

8. Lokomotivkessel.

A. Besondere Konstruktionsbedingungen.

Der Lokomotivkessel hat bei der Entwicklung zu seiner gegenwärtigen Bauart, trotz der vielfachen Verbesserungen, durch welche seine Leistung und Ökonomie gesteigert wurden, die Grundform, welche ihm der erste erfolgreiche Erfinder der Lokomotive, George Stephenson, in dem Kessel seiner „Rocket“ gegeben hatte, beibehalten: „Stehkessel mit innenliegender, wasserspülter Feuerkiste und daran anschließend der von Heizrohren durchzogene Langkessel.“ Die Konstruktionsbedingungen sind durch folgende Punkte gegeben:

Möglichst große Leistung bezogen auf das Kesselgewicht, Beschränkung des verfügbaren Raumes, besonders in der Breite und Unempfindlichkeit der Feuