnten, da sich das Betriebsgewicht eines Lentz-Kessels für 1 qm Rostfläche auf 6930 kg gegen 8660 kg der schottischen Kessel stellen dürfte. Der in Fig. 260 bis 262 wiedergegebene Kessel würde bei 31,2 t Gesamtgewicht 4,14 t Wasser enthalten, also etwa $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{8}$ seines Gewichtes. Da die Lentz-Kessel hiernach ungefähr ebenso schwer ausfallen wie die Fleming-Ferguson-Kessel, so dürften sie wohl für größere Schiffe, nicht aber für Torpedofahrzeuge geeignet sein. Ein Versuch mit diesen Kesseln wäre schon deswegen zu wünschen, damit sich ersehen lässt, inwieweit sich die der Konstruktion zu grunde gelegten Ideen im praktischen Betriebe bewähren.

VII. Compoundkessel.

Die Bezeichnung »Compoundkessel« ist in neuerer Zeit für solche Kessel in Gebrauch gekommen, welche zum teil Wasserrohre, zum teil Feuerrohre besitzen. Die Wasserrohre liegen dem Roste stets am nächsten, gewöhnlich unmittelbar im Verbrennungsraum; sie haben daher die höchste Temperatur auszuhalten, und erst die nider warmen Heizgase durchströmen die Feuerrohre auf ihrem Wege zum Schornstein. Die Konstrukteure der Compoundkessel gehen von der Meinung aus,

einen Doppelkessel, der sich auf jeder Seite aus einem cylindrischen Feuerrohrkessel und einem darunter liegenden Wasserrohrkessel mit 2 Kammern zusammensetzt. Der Wasserrohrkessel mit seinen Kammern umschließt dabei den Feuerraum des Feuerrohrkessels. Die Wasserrohre sind ziemlich weit auseinander gerückt, um die Heizgase möglichst ungehindert durchzulassen. Oben auf die Wasserrohre sind nach innen Trennungsplatten gelegt, damit die Heizgase erst nach den

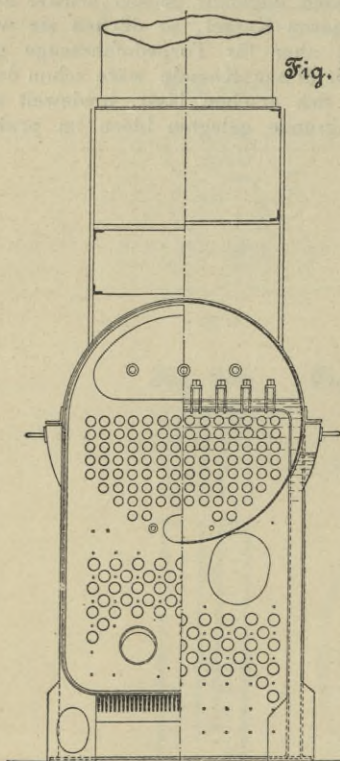


Fig. 268.

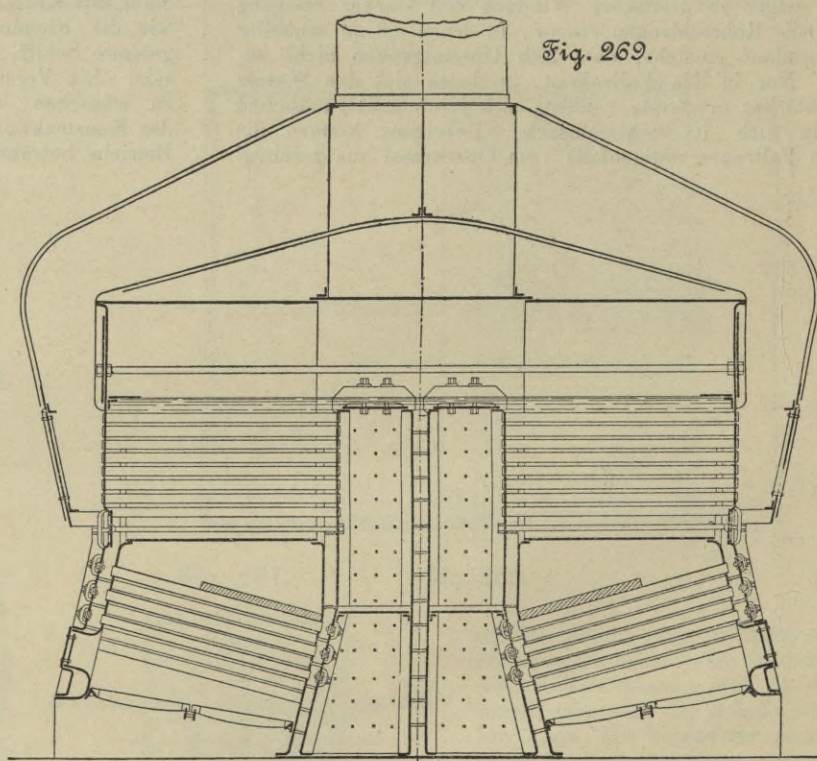


Fig. 269.

dass die vollkommenste Wärmeausnutzung der Heizgase entsteht, wenn diese möglichst weit zerstreut auf einer recht großen Fläche zur Wirkung gelangen. Um diese Ansicht zur Ausführung zu bringen, sind sie teilweise wieder auf die frühere Feuerrohrheizfläche zurückgekommen.

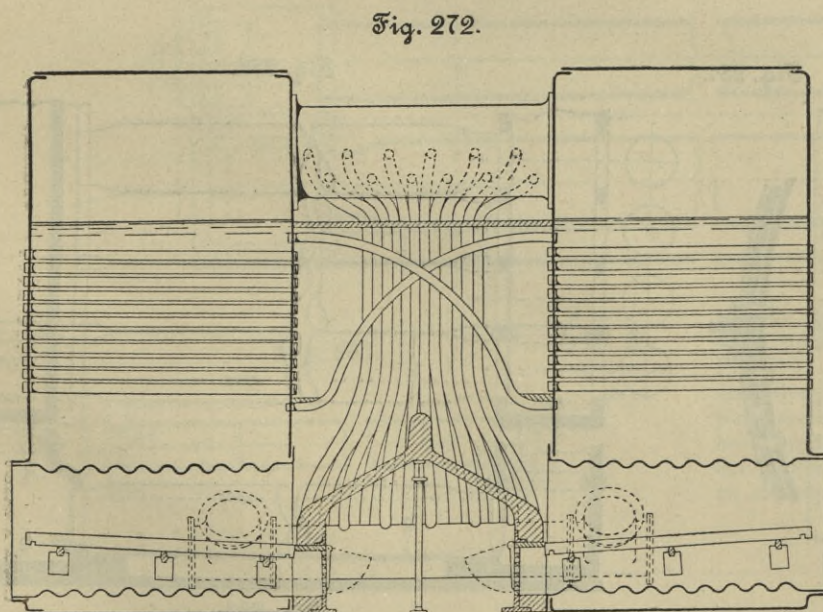
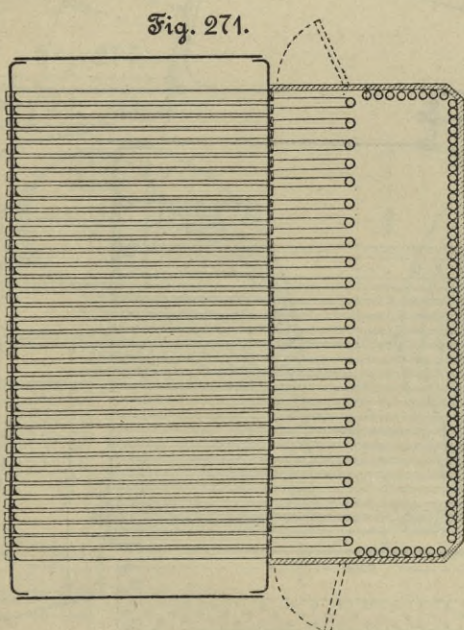
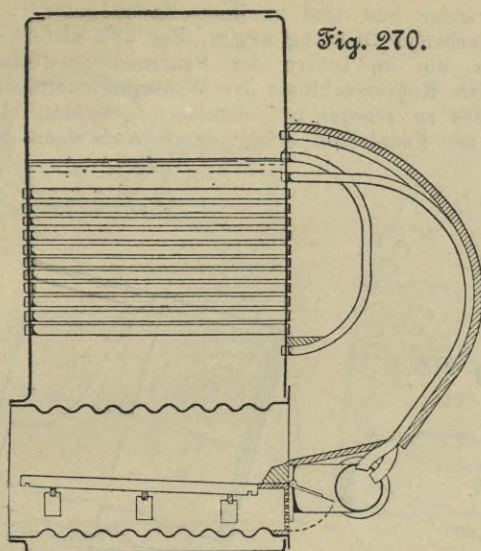
43) Der Anderson-Lyall-Kessel.

Der in Fig. 268 und 269 gezeichnete Compoundkessel wird von Anderson & Lyall¹⁾ in Glasgow gebaut. Er bildet

Frontwänden ziehen müssen, ehe sie durch ovale Kanäle in den inneren Wasserkammern in die hinteren Rauchkammern der Feuerrohrkessel treten können. Der Wasserrohrkessel gleicht in seiner Bauart genau denen der zweiten Gruppe, sodass darüber nichts weiter zu erwähnen ist.

Ein von Anderson & Lyall ausgeführter Kessel dieser Art, der mit 12,5 kg/qcm Ueberdruck arbeitet und 6,4 qm Rostfläche und 217,4 qm Heizfläche, Verhältnis 1 : 34, besaß, wog im betriebsfähigen Zustande mit Schornstein und Wasser 40,15 t oder 6270 kg auf 1 qm Rostfläche. Es ist also auch ein Kessel, der zu den schwereren zählt und daher wohl

¹⁾ Transactions of the Institution of Naval Architects 1894 S. 298.

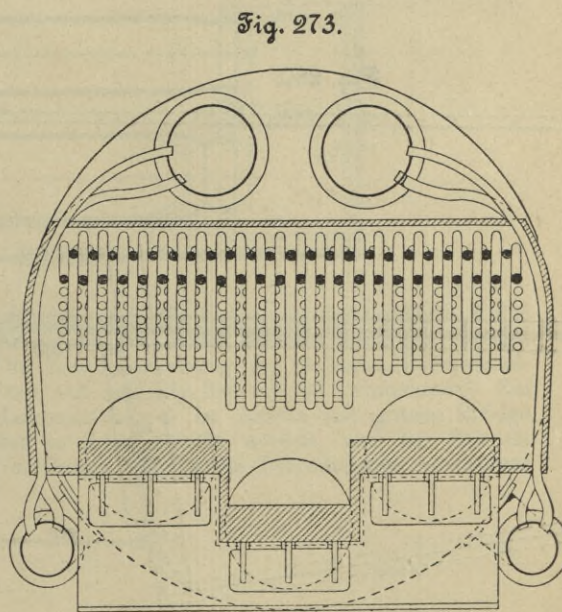


nicht mehr als 40 PS_i auf 1 t Kesselgewicht leisten wird. Unter der Aufsicht des bekannten Lloydbesichtigers Stromeyer ist der Kessel einem 5 stündigen Verdampfungsversuch unterzogen worden, wobei mit einer stündlichen Verbrennung von 89,3 kg Kohlen auf 1 qm Rostfläche 12,05 kg Wasser von 100° C in Dampf von 100° C verwandelt wurden. Die benutzten Wales-Kohlen hatten eine theoretische Verdampfungskraft von 14,97 kg, und der erzeugte Dampf besaß weniger als 1 pCt Feuchtigkeit. Trotz dieses guten wirtschaftlichen Erfolges wird sich der Kessel kaum auf Handelsdampfern einbürgern, weil er hierfür schon zu kompliziert ist.

44) Der Soliani-Kessel.

In der diesjährigen Frühjahrssitzung der Institution of Naval Architects¹⁾ schlug der italienische Schiffbaudirektor N. Soliani zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der bewährten schottischen Kessel vor, deren Rauchkammern und Wassersehenkel ganz zu beseitigen und an ihrer Stelle Wasserrohre anzubringen. Fig. 270 und 271 geben einen Einfachkessel dieser Art wieder, bei welchem die hintere Rauchkammer durch gebogene Rohre gebildet wird, die, unten aus einem mit dem Wasserraum in Verbindung stehenden weiteren Rohre aufsteigend, oben im Dampfraum münden. Fig. 272 und 273 stellen einen derartigen Doppelkessel so klar dar, dass eine weitere Beschreibung unnötig erscheint. Soliani führte in seinem Vortrage aus, dass die Wasserrohrkessel für die heutigen Torpedofahrzeuge nicht zu entbehren, dass sie auch für gewisse Klassen von Kriegsschiffen größerer Abmessungen recht vorteilhaft, dass ihnen aber auf Handelsschiffen und auf manchen Klassen von Kriegsschiffen die schottischen Kessel immer noch vorzuziehen seien. Es dürfte deshalb unter den Konstrukteuren zunächst wenig Neigung vorhanden sein, durch Verbesserungen wie die hier vorliegende die einfache und solide Form des schottischen Kessels zu durchbrechen; dazu kommt noch, dass der Soliani-Kessel für höheren Druck als 15 kg/qcm kaum geeignet sein dürfte und dass er beim Bruch eines Wasserrohres ebenfalls entleert werden muss, was wegen seines großen Wasserraumes viel umständlicher ist als bei den reinen Wasserrohrkesseln mit ihren kleinen Wasserräumen. Endlich sind die Wasserrohre eines solchen Compoundkessels viel schwieriger zugänglich als die eines Wasserrohrkessels und lassen sich daher auch nicht leicht zustopfen.

¹⁾ Transactions of the Institution of Naval Architects 1896.



45) Der Stroomann-Kessel.

Haben Anderson & Lyall sowie Soliani es hauptsächlich auf eine Verbindung des schottischen Kessels mit den Wasserrohrkesseln abgesehen, so stellt sich C. Stroomann in Köln a/Rh. die Aufgabe, in erster Reihe den Lokomotivkessel durch Einbau eines Wasserrohrkessels mit 2 Kammern wirtschaftlicher zu gestalten. Die Fig. 274 bis 279 zeigen einen solchen für ein Torpedoboot entworfenen Kessel, welcher denselben Raum einnimmt wie der frühere Lokomotivkessel mit Feuerrohren, den zu ersetzen er bestimmt ist. Durch Verkürzung der Feuerrohre und Verlängerung der Feuerkiste wurde Platz für den im Feuerraum untergebrachten Wasserrohrkessel gewonnen, dessen Konstruktion aus den verschiedenen Figuren deutlich hervorgeht. Beachtenswert ist hierbei, dass die hintere Wasserkammer keine durchgehenden Rohrlöcher, also auch keine Verschlüsse besitzt. Die Rohre werden nach vorn herausgenommen und auch von hier eingesetzt und mittels einer Rohrdichtmaschine mit einem mehr als 2 m langen Dorn von der Vorderseite aus in ihren Rohrwänden aufgewalzt. Die Rohre in den äußersten Rohrreihen auf beiden Seiten, welche den Feuerraum begrenzen, liegen dicht

neben einander und sind an ihren Enden verengt, einmal der erforderlichen Dichtung wegen, Fig. 282 und 283, dann aber auch, um im Innern der Feuerung auswechseln zu lassen. Die Rohrverschlüsse der Wasserkammern sind, wie aus Fig. 284 zu ersehen ist, metallisch gedichtet. Die Befestigung der Feuerrohre erfolgt durch Aufwalzen und Um-

Fig. 274.

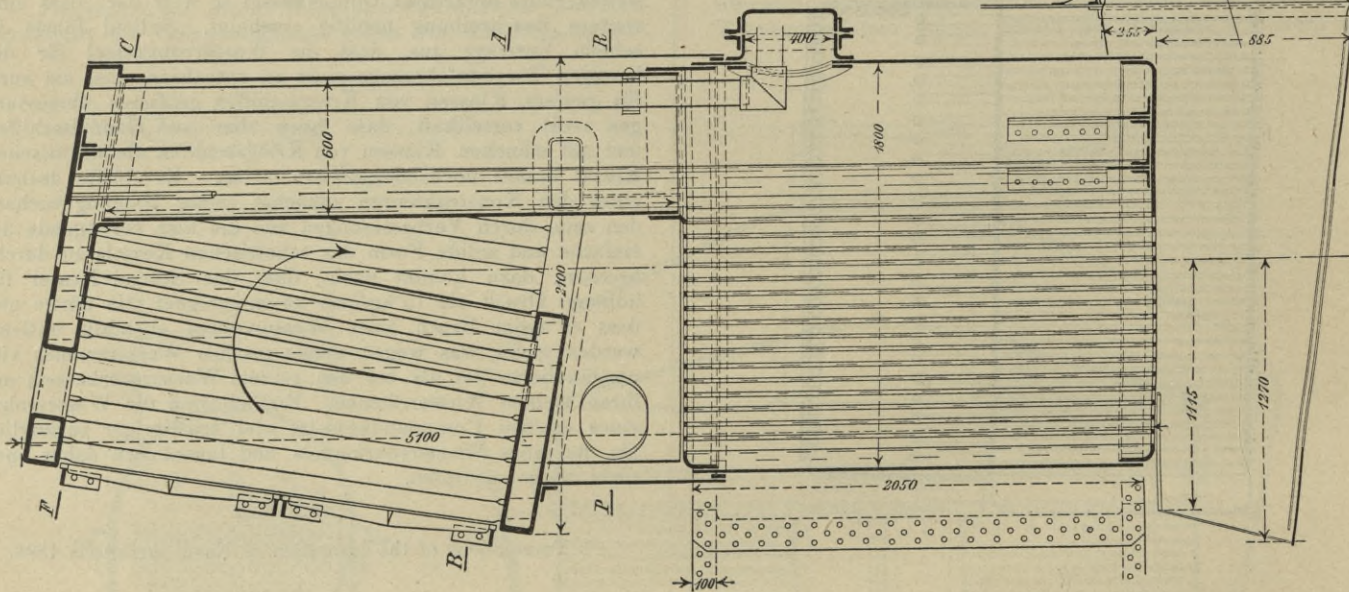
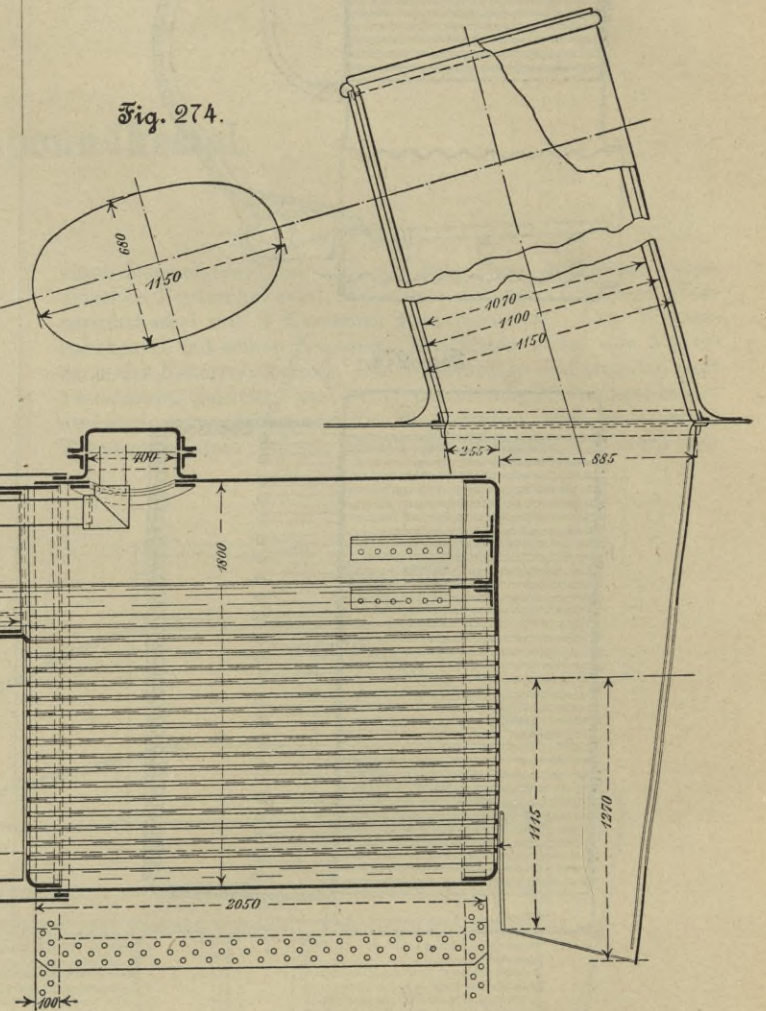


Fig. 280.

Fig. 281.

Fig. 282.

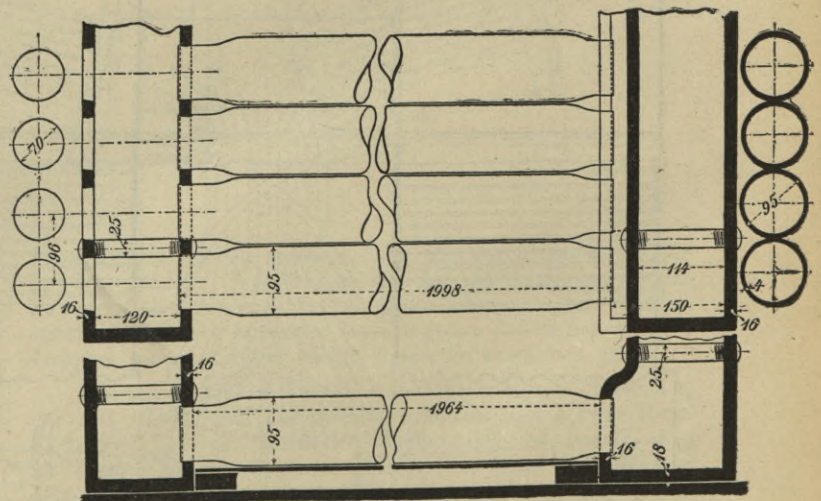
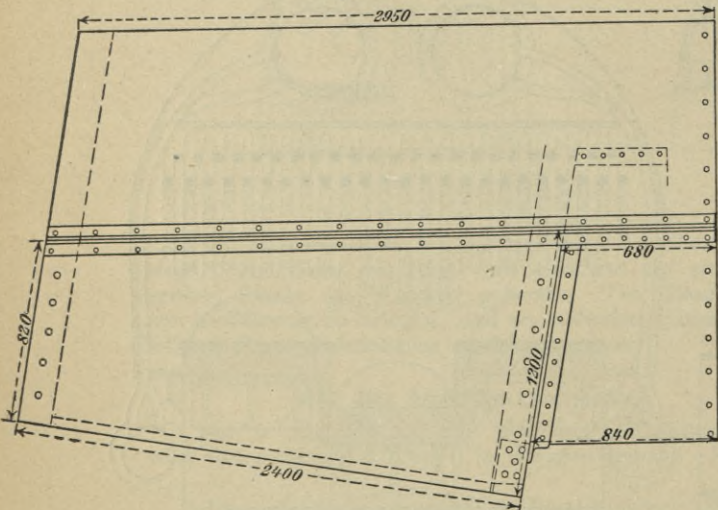


Fig. 283.

Fig. 275.

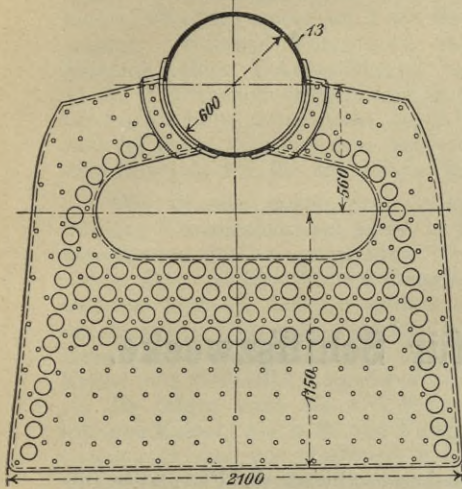


Fig. 276.

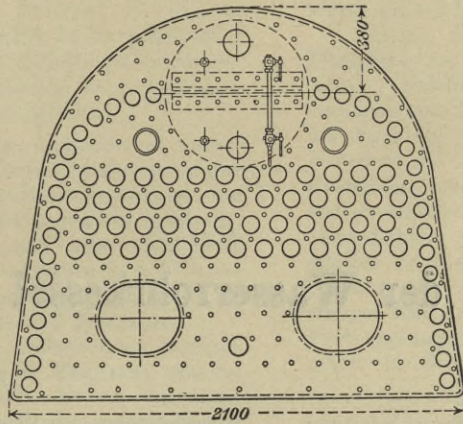


Fig. 279.

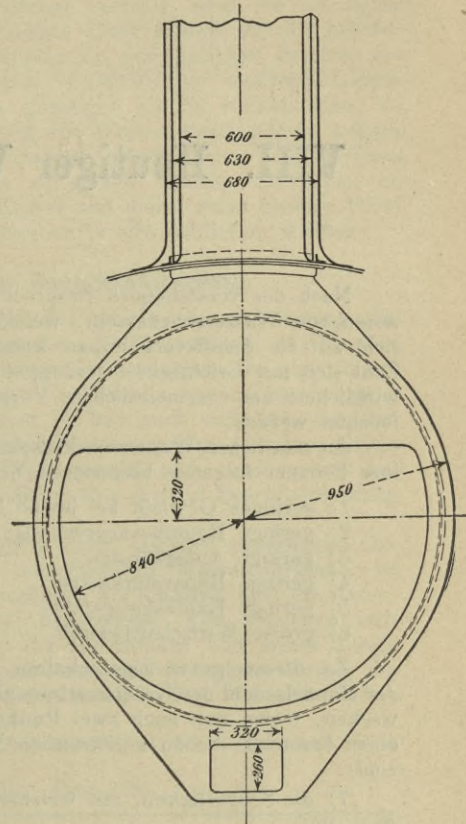


Fig. 277.

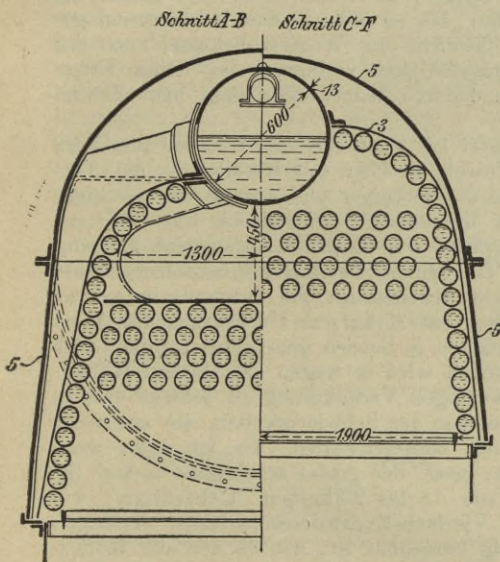


Fig. 278.

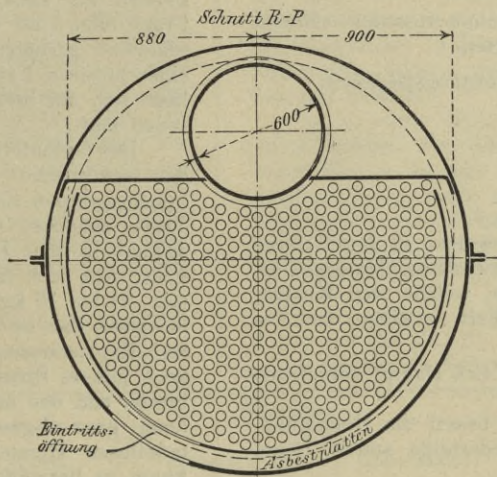


Fig. 284.

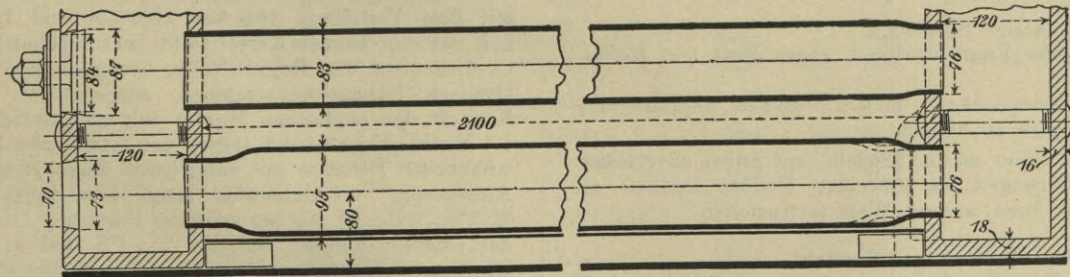
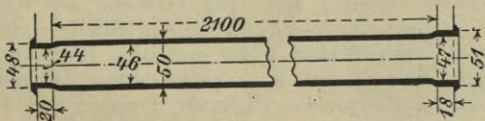


Fig. 285.



bördeln, und zwar sind die Rohre in der vorderen Rohrwand um 1 mm erweitert, in der hinteren um 2 mm verengt, Fig. 285. Die Zusammensetzung der äußeren Feuerkisten- umhüllung lässt sich aus Fig. 280 und 281 entnehmen. Ein Stromann-Lokomotivkessel ist bereits mit gutem Erfolge bei Prégardien in Kalk erprobt worden, und zur Zeit ist ein Versuch im Gange, um ihn für Torpedoboote verwendbar zu machen.

VIII. Heutiger Wert der Wasserrohrkessel für Schiffszwecke.

Nach der vorstehenden Besprechung der verschiedensten Arten von Wasserrohrkesseln, welche mit besonderer Rücksicht auf die Schiffsverhältnisse konstruiert sind, und deren Zahl sich mit Leichtigkeit verdoppeln liesse, sollen nun ihre wirklichen und vermeintlichen Vorzüge und Nachteile beleuchtet werden.

An sämtlichen Wasserrohrkesseln ohne Ausnahme rühmen ihre Erbauer folgende besonderen Vorteile:

- 1) geringes Gewicht bei hoher Leistungsfähigkeit,
- 2) geringe Raumbeanspruchung,
- 3) geringe Anlagekosten,
- 4) geringe Reparaturkosten,
- 5) geringe Explosionsgefahr,
- 6) grosse Wirtschaftlichkeit.

Zu diesen guten Eigenschaften, welche in den Kreisen der Handels- und der Kriegsmarinen gleichmäfsig Interesse erwecken, treten nun noch zwei Punkte, welche den Kesseln einen besonders hohen militärischen Wert verleihen, und das sind:

- 7) die Schnelligkeit, mit welcher sich Dampf aufmachen lässt, und
- 8) die Widerstandsfähigkeit oder besser die Unempfindlichkeit der Kesselkörper gegen wiederholte starke Beanspruchungen.

Selbstredend kann es bei so hellen Lichtseiten nicht an tiefen Schlagschatten fehlen, und so führen die Gegner der Wasserrohrkessel folgende Nachteile ins Gefecht:

- 9) ihre Neigung zum Ueberkochen bezw. zur Erzeugung nassen Dampfes,
- 10) die schwierige Speisung,
- 11) die grosse Empfindlichkeit gegen Rost und Verunreinigungen,
- 12) die Unmöglichkeit, undichte Rohre während des Betriebes verstopfen zu können.

Es wird sich nun darum handeln, auf grund zuverlässig verbürgter Erfahrungen die einzelnen Punkte kritisch zu untersuchen und ihren wahren Wert festzustellen.

1) Geringes Gewicht.

Eine Verminderung des Gewichts weisen die rohen Körper der Wasserrohrkessel gegenüber denen der schottischen und Lokomotivkessel meistens auf. Die grösste Gewichtsparsnis erreichen die Wasserrohrkessel indessen durch die geringe Wassermenge, die sie umschliessen. An dem Gewicht der Armatur ist nichts zu ersparen, es ist bei Kesseln, die nach den im Deutschen Reiche geltenden Vorschriften ausgerüstet werden müssen, ziemlich gleich. Die eigentlichen Feuerungseinrichtungen werden bei den Wasserrohrkesseln wegen der mehr oder minder ausgemauerten Feuerungen vielfach schwerer als bei anderen Kesseln; Rauchfänge und Schornsteine fallen dagegen etwa gleich schwer aus. Auch das Gewicht der Heizraumeinrichtungen, welches dem Betriebsgewicht der Kessel zuzuzählen ist, lässt sich nicht beschränken, denn die Speise-

vorrichtungen, die Ventilationsmaschinen, die Flurplatten, die Leitern und das Heizgeschirr werden nicht sehr verschieden sein können.

Wenn nun auch zugegeben werden muss, dass die Wasserrohrkessel, Gewicht mit Gewicht verglichen, leichter ausfallen können als andere Kessel, so bleibt doch noch immer die Frage offen, ob denn das so sehr in den Vordergrund geschobene geringere Gewicht der Wasserrohrkessel auch mit einer höheren Leistungsfähigkeit verbunden ist. Diese Frage lässt sich am besten dadurch beantworten, dass man Zahlen reden lässt.

Der Cylinderkessel mit rückkehrender Flamme oder kurz der »schottische« Kessel, welcher seit Einführung der Verbundmaschinen Ende der sechziger und Anfang der siebziger Jahre zunächst nur mit einem Betriebsdruck von 4 kg/qcm sowohl in der Handels- wie in der Kriegsmarine Eingang fand, hat sich für die heutige Dreifach-Expansionsmaschine mit 10 bis 12 kg/qcm Arbeitsdruck als durchaus brauchbar bewiesen und ist sogar mit 15 kg/qcm Ueberdruck für Vierfach-Expansionsmaschinen in Betrieb genommen worden. Für noch höhere Spannungen wird er wegen der starken Hüllenbleche und der notwendigen Verankerung zu schwer und zu teuer, ganz abgesehen von den Schwierigkeiten, die sich einer tadellosen Herstellung entgegenstellen. Es ist daher wohl kaum zu bezweifeln, dass der grosse schottische Kessel für Dampfspannungen von 18 bis 20 kg/qcm Ueberdruck, wie sie die zukünftigen Vierfach-Expansionsmaschinen verlangen werden, ebensowenig brauchbar ist, wie es der alte Kessel für 4 kg/qcm Betriebsdruck war (s. Z. 1891 S. 1205). Trotzdem aber bleibt es von Interesse, zu erfahren, wie es mit dem Verhältnis zwischen Gewicht und Leistungsfähigkeit der schottischen Kessel steht, und darüber giebt Durston, Cheffingenieur der Royal Navy, bezüglich der neuesten mit Dreifach-Expansionsmaschinen ausgerüsteten Panzer und Kreuzer der englischen Marine folgende Aufschlüsse¹⁾. Auf 1 t Betriebsgewicht leistet der schottische Kessel im gewöhnlichen Betriebe mit natürlichem Zuge 12 bis 18 PS_i; bei Anwendung von Unterwind steigt diese Leistung auf etwa 20 PS_i, während sie bei stärkster Forcirung (Kreuzer III. Kl. der »Medea«-Klasse) bis auf 25,3 PS_i und in einem Falle (Kreuzer I. Kl. »Blenheim«) sogar auf 28,3 PS_i gekommen ist; hiermit dürfte die äusserste Grenze der Leistungsfähigkeit erreicht sein, weil hierbei schon auf 1 qm Rostfläche 202 PS_i mit einer Luftpressung von 50 mm Wassersäule erzeugt werden mussten. Unter »Betriebsgewicht« ist, wie nochmals hervorgehoben werden soll, das Gewicht des Kessels mit Armatur, mit der gesamten Feuerungseinrichtung einschliesslich Schornsteins, mit Wasser sowie mit allen Einrichtungen des Heizraumes nebst den dort aufgestellten Hilfsmaschinen, Rohrleitungen, Flurplatten, Podesten, Treppen und dem Heizgeschirr verstanden.

Auch für die Lokomotivkessel der auf grund der Naval Defence Act erbauten englischen Torpedokanonenboote führt

¹⁾ Proceedings of the Institution of Civil Engineers, London 1891.

Durston die ermittelte Leistung auf. Sie erreichten auf 1 t Betriebsgewicht bei natürlichem Zuge 21 bis 26 PS_i, bei Forcirung mit Unterwind 30 bis 37 PS_i, ja in einem Falle (»Karakatta«) 40,4 PS_i, wobei auf 1 qm Rostfläche 217 PS_i erzeugt wurden. Während Thornycroft noch im Jahre 1889 die Leistung seiner Lokomotivkessel bei forcirtem Betriebe zu 43 PS_i in Torpedobootjägern und zu 48 PS_i in Torpedobooten für 1 t Kesselbetriebsgewicht angab¹⁾, erzielte Schichau bereits im Jahre 1892 auf dem österreichischen Torpedokreuzer »Satellit«²⁾ 51 PS_i für das gleiche Kesselgewicht.

Die in den ersten drei Gruppen aufgeführten geradrohrigen Wasserrohrkessel haben es bis jetzt nach den an den betreffenden Stellen mitgetheilten Probefahrtergebnissen auf wenig über 30 PS_i für 1 t Kesselbetriebsgewicht gebracht; meistens sind sie darunter geblieben, und zwar nicht blofs die deutschen Dürr-, die amerikanischen Babcock & Wilcox-Kessel, sondern auch die so sehr gerühmten französischen Kessel von Belleville, Lagrafel-d'Allest und Niclausse.

Es folgen dann die viel Wasser enthaltenden krummrohrigen Kessel, wie z. B. von Fleming & Ferguson, und die Compoundkessel von Anderson & Lyall, die es auf etwa 40 PS_i für 1 t Kesselgewicht bringen. Noch besser sind die großen Ward-Kessel, welche es in »Monterey« auf rd. 60 PS_i gebracht haben. Die älteren Thornycroftschen Kessel, wie »Geysers« und »Speedy« sie besitzen, sind im ersten Schiff nur auf 39 PS_i, im letzteren nur auf 44 PS_i für 1 t Kesselgewicht gekommen, oder mit anderen Worten: sie haben weniger geleistet als jahrelang vorher Thornycrofts Lokomotivkessel. Dagegen haben die neuen Thornycroftschen Kessel ebenso wie die von Normand, Yarrow, Reed, Blechynden und anderen auf den englischen 27 Knoten laufenden Torpedobootjägern, wie bei ihrer Besprechung angegeben wurde, rd. 80 PS_i auf 1 t Kesselgewicht bei forcirtem dreistündigem Betriebe geleistet, wonach sie den besten Lokomotivkesseln um etwa 30 PS_i oder um fast 40 pCt überlegen sind.

Wenn es gestattet ist, aus diesem immerhin nur spärlichen Zahlenmaterial Schlüsse zu ziehen, so ist das Betriebsgewicht der geradrohrigen Wasserrohrkessel

¹⁾ Transactions of the Institution of Naval Architects 1889 S. 272.

²⁾ Z. 1894 S. 457.

im Verhältnis zu ihrer Leistungsfähigkeit bisher nicht viel geringer als das der schottischen Kessel und stellt sich sehr viel ungünstiger als das der Lokomotivkessel. Nur die neuesten Wasserrohrkessel mit gebogenen Rohren bieten eine wesentliche Gewichtsverminderung dar.

Unsere deutschen Flüsse werden bereits von einigen Dampfmaschinen mit Wasserrohrkesseln heimischer Fabriken befahren, welche Dampf durch die dabei erzielte Gewichtsersparnis eine Tiefgangsverminderung erfahren. Zur Klarlegung der Sachlage wäre es höchst wertvoll, wenn die beteiligten Fabriken die Betriebsgewichte dieser Kessel und die bei der Probefahrt und noch besser im gewöhnlichen Betriebe erzielten Maschinenleistungen veröffentlichen wollten. Liegen diese Zahlen wesentlich günstiger als die vorstehenden, so würden sie der Einführung von Wasserrohrkesseln in weitem Umfange förderlich sein; bald stände dann eine gröfsere Menge von Erfahrungen zu Gebote, welche den Keim zu Verbesserungen dieser Kessel und damit einen großen Fortschritt im Schiffsmaschinenbau in sich schliessen würden.

2) Geringe Raumbeanspruchung.

In den meisten Schiffen macht die Gewinnung der Grundfläche für die Aufstellung der Kessel und des für ihre Zugänglichkeit erforderlichen Raumes neben den eigentlichen Heizstätten gröfsere Schwierigkeiten als die Unterbringung der Höhe nach; deswegen ist hier auch nicht der von den Kesseln beanspruchte Kubikinhalte, sondern die Grundfläche der Heizräume in Vergleich gestellt und, weil andere Anhaltspunkte fehlen, auf die größte erzielte Maschinenleistung bezogen worden.

Ist es schon nicht ganz leicht, wirklich zuverlässige Gewichtsangaben für die verschiedenen Wasserrohrkessel zu beschaffen, so ist dies bezüglich der Angaben über die Raumbeanspruchung noch viel schwieriger. Für »Speedy« teilt Thornycroft eine Skizze des Heizraumes und seiner Länge mit¹⁾. Belleville giebt für eine Anzahl seiner Kessel die Heizraumgröfsen an²⁾, die zum teil in Fig. 17 bis 20 wieder-

¹⁾ Transactions of the Institution of Naval Architects 1894 S. 331 und Taf. XLVIII.

²⁾ Générateurs Belleville, Paris 1895.

Schiffsname	Maschinenleistung PS _i	Heizräume				Bemerkungen
		Breite m	gesamte Länge m	Grundfläche qm	Leistung auf 1 qm Grundfläche PS _i	
1	2	3	4	5	6	7
I. Schottische Kessel.						
Hohenzollern	9 635	13,5 und 12,25	16,25	418,5	23,0	4 Doppel- u. 4 Einfachkessel
Kaiserin Augusta	14 015	I 17,0 II 14,75 III 12,0	I 9,85 II 12,0 III 12,0	488,4	28,7	8 Doppelkessel
Wörth	10 228	12,3	28,5	350,5	29,2	12 Einfachkessel
II. Lokomotivkessel.						
Beowulf	4 866	7,87	20,25	159,4	30,5	4 Kessel
Satellit	4 600	4,80	17,50	84,0	52,4	4 »
Kasarski	3 500	5,00	10,00	50,0	70,0	2 »
III. Wasserrohrkessel.						
Alger	5 089	8,10	30,15	244,2	20,8	24 Belleville-Kessel
Latouche-Tréville	7 300	8,20	25,28	207,3	35,2	16 » »
Léger	2 170	4,42	15,70	69,4	31,3	6 » »
Brennus	13 810	16,00	24,00	384,0	36,0	32 » »
Bouvet	14 000	12,15	31,20	379,0	36,9	32 » »
Charlemagne	14 500	9,00	36,6	329,4	44,0	20 » »
Powerful und Terrible	25 000	I und II 10,0 III und IV 12,8	I und II 20,8 III und IV 38,0	697,7	35,8	48 » »
Rossya	14 500	10,65	48,90	520,8	27,8	32 » »
Friant	9 438	I 6,69 II und III 9,63	33,00	285,4	33,0	20 Niclausse-Kessel
Speedy	4 703	5,72	20,80	119,0	39,5	8 Thornycroft-Kessel
Fei-Ying	5 000	I 5,50 II 6,00	17,50	100,1	50,0	8 Yarrow-Kessel
Monterey	5 244	12,19	11,73	143,0	36,6	4 Ward-Kessel und
Torpedoboote 3, 4 und 5	2 000	3,30	12,90	42,56	47,0	2 schottische Kessel 2 Mosher-Kessel

gegeben sind. Niclausse veröffentlichte die in Fig. 175 bis 179 mitgeteilte Zeichnung über die Unterbringung seiner Kessel auf dem Kreuzer »Friant«; Ward desgl. die Fig. 258 und 259 über die Aufstellung der Kessel auf »Monterey«; dem Stettiner Vulcan verdanke ich die Angaben über »Fei-Ying« und der Firma Schichau diejenigen über »Satellit« und »Kasarski«. Hiernach und nach einigen bewährten Maschinenanlagen unserer Marine ist die Tabelle auf S. 71 zusammengefasst.

Die Schiffe dieser Tabelle sind mit Dreifach-Expansionsmaschinen von durchweg 12 kg/qcm Anfangsüberdruck versehen, sodass die Zahlen der Spalte 6 unmittelbar für den Vergleich herangezogen werden können. Da »Hohenzollern«¹⁾ mit ungewöhnlich großen Heizräumen ausgestattet ist, so ist sie zwar für den Vergleich weniger geeignet, übertrifft aber trotzdem in der nutzbaren Verwendung dieser Räume noch »Alger« mit Belleville-Kesseln. Für »Kaiserin Augusta« und »Wörth« würden sich die Vergleichszahlen, die jenen von »Rossya« und »Léger« etwa gleich sind, wahrscheinlich auch von denen des französischen »Charlemagne« nicht so weit entfernen, wenn dessen wirkliche Maschinenleistung statt der erhofften berücksichtigt werden könnte. Die Raumersparnis bei geradrohrigen Wasserrohrkesseln — Belleville-Kesseln — gegenüber schottischen Kesseln ist jedenfalls nicht sehr bedeutend, und die krummrohrigen Wasserrohrkessel nehmen mehr Raum ein als Lokomotivkessel, auf keinen Fall beanspruchen sie weniger Platz. Aber selbst wenn sich durch eine gedrängte Anordnung der Wasserrohrkessel eine grössere Raumersparnis hätte erzielen lassen, so könnte diese doch so lange nichts nützen, als nicht eine wesentliche Verminderung des Kesselgewichtes im Verhältnis zur Maschinenleistung damit verbunden wäre. Wollte man, wie heute die Dinge liegen, den etwa ersparten Raum zu den Kohlenbunkern schlagen, so würde man mit der Vermehrung des Kohlenvorrats nur eine Vergrößerung der Wasserverdrängung und damit des Schiffswiderstandes herbeiführen. Augenblicklich könnte also der von den Wasserrohrkesseln etwa weniger eingenommene Raum nur zur Herstellung

möglich ist, ihnen Wasserrohrkessel zu geben«, cylindrische Doppelkessel erhalten, wie sie bereits der Kreuzer I. Klasse »D'Entrecasteaux« von 8114 t Wasserverdrängung aus demselben Grunde erhalten musste. Der Kreuzer I. Klasse »Jeanne d'Arc« war auch ursprünglich mit schottischen Doppelkesseln geplant und sollte 8407 t Wasserverdrängung erhalten; nachdem nun nachträglich, wie bereits gesagt wurde, Normand-Kessel für ihn vorgesehen sind, hat man seine Wasserverdrängung auf 11 000 t erhöhen müssen. Während ferner »Bouvet« und »Brennus« für eine Maschinenleistung von 14 000 PS_i noch 32 Belleville-Kessel erhielten, hat man deren Zahl bei den neuesten Panzern »Charlemagne«, »Saint Louis« und »Gaulois« mit 14 500 PS_i bereits auf 20 eingeschränkt, was durch die Raumverhältnisse sicherlich geboten war; denn es ist sonst für den Betrieb solcher Kessel praktischer, wenn man sie in mehr Einheiten zerlegt, wie bei ihrer Besprechung bereits ausgeführt worden ist.

3) Geringe Anlagekosten.

Schon bei der Erörterung des Gewichtes der Wasserrohrkessel ist zugegeben, dass ihre rohen Kesselkörper nicht so schwer ausfallen wie die von schottischen und von Lokomotivkesseln. Die Menge des verarbeiteten Materials — heute meistens Stahl — ist bei ihnen also geringer als bei anderen Kesseln, muss daher auch weniger kosten. Hierzu kommt nun noch, dass sie aus einer großen Anzahl völlig oder nahezu übereinstimmender einzelner Teile (Rohre und ihre Verschlüsse) bestehen, die sich vielfach durch besondere Werkzeugmaschinen zweckentsprechend und billig bearbeiten lassen. Auch der für den Zusammenbau dieser Teile zu zahlende Arbeitslohn ist gering gegenüber demjenigen bei schottischen und Lokomotivkesseln. Um so verwunderlicher ist es daher, wenn eine Wasserrohrkesselanlage sowohl absolut wie relativ sehr viel teurer zu stehen kommt als eine solche mit schottischen oder Lokomotivkesseln, wie die nachstehende Tabelle beweist.

Kesselanlage für eine Maschinenleistung von 9000 PS_i.

Schiffsname	Anzahl und Art der Kessel	Dampfüberdruck im Kessel kg/qcm	Dampfüberdruck im Hochdruckcylinder kg/qcm	Rostfläche qm	Heizfläche qm	Gewicht der Kessel t	Kosten der Kessel M	1 t Kessel kostet M	1 PS _i kostet M	wirklich erzielte Leistung PS _i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bugeaud	24 Belleville-Kessel	17,0	12,0	70,15	2000,6	273,3	482 856	1767	53,6	noch nicht erprobt
Chasseloup-Laubat	20 d'Allest-Kessel	15,0	12,0	68,00	1807,0	229,2	402 640	1757	44,7	9700
Friant	20 Niclausse-Kessel	15,0	12,0	72,72	2168,0	227,4	492 136	2164	54,7	9503
—	4 schottische Doppelkessel	12,0	12,0	66,00	2000,0	358,0	376 000	1050	41,8	—

Kesselanlage für eine Maschinenleistung von 4800 PS_i.

—	8 Thornycroft-Kessel	12,0	12,0	25,25	1500,0	135,0	295 000	2185	61,5	noch nicht erprobt
—	4 Lokomotiv-Kessel	12,0	12,0	20,35	1100,4	138,5	199 000	1437	44,8	4866

geräumigerer, luftigerer und deshalb für die Heizer angenehmerer und bequemerer Arbeitstätten verwendet werden, was immerhin ein großer Vorzug bleibt, der aber, wie das Beispiel von »Hohenzollern« zeigt, unter Umständen mit schottischen Kesseln ebenfalls erzielbar ist. Die durch Wasserrohrkessel ermöglichte Raumersparnis kann erst dann zu einer Erhöhung der Ladefähigkeit bei Handelsschiffen bzw. zu einer Erweiterung des Aktionsradius bei Kriegsschiffen führen, wenn mit ihr eine wesentliche Gewichtsverminderung im Verhältnis zur Maschinenleistung Hand in Hand geht. Das letztere ist nun wohl bei den krummrohrigen Wasserrohrkesseln der Fall, aber diese verlangen denselben Raum wie Lokomotivkessel. Wie es scheint, hat man in Frankreich bereits eingesehen, dass von einer Raumersparnis bei Wasserrohrkesseln nicht die Rede ist, denn die neuen großen Kreuzer I. Klasse²⁾ von etwa 8500 bis 9000 t Wasserverdrängung sollen, »wenn es Raummangels wegen nicht

Zuerst sind hier die von der französischen Regierung gezahlten Preise für die Wasserrohrkessel ihrer Kreuzer II. Klasse mit den in Deutschland für eine Anlage mit schottischen Doppelkesseln von gleicher Leistung zu zahlen verglichen, wobei in beiden Fällen die Gewichte, welche der Fabrikant zu liefern hat, d. h. die der Kesselkörper einschliesslich feiner und grober Garnitur, jedoch ausschliesslich Schornsteine, Rauchfänge, Heizraumeinrichtungen usw., zu grunde gelegt sind. Danach kostet die Tonne Wasserrohrkessel fast doppelt so viel wie die Tonne von schottischen Kesseln. Nicht viel anders stellt sich dieses Verhältnis im Vergleich mit den Lokomotivkesseln, wobei dieselben Gewichte wie vorher eingesetzt sind. Bezieht man die Kesselkosten auf die vertragsmässig zu leistende Maschinenstärke, dann vermindern sich zwar die Ausgaben für die Wasserrohrkessel, bleiben aber selbst dann noch sehr viel höher als die für die anderen Kessel. Die hohen Preise der französischen Wasserrohrkessel sind ja erklärlich, wenn man ihre viel zu saubere Ausführung in betracht zieht, auf die bereits mehrfach hingewiesen wurde. Es ist möglich, dass sich bei einer grösseren

¹⁾ Z. 1895 S. 523.

²⁾ Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens 1895 S. 863.

Anzahl von Vergleichen für die Wasserrohrkessel günstigere Zahlen ergeben, aber soviel dürfte doch festgestellt sein, dass von einer irgendwie erheblichen Verminderung der Anlagekosten infolge Verwendung von Wasserrohrkesseln auf Schiffen nicht die Rede sein kann.

4) Geringe Reparaturkosten.

In der Regel beschränken sich die Reparaturen der Wasserrohrkessel auf die Auswechslung schadhafter Rohre, seltener erstrecken sie sich auf unbrauchbar gewordene Rohrverschlüsse; die in jedem einzelnen Falle entstehenden Kosten können deshalb nur gering sein, besonders wenn die auseinander zu nehmenden Teile metallisch gedichtet sind, eine Erneuerung von Packungen also nicht damit verknüpft ist. Nach den Erfahrungen in der französischen Marine¹⁾ treten aber solche Reparaturen durchschnittlich sehr viel häufiger auf, als Ausbesserungen an schottischen oder Lokomotivkesseln nötig sind, und es bleibt das Endergebnis, dass die Gesamt-Reparaturkosten einer Wasserrohrkesselanlage sich höher stellen als bei anderen Kesseln. Bestätigt wird dies vom Oberingenieur Vogt des Bergischen Dampfkesselrevisionsvereines zu Barmen, welcher mitteilt²⁾, dass von den in den beiden Jahren 1890 und 1891 seiner Verwaltung unterworfenen Dampfkesseln je 10 Wasserrohrkessel von 100 einer größeren Reparatur unterzogen werden mussten, während von den anderen Kesseln nur 2,3 von 100 reparaturbedürftig waren. Hierzu kommt noch, dass die Speisevorrichtungen, und zwar besonders die selbstthätigen (an den Belleville-Kesseln und in neuerer Zeit auch an den Yarrow, Thornycroft- und Reed-Kesseln), einer großen Aufmerksamkeit und Pflege bedürfen, dass sich durch die für jeden einzelnen Kessel erforderliche Dampfmaschine, durch Ueberhitzer, Drosselventile und andere für den Betrieb der Wasserrohrkessel nötige Vorrichtungen die Zahl der maschinellen Anhängsel vermehrt, wodurch die allgemeinen Unterhaltungskosten ebenfalls gesteigert werden. Die höheren Kosten der Wasserrohrkessel werden indessen ausgeglichen durch die Zeitersparnis bei ihren Reparaturen, weil sich diese durchweg viel schneller ausführen lassen, als das bei anderen Kesseln möglich ist. In den Belleville-Kesseln, deren Rohre in die Kopfstücke eingeschraubt sind, vollzieht sich der Ersatz eines während des Betriebes schadhaft gewordenen Rohres trotz des Abstellens und Entleerens des Kessels so schnell, dass er schon nach zwei Stunden wieder an die übrigen angeschlossen werden kann. In den Dürr- und Niclausse-Kesseln mit konisch eingesetzten Rohren geht das Rohrauswechseln noch schneller, beim kalten und entleerten Kessel kann es sogar in wenigen Minuten geschehen. Dabei haben diese Kessel den Vorzug, dass der ganze Vorgang sich lediglich an der Kesselfront vollzieht, während bei den Belleville-Kesseln das betreffende Rohrelement erst aus der Kesselhülle herausgehoben und in den Heizraum genommen werden muss. Noch schwieriger ist das Auswechseln bei den an beiden Enden eingewalzten geraden Rohren der Wasserkammerkessel, und am schwierigsten und zeitraubendsten bei den Kesseln mit gebogenen Rohren; so dauert die hierdurch bedingte Betriebsunterbrechung bei einem Thornycroft-Kessel etwa 5 Stunden, und viel schneller wird es bei keinem zu derselben Gruppe gehörenden Kessel, vielleicht mit Ausnahme des Blechynden- und des neueren Yarrow-Kessels, gehen. Mit der leichten Reparaturfähigkeit der neuesten Wasserrohrkessel, die sich auf ihre Zusammensetzung aus vielen einzelnen kleinen Teilen gründet, hängt noch ein anderer sehr großer Vorzug zusammen. Beim Ersatz alter ausgefahrener Kessel durch neue muss man auf den meisten Schiffen mit schottischen oder Lokomotivkesseln die Decks aufreißen, was besondere Schwierigkeiten auf Schiffen mit Panzerdecks im Gefolge hat. Beim Einbau neuer Wasserrohrkessel anstelle alter ausgefahrener lassen sich diese Arbeiten und ihre Kosten ersparen, weil die einzelnen Teile bequem durch das Kesselluk nach

unten gegeben und erst an Ort und Stelle im Heizraume selbst zusammengesetzt werden können. Wenn sich also auch wohl die Reparaturkosten der Wasserrohrkessel im allgemeinen etwas höher stellen als die anderer Kessel, so werden diese Mehrkosten gewiss allseitig gern getragen angesichts der Leichtigkeit und Schnelligkeit, mit welcher sich Reparaturen vollziehen lassen.

Besonders die leichte und einfache Ausführbarkeit der Reparaturen ist der Grund, weshalb man in der Handelsmarine schon heute den Wasserrohrkesseln für solche Dampfer häufig den Vorzug giebt, welche in wenig erschlossenen fernen Ländern den Fluss- oder Küstenverkehr aufrecht erhalten sollen und der klimatischen Einflüsse oder der Billigkeit wegen von Eingeborenen bedient werden müssen. Ein derartiges Vorgehen ist durchaus zu rechtfertigen, weil die Wasserrohrkessel unter solchen Verhältnissen ganz am richtigen Platze sind, vorausgesetzt natürlich, dass sie nicht zu unverständig behandelt werden.

5) Geringe Explosionsgefahr.

Die geringe Explosionsgefahr der Wasserrohrkessel wird gewöhnlich mit ihrer kleinen Wassermenge begründet, und daraus gefolgert, dass bei der Explosion eines solchen Kessels wohl das in dem betreffenden Heizraume anwesende Personal getötet werden könnte, indessen umfangreichere Zerstörungen des Schiffskörpers und damit weitere Verluste von Menschenleben nicht zu beklagen sein würden. Nun ist ja richtig, dass die meisten Belleville- und die älteren Thornycroft-Kessel ungefähr nur 1 cbm Wasser enthalten, die Lagrafeld'Allest- und die Niclausse-Kessel kommen aber fast auf 3 cbm, während Dürr- und Babcock & Wilcox-Kessel sogar über 4 cbm Wasser fassen. Bei den in diesen Kesseln gewöhnlich auf 15 bis 17 kg/qcm Ueberdruck gehaltenen Dampfspannungen und der hierdurch bedingten hohen Flüssigkeitswärme ihres Wassers entsteht bei einer plötzlichen Druckentlastung, wie sie bei einer Explosion eintritt, aus jedem Kubikmeter Kesselwasser eine Dampfmenge, welche an explosiver Wirkung je nach der Spannung etwa 125 bis 135 kg Schießpulver gleich zu achten ist, wenn die von 1 kg Schießpulver entwickelte Gasmenge zu 2,5 cbm Gas vom Atmosphärendruck angenommen wird. Ob unter solchen Verhältnissen ein explodirender Wasserrohrkessel (Ober- oder Unterkessel bzw. Wasserkammer) keine verheerenden Wirkungen am Schiffskörper anrichten wird, wäre noch erst zu erweisen. Thatsache ist, dass der mit 12 kg/qcm Ueberdruck arbeitende Lokomotivkessel, welcher im Frühjahr 1895 auf dem türkischen Torpedobootjäger in der Eckernförder Bucht explodirte, 4,7 cbm Wasser enthielt, wovon 1 cbm erst etwa 114 kg Schießpulver an explosiver Wirkung gleichkommt — und wie furchtbar war die im Schiffe angerichtete Verwüstung! Der Trost, welcher in der kleineren Wassermenge liegt, ist also mehr eingebildet als wirklich.

Wenn nun vollständige Explosionen an Wasserrohrkesseln weniger zu erwarten sind und man es mehr mit dem Zerplatzen eines Rohres oder dem Springen eines Verschlusskopfes usw., also nur mit kleineren teilweisen Explosionen zu thun haben wird, so bleiben doch auch diese für das Bedienungspersonal bedenklich genug. Es heißt immer, aus einem geplatzten Rohr werde der Dampf oder das Wasser ausblasen, wie z. B. aus einem sehr undichten Armaturteil oder dem geöffneten Sicherheitsventil; die Heizer würden daher immer Gelegenheit finden, rechtzeitig zu entweichen. Arbeiten sie in den tiefliegenden geschlossenen Heizräumen eines großen Dampfers, so ist ein Entkommen schon schwieriger als aus dem offenen gleich unter Deck befindlichen Heizraum eines kleinen Dampfers. Aber selbst in dem letzteren günstigsten Falle dürfte es ohne Verletzungen leider nicht abgehen. Im Jahre 1884 wurde in Kiel an Bord eines Küstendampfers aus einem kleinen mit 4 kg/qcm Ueberdruck arbeitenden schottischen Kessel nur ein einziges Paucksches Feuerrohr aus den Rohrwänden herausgedrückt, und doch trat durch die dadurch freiwerdenden engen Ringflächen so viel gleich verdampfendes Wasser aus, dass die drei in dem zusammenhängenden Maschinen- und Kesselraum anwesenden Personen schwere Verbrühungen davontrugen

¹⁾ Journal of the American Society of Naval Engineers 1895 S. 367.

²⁾ Geschäftsbericht des Bergischen Dampfkesselrevisionsvereines zu Barmen 1890 und 1891.

und eine derselben den Verletzungen erlag. Auch von dem mit Wasserrohrkesseln von Rowan & Horton versehenen Dampfer Propontis¹⁾ mit der ersten Dreifach-Expansionsmaschine wird berichtet, dass im Jahre 1875 durch Aufreißen der unteren cylindrischen Wasserbehälter (wie sie die neueren Wasserrohrkessel mit gebogenen Rohren vielfach wieder aufweisen) zwei Heizer verbrüht wurden. Im Dezember 1894 machte der englische von Thomson in Clydebank erbaute Torpedobootjäger »Shark« mit Normand-Kesseln seine forcirte Probefahrt, wobei eines der ursprünglich aus Kupfer hergestellten Wasserrohre aufriss und mehrere Leute schwer verbrannt wurden. Im Frühjahr 1895 wurden mehrere Verschlusspfropfen aus einem Babcock & Wilcox-Schiffskessel herausgeschleudert, welcher von der Fairfield Shipbuilding Co. in Glasgow zunächst am Lande zu Versuchen in Betrieb gesetzt war²⁾; hierbei wurden 6 Personen verletzt, trotzdem sie aus dem Versuchsraum gleich ins Freie springen konnten. Endlich ist am 9. Juni d. J. während der Probefahrt auf dem französischen Panzer »Jauréguiberry« in einem seiner Lagrafel-d'Allest-Kessel des mittleren Backbord-Kesselraumes ein Rohr etwa 250 mm weit aufgerissen, wodurch die im Heizraum anwesenden 9 Heizer so schwer verletzt wurden, dass 6 von ihnen sofort gestorben sind. Alle diese Vorkommnisse lassen gerade nicht auf grobe Harmlosigkeit der teilweisen Explosionen schließen. Aber selbst falls sämtliche Leute unverletzt davon kommen sollten und die Schotthüren schnell genug geschlossen werden können, wird sich der betreffende Heizraum, in dem die teilweise Explosion vor sich ging, mit Dampf füllen und zum Abstellen der ganzen Kesselgruppe nötigen, bis in dem beschädigten Kessel alles Wasser verdampft ist. Ein Beispiel³⁾ dieser Art führt Scott an, welcher früher selbst viele Wasserrohrkessel für Schiffe gebaut hat. In einem von ihm fertig gestellten Frachtdampfer von 800 t Tragfähigkeit öffnete sich in einem einzigen Rohre eines Wasserrohrkessels ein kleines Loch, als der Dampfer mit voller Ladung zur Abfahrt bereit am Kai lag. Der Dampf entwich aus diesem Loch mit solcher Heftigkeit, dass weder Kessel- noch Maschinenraum zugänglich waren und erst wieder betreten werden konnten, nachdem das Wasser dieses Kessels vollständig verdampft war. Derartige Löcher entstehen durch Anfressungen in den Rohren, und wenn sie auch früher in den mit Unreinigkeiten durchsetzten schmiedeisernen Rohren viel häufiger auftraten als in den heutigen aus völlig homogenem Material gebildeten stählernen, so sind sie auch in diesen nicht zu vermeiden, wie die Erfahrung⁴⁾ in der Marine der Vereinigten Staaten von Nordamerika mit den dort benutzten Wasserrohrkesseln (hauptsächlich von Ward, Mosher und Towne) lehrt. Dort haben sich diese Anfressungen in den Rohren von gebräuchlicher Wandstärke schon nach dreijährigem Betriebe in so bedenklichem Umfange gezeigt, dass es praktisch notwendig wurde, die sämtlichen Rohre zu erneuern. Die Behauptung, »die Wasserrohrkessel seien gegen Explosionen völlig sicher«, lässt sich angesichts solcher Thatsachen nicht aufrecht erhalten.

Mit stationären Wasserrohrkesseln hat man dieselben Erfahrungen gemacht; denn auf der Delegirtenversammlung des internationalen Verbandes der Dampfkessel-Ueberwachungsvereine zu Danzig im Jahre 1891⁵⁾ äußerten sich zwei Oberingenieure solcher Vereine, denen zusammen 4450 Kessel unterstellt sind, dahin, dass die explodirenden Wasserrohrkessel zwar keine großen Verwüstungen in ihrer Umgebung anrichten, dass bei ihnen aber verhältnismäßig die meisten Unfälle vorkommen, welche recht oft zu schwerer Beschädigung des Bedienungspersonals führen. Auch die Kessel-explosionsstatistik des Deutschen Reiches⁶⁾ in den letzten Jahren führt bezüglich der Wasserrohrkessel zu ganz ähnlichen Ergebnissen.

6) Grobe Wirtschaftlichkeit.

Die Wasserrohrkessel umschließen eine kleine Wassermenge in sehr dünnwandigen engen Behältern, deren Oberfläche fast gänzlich von den Heizgasen umstrichen wird. Durch Verkleinerung des Durchmessers der Rohre und Vermehrung ihrer Zahl lässt sich die Wandstärke vermindern, die Heizfläche gleichzeitig vergrößern —, also die Wärmeausnutzung der Heizgase erhöhen. Durch die Verbesserung des in den meisten Wasserrohrkesseln schon vorhandenen guten Wasserumlaufs sowie durch zweckmäßige Anordnung der Rohre lässt sich der Wirkungsgrad nach den Ausführungen Solianis¹⁾ weiterhin vergrößern.

Wie steht es nun diesen durchaus nicht anfechtbaren Erwägungen gegenüber mit der bisher beobachteten Wirtschaftlichkeit der Wasserrohrkessel? Die Belleville-Kessel auf dem schon erwähnten Postdampfer »Australien« verbrauchten im Jahre 1893 durchschnittlich 1,03 kg Kohlen für 1 PS_i-Std. gegen 0,7 kg, wie die Erbauer versprochen hatten. Am 20. Dezember 1895 hat der Direktor Risbec der Messageries maritimes einen Bericht veröffentlicht, wonach die Dreifach-Expansionsmaschinen auf dem Dampfer »Australien« und seinem Schwesterschiff »Polynesian«, welche beide Belleville-Kessel besitzen, 0,83 kg, dagegen diejenigen auf den Dampfern »Brésil« und »La Plata«, welche beide mit schottischen Kesseln ausgerüstet sind, 0,84 kg Kohlen für 1 PS_i-Std. verbrauchen. Um zu diesem Ergebnis zu kommen, mussten die von den Belleville-Kesseln verbrannten 9771 t Briketts und 17863 t australische Kohlen in Cardiff-Kohlen durch Multiplikation mit 0,9 bzw. 0,8, also sehr in Bausch und Bogen, umgerechnet werden, weil die schottischen Kessel nur Cardiff-Kohlen verbrannt hatten. Mit solchen Rechnungen lässt sich schließlich alles beweisen, während hier nur das eine unzweifelhaft feststeht, dass die Maschinen auf den beiden letztgenannten Dampfern höchst unwirtschaftlich arbeiteten, wenn man damit die Betriebsergebnisse unserer größten deutschen Reedereien²⁾ vergleicht, deren Dampfer im Durchschnittsbetriebe auf See mit schottischen Kesseln und Dreifach-Expansionsmaschinen nur 0,77 kg Kohlen für 1 PS_i-Std. gebrauchen. Auf dem Panzerschiff »Brennus« wurden zuerst von den Belleville-Kesseln bei forcirter Leistung 1,79 kg Kohlen für 1 PS_i-Std. verbrannt, und erst später bei verminderter Leistung kam man auf 1,11 kg hinunter. Auf dem Panzerschiff »Jemappes« stieg der Kohlenverbrauch der Lagrafel-d'Allest-Kessel während der forcirten Probefahrt, auf welcher 9250 PS_i erreicht wurden, auf 0,92 kg für 1 PS_i-Std., und bei der entsprechend wie auf »Brennus« verringerten Leistung fiel der Kohlenverbrauch auf 0,84 kg für 1 PS_i-Std. Die Niclausse-Kessel des Kreuzers »Friant« verbrauchten bei der forcirten Probefahrt mit 9503 PS_i für 1 PS_i-Std. 0,911 kg Kohlen; bei verminderter Leistung, entsprechend den vorgenannten Schiffen, sank der Kohlenverbrauch nur bis auf 0,88 kg für 1 PS_i-Std. Verglichen mit den Ergebnissen der Probefahrten unseres mit einfachen schottischen Kesseln versehenen Panzerschiffes »Wörth«³⁾, welches bei der forcirten 6stündigen Abnahmeprobefahrt 10228 PS_i mit 0,905 kg Kohlen für 1 PS_i-Std. durchhielt und bei verminderter Leistung auf den sehr geringen Kohlenverbrauch von 0,725 kg für 1 PS_i-Std. hinunterkam, erscheinen die Kohlenverbräuche auf den französischen Schiffen, die auch sämtlich Dreifach-Expansionsmaschinen mit derselben Anfangsspannung (12 kg/qcm Ueberdruck) besitzen, recht hoch, besonders, wenn man in betracht zieht, dass die Franzosen nur 4stündige forcirte Probefahrten abhalten. Da man in der Handelsmarine einen Durchschnittskohlenverbrauch von 0,75 kg auf 1 PS_i-Std. rechnet, so muss die Wirtschaftlichkeit der Wasserrohrkessel in einem recht trüben Lichte erscheinen.

Wodurch erklärt sich nun dieser Misserfolg? Er liegt zum weitaus größten Teile an der mangelhaften Verbrennung, welche mehr oder minder in fast allen Wasserrohrkesseln stattfindet. Zunächst ist es ein Fehler, dass jeder Kessel meistens nur eine grobe Feuerung besitzt, wodurch sich die Unregel-

¹⁾ Transactions of the Institution of Naval Architects 1876 S. 267

²⁾ Engineering 1895 I.

³⁾ Transactions of the Institution of Naval Architects 1889 S. 279.

⁴⁾ Journal of the American Society of Naval Engineers 1894 S. 665.

⁵⁾ Z. 1892 S. 1226.

⁶⁾ Z. 1893 S. 1428; 1894 S. 1400; 1895 S. 1264.

¹⁾ Rivista marittima 1894 Augustheft.

²⁾ Z. 1892 S. 1411.

³⁾ Z. 1895 S. 526.

mäßigkeiten in der Luftzuführung viel fühlbarer machen, als wenn die Rostfläche auf mehrere unabhängig von einander beschickbare Feuerungen verteilt ist. In den Feuerungen der schottischen und Lokomotivkessel hat man ferner in der Feuerbrücke ein Mittel, die Feuergase so lange in der Feuerung zurückzuhalten, bis sie sich genügend mit Luft gemischt haben und völlig verbrannt sind. Aus den Feuerungen der Wasserrohrkessel entweichen die Gase sofort, nachdem sie sich gebildet haben, zwischen die Rohre; sie finden keine Gelegenheit, sich mit der nötigen Luft zu mischen, und können daher nur teilweise verbrennen. In den Belleville-Kesseln war die Verbrennung mitunter derartig schlecht, dass man in den oberen Teil der Feuerung Strahlen von komprimierter Luft mit etwa 0,35 kg/qcm Ueberdruck einführen musste, die einerseits den aufsteigenden Gasen den zur Verbrennung fehlenden Sauerstoff zuführen und sie andererseits auf den Rost zurückdrängen, damit sie zu dieser Verbrennung Zeit finden. Die komprimierte Luft muss in einer eigens für diesen Zweck aufgestellten Kompressionspumpe erzeugt werden. Durch die bessere Verbrennung erklärt sich auch die größere Wirtschaftlichkeit der Lagrafel-d'Allest-Kessel gegenüber den anderen geradrohrigen Wasserrohrkesseln. Lagrafel und d'Allest stellten bekanntlich zwei Kessel nebeneinander, sodass zwischen den beiden Rohrsystemen ein gemeinschaftlicher freier Raum bleibt, der nach unten durch eine Art Feuerbrücke abgeschlossen wird. Sie bedeckten alsdann die Zwischenräume der unteren aus Serve-Rohren bestehenden Rohrreihe mit Schamottstücken, sodass eine abgeschlossene Feuerung entsteht, welche den Heizgasen nur seitlich einen Abzug oberhalb der erwähnten Feuerbrücke frei lässt. Erst nachdem die Gase diese Querschnittsverengung durchströmt haben, können sie sich aus einer geräumigen Verbrennungskammer über die Rohre verteilen. In ihren neuesten Kesseln sollen Lagrafel und d'Allest die Roste wesentlich tiefer als früher gelegt und noch höhere Feuerräume geschaffen haben, wodurch sich auch die guten Ergebnisse mit »Casabianca« erklären. Ueber die englischen und amerikanischen Wasserrohrkessel mit gebogenen Rohren sind fast gar keine ihre Wirtschaftlichkeit betreffenden Angaben veröffentlicht worden; indessen lassen sich aus den Probefahrtergebnissen der neuen englischen Torpedobootjäger entsprechende Schlüsse ziehen. So wurden während der dreistündigen forcierten Fahrt des »Bruiser« auf 1 qm Rostfläche der Thornycroft-Kessel stündlich 332 kg Kohlen verbrannt, wobei die Maschinen 4156 PS indizierten. Da nun die Kessel zusammen 17,56 qm Rostfläche besitzen, so kommen rd. 1,4 kg Kohlen auf 1 PS-Std. Werden die Kessel dagegen stark geschont, so geht der Kohlenverbrauch sehr zurück, denn die Kessel des Schwesterschiffes »Ardent«, welche während dreistündiger forcierten Probefahrt 4306 PS_i hervorbrachten, haben auf der 12stündigen wirtschaftlichsten Fahrt mit 449,1 PS_i nur 0,694 kg Kohlen für 1 PS_i-Std. erfordert. Der Dürr-Kessel auf dem Dampfer »Rhein« erzeugte während einer 6stündigen Probefahrt 350 PS_i und verbrauchte 1,009 kg Kohlen für 1 PS_i-Std. Die Wirtschaftlichkeit der Wasserrohrkessel ist daher im gewöhnlichen Betriebe durchweg geringer als die der schottischen und der Lokomotivkessel.

Die vorstehenden an Bord gemachten Erfahrungen decken sich vollständig mit den Beobachtungen auf der Elektrotechnischen Ausstellung zu Frankfurt a./M. 1891¹⁾ an stationären Wasserrohrkesseln. Die Feuerungen arbeiteten sämtlich mit einem hohen Luftüberschuss, verbrannten nur 62 bis 104 kg Kohlen stündlich auf 1 qm Rostfläche und standen bezüglich ihres Wirkungsgrades und ihrer Leistungen den Großwasserraumkesseln nach. Wenn bei der Erörterung der Wirtschaftlichkeit der Wasserrohrkessel auf die verschiedenen Verdampfungsversuche nicht näher eingegangen wurde, so geschah dies hauptsächlich deshalb, weil diese für den Durchschnittsbetrieb gewöhnlich nicht das mindeste beweisen. Sie werden stets vorgenommen, wenn die Kessel vollkommen rein sind, man nimmt nur gute Kohle, es ist mit einem Wort nur alles für den »Versuch« bereit. Dabei fehlt häufig die Kontrolle über die richtige Messung der Kohle, das Wasser, den Feuchtigkeitsgehalt des Dampfes usw., und meistens beweisen

diese Versuche nur das, was sie beweisen sollen. Dass man auch in schottischen und Lokomotivkesseln im neuen und reinen Zustande, wenn sie stark geschont werden, mit erwärmtem Speisewasser 10fache Verdampfung erreichen kann, ist bekannt, und sehr viel höher kommt man auch in den Wasserrohrkesseln nicht, wenn auch zugegeben werden soll, dass eine 11fache Verdampfung in den besten noch möglich ist. Bei einer noch höheren Verdampfungsziffer wird man meistens nach dem beobachteten Feuchtigkeitsgehalt des Dampfes vergeblich fragen. Bei starken Forcierungen nimmt die Verdampfungsfähigkeit der Wasserrohrkessel ebenso ab wie in anderen Kesseln, indem sie nur eine 5- bis 6fache bleibt.

7) Die Schnelligkeit des Dampfaufmachens.

Zum Anheizen der schottischen Kessel braucht man heute 6 bis 8 Stunden, und wenn sie stark geschont werden sollen, 10 bis 12 Stunden. Wenn sich nun auch Lokomotivkessel, ohne Schaden zu nehmen, etwas schneller anheizen lassen, so vergehen doch auch immer noch Stunden, ehe sie zur Abfahrt bereit sind. In den Wasserrohrkesseln mit der vielfach sehr großen Elastizität, welche sie gegen ungleiche Ausdehnungen bei schneller Erwärmung fast unempfindlich macht, lässt sich in sehr kurzer Zeit Dampf aufmachen. Auf »Daring« wurde beispielsweise in meiner Gegenwart einer der neueren Thornycroft-Kessel, der mit kaltem Wasser gefüllt war, im März 1894 — allerdings mit einem Holzfeuer — so schnell angeheizt, dass 15 Min. nach dem Anzünden des Feuers bereits eine Dampfspannung von 6,66 kg/qcm Ueberdruck vorhanden war, womit die Maschinen in Betrieb gesetzt werden konnten. Dieses schnelle Dampfaufmachen kann bei den meisten Kesseln mit gebogenen Rohren beliebig wiederholt werden, ohne dass ihre Verbindungen darunter leiden. In wie hohem Maße diese gute Eigenschaft der Wasserrohrkessel ihren militärischen Wert für Torpedoboote, für auf Kaperei ausgehende Kreuzer sowie endlich für Blockadeschiffe erhöht, bedarf keiner weiteren Erörterung. Für die geradrohrigen Wasserrohrkessel gestaltet sich die Schnelligkeit des Dampfaufmachens nicht so günstig. In den Belleville-Kesseln lässt sich zwar in 3/4 Stunden Dampf aufmachen, indessen schadet die öftere Wiederholung des schnellen Anheizens den Kesseln, sodass für die Dampfer der Messageries maritimes die Vorschrift besteht, 2 Stunden auf das Anheizen zu verwenden, jedenfalls nicht unter 1 1/2 Stunden hinunterzugehen. Besser liegen die Verhältnisse bei den Dürr- und Niclausse-Kesseln, sehr viel ungünstiger aber bei den Lagrafel-d'Allest-Kesseln. Diese lassen sich schnellstens in einer Stunde anheizen, weisen dann aber regelmässig lecke Rohre oder Rohrverschlüsse auf, deren Anzahl bei wiederholtem schnellem Anheizen so bedenklich wächst, dass man schliesslich die Feuer herausreißen muss. Gewöhnlich werden zum Anheizen dieser Kessel 4 Stunden gebraucht, besser ist es noch, wenn 6 Stunden darauf verwendet werden. Die geradrohrigen Wasserrohrkessel mit 2 Wasserkammern lassen sich demnach nicht schneller anheizen als die Lokomotivkessel, denn auch in diesen kann in etwa 1 Stunde Dampf auf sein, wenn man lecke Feuerrohre und gebrochene Stehbolzen mit in den Kauf nehmen will. Nur in den für größere Kesselanlagen weniger beliebten Wasserrohrkesseln mit gebogenen Rohren lässt sich das Anheizen stark forcieren. Es wird dies aber nur in den Fällen praktischen Wert haben, in denen die Maschine bereits mit einer geringeren Kesselzahl im Betriebe war, weil man in den wenigen Minuten, die vom Feueranzünden bis zur Dampfentwicklung vergehen, die Maschine nicht anwärmen kann.

8) Die Unempfindlichkeit gegen starke Forcierungen.

Schottische Kessel und Lokomotivkessel können einen jähen Betriebswechsel, schnelles Anheizen, schnelles Erkalten auf die Dauer ebensowenig vertragen wie häufigeres starkes Forcieren. Nicht nur werden ihre Feuerrohre leck und brechen ihre Stehbolzen, sondern es treten schliesslich sogar umfangreichere Undichtheiten in den am meisten beanspruchten Nietnähten auf. Man überschreitet bei den Forcierungen der schottischen Kessel daher fast allgemein nicht mehr eine

¹⁾ Z. 1894 S. 1111.

Luftpressung von 25 bis 30 mm Wassersäule und geht auch bei Lokomotivkesseln höchstens noch auf 50 mm Wassersäule. Die stündliche Verbrennung auf 1 qm Rostfläche wird bei forcirten 6stündigen Fahrten dementsprechend in schottischen Kesseln heute gewöhnlich nicht über 150 kg und in Lokomotivkesseln nicht über 225 kg Kohlen getrieben, während man in früheren Jahren mit stärkerem Unterwinde 200 bzw. 300 kg überschritten hat. In den Thornycroft-Kesseln des Torpedobootjägers »Bruiser« sind dagegen bei der dreistündigen forcirten Fahrt 330 kg Kohlen stündlich auf 1 qm Rostfläche verbrannt worden, und gegen 300 kg müssen in den Normand-Kesseln der von J. & G. Thomson gebauten Schwesterschiffe »Rocket«, »Shark« und »Surly« sowie in den dieselben Kessel besitzenden Fahrzeugen gleicher Art »Banshee«, »Contest« und »Dragon« von Laird verfeuert worden sein, da anders die große Maschinenleistung bei der kleinen Rostfläche nicht zu erzielen gewesen wäre. Es sind also wieder die Wasserrohrkessel mit gebogenen Rohren, die sich nicht nur durch eine hohe Forcirungsfähigkeit auszeichnen, sondern auch derartige Forcirungen aushalten können, ohne nennenswerte Leckagen aufzuweisen. Die Wasserrohrkessel mit geraden Rohren stehen aber bezüglich ihrer Forcirungsfähigkeit nicht günstiger da als die schottischen Kessel. Sie sind für starke Forcirungen ungeeignet, denn sie liefern sofort nassen Dampf oder kochen über, wovon später noch die Rede sein wird. In der französischen Marine gilt deshalb die Vorschrift, dass bei forcirten Probefahrten die Verbrennung für Belleville-, Lagrafel-d'Allest- und Niclausse-Kessel nicht über 150 kg Kohlen stündlich auf 1 qm Rostfläche steigen darf. Während der forcirten Probefahrt des mit Lagrafel-d'Allest-Kesseln versehenen Panzerschiffes »Jemappes« mit 9250 PS_i wurden stündlich auf 1 qm Rostfläche 145 kg Kohlen verbrannt. In den Niclausse-Kesseln sind bei der forcirten Probefahrt des »Friant«, wobei 9503 PS_i mit 0,911 kg Kohlen für 1 PS_i-Std. erzeugt wurden, auf 1 qm der 72,72 qm betragenden Rostfläche nur 119 kg Kohlen verbrannt worden; indessen ist die stündliche Verbrennung auf 1 qm Rostfläche bei einer anderen Gelegenheit bis auf 176 kg, in einem Dürrschen Versuchskessel sogar auf etwa 200 kg Kohlen gebracht worden, wie bereits angegeben wurde. In dem Belleville-Kessel des »Milan« betrug die höchste Verbrennung 129,3 kg stündlich auf 1 qm Rostfläche. Diese Beispiele dürften genügen, um die Richtigkeit der vorstehenden Behauptung zu erweisen.

Während andererseits die Wasserrohrkessel mit gebogenen Rohren infolge ihrer großen Elastizität auch die nachstehenden Gewaltproben ohne Nachteil aushielten, müssen die geradrohrigen Wasserrohrkessel ebenso schonend behandelt werden wie schottische und Lokomotivkessel, denn im Berichte über die vorstehend mitgeteilte Probefahrt des »Friant« wird von den Niclausse-Kesseln schon rühmend hervorgehoben, dass sie völlig dicht geblieben sind — trotzdem sie so wenig forcirt waren, dass sie nur 119 kg Kohlen stündlich auf 1 qm Rostfläche verbraucht hatten. Nur die neuen geradrohrigen Yarrow-Kessel scheinen eine etwas weniger schonende Behandlung zu vertragen. Ihr Erbauer erzählt, dass man einen an Land erprobten Kessel des Torpedobootjägers »Hornet« bis zu einer ungewöhnlichen Höhe forcirte, dann das Feuer herausriss und die Umhüllung fortnahm, um ihn so schnell als möglich abkühlen zu lassen. Dann wurde die Hülle wieder herumgesetzt und Dampf von 12,66 kg/qcm Ueberdruck aufgemacht, ohne dass der Kessel irgendwelche Formveränderungen oder Beschädigungen aufwies. Ueber eine noch härtere Probe zweier Thornycroft-Kessel vom »Daring«-Typ berichtet der jüngere Thornycroft¹⁾. Mitten im Betriebe wurde das Wasser gänzlich ausgeblasen und das Feuer teilweise herausgezogen, darauf die Kessel wieder mit kaltem Wasser aufgepumpt und wie vorher in Betrieb gesetzt, ohne dass sich Leckagen gezeigt hätten. Noch drastischer ist man nach Mc Farlane²⁾ in Amerika mit

einem Towne-Kessel verfahren. Aus dem mit stärkster Forcirung arbeitenden Kessel wurde plötzlich das Feuer herausgezogen und dann der noch unter Dampf stehende Kessel mit kaltem Wasser aus einem Druckschlauch abgespritzt, wobei kein einziges Leck eintrat.

9) Ueberkochen und nasser Dampf.

Starke Schwankungen in der Dampfspannung, verbunden mit einer kleinen Oberfläche des Wassers, aus welcher der entstehende Dampf in den Dampfraum treten muss, sind die hauptsächlichsten Ursachen des Ueberkochens und der Entstehung nassen Dampfes. Je kleiner der Wasserraum des Kessels ist, um so stärker werden sich die Spannungsschwankungen bemerklich machen, besonders, wenn die Dampftnahme, wie bei manövrierenden Schiffsmaschinen, nicht ganz gleichmäßig und die Bedienung der Feuer nicht durchaus aufmerksam ist. Dass die Wasserräume sämtlicher Wasserrohrkessel sehr klein sind, worauf ja der Vorteil ihres geringeren Gewichtes beruht, ist schon besprochen worden; es bleibt also noch zu untersuchen, wie sich die stündlich auf 1 qm ihrer Spiegelfläche in den Dampfraum entweichende Dampfmenge gegenüber derjenigen in schottischen und Lokomotivkesseln stellt. In den schottischen Kesseln der Kriegsschiffe müssen bei forcirten Probefahrten auf 1 qm Spiegelfläche stündlich etwa zwischen 500 bis 600 kg Dampf entweichen. In Lokomotivkesseln steigt diese Zahl auf 700 bis 800, ja sie kann bei äußerster Forcirung bis auf ungefähr 1000 kg kommen. In den Belleville-Kesseln müssen aber unter gleichen Forcirungsverhältnissen durch 1 qm Mündungsquerschnitt der Rohre im Dampfraum etwa 4000 bis 5000 kg Dampf stündlich hindurch, also ungefähr die 6fache bzw. 10fache Menge gegenüber Lokomotiv- bzw. schottischen Kesseln. In den Thornycroft-Kesseln ist dieses Verhältnis noch sehr viel größer. Was das für eine Leistung ist, lässt sich daran ermesen, dass nach der praktischen Erfahrung des Direktors Cario des Magdeburger Vereines für Dampfkesselbetrieb¹⁾ bei ruhiger Verdampfung in stationären Großwasserraumkesseln auf 1 qm Wasseroberfläche stündlich nur bis 100 kg Dampf erzeugt werden dürfen, wenn Wasser seitens des Dampfes nicht eigentlich mitgerissen werden soll. Aber selbst dann wird noch mehr oder weniger unvollständig verdampftes Wasser in Form von Nebel übergeführt, welches zu 2 bis 5 pCt des entwickelten Dampfes angenommen wird. Bei stärkerer Verdampfung aber findet eine so innige und lebhaft Vermischung von Dampf und Wasser statt, dass Schaum entsteht, und durch gewisse schleimige Bestandteile des Wassers kann die Schaumbildung so gefördert werden wie bei kochender Milch, beim Bier usw.; so kann der ganze Dampfraum, auch wenn er groß ist und einen eigenen Behälter bildet, ausgefüllt werden.

Da es nun wegen der Oberflächenkondensation, also trotz der Speiswasserreiniger, nicht möglich ist, Schiffskesseln vollkommen reines Wasser zuzuführen, da außerdem in ihnen, wie schon ausgeführt, die Spannung schwankt, je weniger Wasser sie enthalten und je sorgloser sie bedient werden, so ist es durchaus erklärlich, dass beispielsweise die Belleville-Kessel fast immer in einem dem Ueberkochen nahen Zustande sind, mindestens aber stets nassen Dampf liefern. Trotzdem die Dampfsammler dieser Kessel schon eine mechanische Vorrichtung zum Trocknen des Dampfes enthalten, ist deshalb zwischen dem Kessel und der Maschine noch das Drosselventil eingeschaltet. Der Dampf muss in diesem durch einen sehr engen Querschnitt gehen, expandirt dann plötzlich ohne Arbeitsleistung, und die hierbei frei werdende Wärme soll das noch mitgeführte Wasser verdampfen. Die Dampfspannung in den Belleville-Kesseln muss deshalb auch stets 5 bis 6 kg/qcm höher gehalten werden, als sie im Hochdruckcylinder sein soll. In den Lagrafel-d'Allest- und den Niclausse-Kesseln scheinen die Verhältnisse ähnlich zu liegen, denn in ihnen wird auch eine um 3 kg/qcm höhere Spannung gehalten, als in der Maschine verwendet werden soll. Diese Neigung zur Erzeugung nassen Dampfes ist, wie schon gesagt, der Grund für die geringe Forcirungs-

¹⁾ Transactions of the Institution of Naval Architects 1894 S. 336.

²⁾ Journal of the American Society of Naval Engineers 1894 S. 664.

¹⁾ Z. 1889 S. 203.

fähigkeit dieser Kessel. Eine so hohe stündliche Verbrennung auf 1 qm Rostfläche, wie sie dauernd in schottischen Kesseln bequem erreicht werden kann, ist bei ihnen ausgeschlossen. Im Gegenteil, diese Kessel dürfen immer nur mäßig beansprucht werden, und deshalb hat man die große Anzahl von einzelnen Kesseln an Bord, deren Gesamtleistung stets beträchtlich größer ist, als die Maschinen bei voller kontraktlicher Leistung verlangen. Es können daher auch gewöhnlich 1 oder 2 Kessel in Reparatur sein, ohne dass man beim Dampfen mit natürlichem Zuge eine Verminderung der Maschinenleistung und damit der Schiffsgeschwindigkeit zu befürchten hätte. Bei den häufig auftretenden Reparaturen erscheint ein solches Vorgehen auch durchaus geboten.

Sehr wirksam vollzieht sich, wie schon angeführt wurde, die Dampftrocknung in den Thornycroft-Kesseln. Das aus den Rohren kommende Gemisch von Dampf und Wasser strömt gegen eine große Anzahl in doppelter Reihe zickzackförmig dicht nebeneinander angeordneter, winklig gebogener Messingbleche, woran das Wasser herunterläuft, während der Dampf allein durch die Spalten in einen ziemlich geräumigen Dampfraum gelangt, aus welchem ihn ein mit den üblichen Vorrichtungen versehenes inneres Dampfrohr zum Absperrventil führt. In den übrigen Kesseln mit gebogenen Rohren, welche sämtlich eine ähnliche Bauart wie der Thornycroftsche haben, bei denen aber die Rohre unter Wasser ausmünden, hat man stets einen größeren Oberkessel als Dampfraum zu schaffen gesucht, in welchem der entstehende Dampf sowohl eine größere Spiegelfläche findet als auch auf irgend eine Weise mechanisch getrocknet werden kann.

In den Wasserrohrkesseln mit gebogenen Rohren ist der Hang zum Ueberkochen und zur Erzeugung nassen Dampfes geringer als in denen mit geraden Rohren, weswegen sie sich auch stärker forcieren lassen. Die Wasserrohrkessel mit geraden Rohren neigen leichter zum Ueberkochen als schottische und Lokomotivkessel.

10) Schwierigkeit der Speisung.

Um starke Schwankungen in der Dampfspannung zu vermeiden, müssen die Wasserrohrkessel ihrer kleinen Wasserräume wegen nicht bloß ganz besonders aufmerksam bedient werden, sondern sie verlangen auch eine möglichst gleichmäßige Speisung. Belleville, Yarrow, Reed und Thornycroft geben daher ihren Kesseln selbstthätige Speisevorrichtungen, welche durch einen vom Wasserstande im Kessel abhängigen Schwimmer bethätigt werden. Von den Bellevilleschen Speiseautomaten wird behauptet, dass sie die Regelung des Speisewassers sehr gut vollführen, solange sie in Thätigkeit sind. Ihre Thätigkeit wird aber infolge von Verschmutzungen ihrer Gelenke in dem mit Kohlenstaub geschwängerten Heizraume sowie durch das von den Undichtheiten der Kondensatorrohre herrührende Salz des Speisewassers, welches sich an ihre inneren Teile setzt, zuweilen unterbrochen, sodass kein Verlass darauf ist. Der amerikanische Marineingenieur Robison, welcher sie im Betriebe sah, nennt sie einen Popanz (bugbear)¹⁾, was nach meinem Dafürhalten aber stark übertrieben ist. Trotzdem ist der Automat nicht zu entbehren, da die Regelung des Wasserstandes mit der Hand für jeden Kessel einen Mann beanspruchen würde, der nur das Speiseventil bediente. Störungen der Speiseautomaten haben oft schwere Unfälle im Gefolge; es ist vorgekommen, dass alles Wasser aus dem Kessel verschwunden war. Wenn sich nun auch an den bezüglich der Höhe des Wasserstandes durchaus nicht empfindlichen Thornycroft-Kesseln die Notwendigkeit eines Speisewasserautomaten erwiesen hat — die älteren Thornycroft-Kessel besaßen solche nicht —, so ist daraus wohl zu schließen, dass die Speisung der Wasserrohrkessel sehr viel größere Aufmerksamkeit von seiten des Bedienungspersonals erfordert als die der Kessel mit größeren Wasserräumen, wie es die schottischen und die Lokomotivkessel sind.

Hiermit hängt auch die große Empfindlichkeit der Wasserrohrkessel gegenüber unregelmäßigem Heizen zusammen, so-

dass ein gewöhnlicher, an schottischen oder Lokomotivkesseln angelegter Heizer erst besonders für die Heizung der Wasserrohrkessel ausgebildet werden muss, weil er seinen Feuern sehr viel mehr Aufmerksamkeit zuzuwenden hat. Zu dieser von den Heizern geforderten erhöhten Handfertigkeit kommt nun noch deren Inanspruchnahme durch die fortwährenden kleinen Reparaturen und Reinigungsarbeiten. Die Wasserrohrkessel stellen deshalb sehr viel höhere Anforderungen an die Güte der Bedienungsmannschaft als die schottischen und Lokomotivkessel.

11) Empfindlichkeit gegen Rost und Verunreinigungen.

Unter 5) ist schon hervorgehoben, wie empfindlich die dünnwandigen Rohre der krummrohrigen Wasserrohrkessel gegen Anfressungen sind, und welche Gefahren solche nicht rechtzeitig bemerkte Schwächungen ihrer Wandstärken im Gefolge haben. Die Unter- und Oberkessel der verschiedenen Wasserrohrkessel lassen sich durch Zinkplatten, wie die Erfahrung gezeigt hat, ziemlich gut schützen, indessen leider nicht so die Rohre. Man hat deshalb kupferne und messingene Rohre versucht, die man aber wegen ihrer geringeren Widerstandsfähigkeit gegen höhere Temperaturen wieder verlassen musste. Jetzt sind allgemein stählerne Rohre im Gebrauch, die außen verzinkt werden, um sie gegen Abrostungen zu schützen. Außerdem muss darauf geachtet werden, dass die Rohre im Innern stets frei von Niederschlägen bleiben, um teilweise Ueberhitzungen zu vermeiden. Neben möglichst reinem Speisewasser hat sich ein starker Umlauf des Kesselwassers als das wirksamste Mittel gegen Niederschläge herausgestellt. Da man indessen mit Undichtheiten an den Oberflächenkondensatoren ebenso wie mit nicht völlig ausgeschiedenen Fettstoffen rechnen muss, so sind Niederschläge in den Rohren nicht ganz zu vermeiden, weswegen die Franzosen dem Speisewasser ihrer Wasserrohrkessel beständig Kalkmilch zusetzen und sie nach dem früher schon angegebenen Verfahren nach bestimmten Betriebszeiten einer gründlichen Reinigung durch Auskochen unterwerfen. Darauf wird dann noch jedes Rohr nach Abnahme seiner Verschlussstücke sorgfältig gereinigt und auf Anfressungen untersucht. Die Niederschläge in den Rohren sind bei solcher Pflege nie sehr groß und außerdem weich, sodass sie sich leicht entfernen lassen. Diese Art der Reinigung und Untersuchung ist aber nur bei Wasserrohrkesseln mit geraden Rohren durchführbar, und das ist einer der Gründe, weswegen man diese für größere Anlagen auf Kriegsschiffen vorzieht. Ein zweiter Grund dieses Vorzuges ist die größere Wandstärke der gewöhnlich weiteren geraden Rohre, welche einen langsameren Verschleiß verbürgt. Der Cheffingenieur der englischen Marine Durston stellte in diesem Frühjahr bei der Zusammenkunft der englischen Schiffbauer die Forderung auf, dass die Wasserrohre der Kessel größerer Kriegsschiffe nicht nur aus Rücksichten auf die Wirtschaftlichkeit, sondern auch auf die Sicherheit, abgesehen von dem gelegentlichen Wechsel eines schadhafte Rohres, durchschnittlich drei Indienststellungen von je dreijähriger Dauer aushalten müssten.

Bei den Kesseln mit gebogenen Rohren ist eine Untersuchung des Rohrinne ausgegeschlossen, sodass nach einer längeren angestrengten Betriebszeit, als welche man heute drei bis höchstens fünf Jahre ansieht, eine gewisse Unsicherheit entsteht, ob sie auch wohl noch sämtlich brauchbar sind. Man muss sich dann damit trösten, dass das Material gut war und der große Wasserumlauf Anfressungen unwahrscheinlich macht; endlich aber wären in gewissen Zeiträumen, wie z. B. in der amerikanischen Marine alle 3 Jahre, sämtliche Rohre zu erneuern.

Belleville nimmt für seine Kessel die Zulässigkeit salzigen Speisewassers in Anspruch; indessen haben Versuche gezeigt, dass dies bei hohen Dampfspannungen nicht mehr durchführbar ist, weil die Rohre infolge von Niederschlägen überhitzt werden können, erglühen und den Kessel betriebsunfähig machen. Außerdem beziehen sich die Stangen des Speisewasserautomaten mit einer Kruste, die ihn zum Stillstand bringt. Da es nun im Schiffskesselbetriebe, wie schon gesagt, nicht möglich ist, das Speisewasser wegen der kleinen

¹⁾ Journal of the American Society of Naval Engineers 1895 S. 369.

Leckagen an den Kondensatorrohren vollkommen salzfrei zu halten, so ist der Betrieb von Wasserrohrkesseln an Bord immer gefährlicher als der von schottischen und Lokomotivkesseln, die einen geringen Salzgehalt des Wassers vertragen können.

Es kommt nun noch die Reinigung der Kesselrohre von außen, von der Flugasche und dem Rufs, hinzu. Versucht wurde dies zuerst und wird es heute noch vielfach mit einem Dampfstrahl. Abgesehen von der hierdurch an Deck verursachten groben Schmutzerei, hat sich auch gezeigt, dass man nur bei ganz trockenem Rauch die Rohre auf diese Weise reinigen kann; bei Kohlen mit etwas teurigem Rauch lassen sich die äußeren Ueberzüge nicht abblasen. Es hat sich ferner gezeigt, dass immer etwas Rufs nach unten fällt und hier besonders bei Kesseln mit gebogenen Rohren nach dem Erkalten mit der Feuchtigkeit des durchgeblasenen Dampfes ein Gemenge bildet, welches nicht bloß die Rohre, sondern auch die Kesselwände, Bekleidungen usw. stark angreift, wie es z. B. der Fall mit dem spanischen Torpedoboot »Ariete«¹⁾ lehrt. Nebenbei hat sich gezeigt, dass die durch das Rufsansblasen verlorene Dampfmenge sehr groß werden kann und es nicht mehr möglich ist, sie mit Hilfe des an Bord vorhandenen Speisewasserergänzers zu ersetzen. Es muss dann Salzwasser zugesetzt werden, welches die vorgeschilderten Uebelstände im Gefolge hat. In der französischen Marine werden deshalb die Kessel meistens mittels Bürsten vom Rufs befreit, indem man drei oder vier Kessel von den 20 oder 30, die an Bord aufgestellt sind, nachdem sie drei Tage lang gedampft haben, abstellt und erkalten lässt. Dies geschieht in regelmäßigem Wechsel und ist jedenfalls viel zeitraubender sowie für das Personal anstrengender als das Fegen der Feuerrohre gewöhnlicher Kessel. In der dänischen Marine nimmt man die Thornycroft-Kessel der Torpedoboote nach jeder Indienststellung, die sich selten über mehrere Wochen erstreckt, aus dem Boot heraus, um sie an Land gründlich reinigen zu können. Ueberhaupt soll sich in diesen Kesseln schon nach 20 bis 24 stündigem Dampfen in den scharfen Biegungen der Rohre viel Rufs absetzen, der nicht so leicht zu entfernen ist. Es folgt hieraus, dass die Untersuchung, Reinigung und Pflege der Wasserrohrkessel sehr viel zeitraubender, umständlicher

¹⁾ Z. 1889 S. 1104.

und für das Personal anstrengender ist als jene der Feuerrohrkessel. Dies alles würde aber gewiss gern in den Kauf genommen werden, wenn sich die Untersuchung der gebogenen Rohre nur durchführen ließe. Gerade diese Unmöglichkeit ist einer der schwächsten und angreifbarsten Punkte der sonst leistungsfähigsten und besten krummrohrigen Wasserrohrkessel.

12) Unverstopfbarkeit schadhafter Rohre.

Liegt schon in der Unzugänglichkeit der gebogenen Rohre ein großer Fehler, so liegt ein noch größerer darin, dass schadhaft gewordene Rohre nicht verstopft werden können; es bleibt kein anderer Ausweg, der Kessel muss außer Betrieb gesetzt werden. Platzt in einem Feuerrohrkessel ein Rohr, so lässt sich dieses mitunter schon durch einfache Holzpfropfen oder bei sehr hohen Spannungen durch irgend eine andere Stopfvorrichtung abdichten, von denen es eine ganze Anzahl giebt, ohne dass der Kessel ganz entleert wird und erkalten muss. Unter allen Wasserrohrkesseln vollzieht sich ein Rohrwechsel bei denen mit Zirkulationsrohren am leichtesten, schwieriger schon bei denen mit zwei Wasserkammern und am schwierigsten bei den krummrohrigen Kesseln; denn bei diesen muss häufig erst eine ganze Rohrreihe herausgeschnitten werden, ehe das beschädigte Rohr gefasst werden kann, falls nicht vorgezogen wird, es im Ober- und Unterkessel durch massive, stets vorrätig gehaltene stählerne Stopfen zu schließen, nachdem der Kessel entleert und erkalte ist. Schon dieser Umstand zwingt dazu, die Wasserrohrkessel in möglichst kleine Einheiten zu zerlegen, um das Abstellen eines Kessels weniger fühlbar zu machen; denn bei 2 Kesseln würde in einem solchen Falle, wie auf Torpedoboote, sofort die halbe Maschinenkraft lahm gelegt. Je mehr indessen die Kesselzahl anwächst, um so mehr Armaturen, insbesondere Speisevorrichtungen, erhält man, um so schwieriger wird die gleichmäßige Speisung aller miteinander vereinigten Kessel und um so verwickelter gestaltet sich der Kesselbetrieb. Die Undurchführbarkeit der Auswechslung eines Rohres während des Betriebes ist die schlechteste Eigenschaft der Wasserrohrkessel, welche besonders auch für den Kriegsschiffdienst als die bedenklichste angesehen wird.



IX. Schlusswort.

In der vorstehenden Arbeit ist versucht worden, die guten und schlechten Konstruktionen der Wasserrohrkessel einander gegenüber zu stellen, sowie ihre Vorzüge und Nachteile, soweit sie als solche bisher in der Praxis erkannt worden sind, gegenseitig abzuwägen. Insbesondere sollte der von den berufsmässigen Erfindern, den Patentinhabern und den Lizenzverkäufern beliebten Reklame zu Nutz und Frommen der oftmals bescheiden im Hintergrunde stehenden wirklich brauchbaren Konstruktion entgegen getreten werden. Eine übertriebene Anpreisung der noch in voller, keineswegs abgeschlossener Entwicklung begriffenen Wasserrohrkessel

kann ihrer weiteren Einführung auf Schiffen nur schaden, weil sie unerfüllbare Hoffnungen erweckt, denen ein schwerer Rückschlag folgen muss. Je langsamer und bedächtiger sich die Verbreitung des Wasserrohrkessels, besonders in der Handelsmarine, vollzieht, die ihn heute noch sehr gut entbehren kann, um so mehr lässt sich hoffen, dass er in Zukunft die Dampfschiffahrt ein ebenso gewaltiges Stück voranbringen hilft, wie es der schottische Kessel in den vergangenen drei Jahrzehnten seiner Vorherrschaft an Bord un-
leugbar gethan hat.

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

16923

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100600300360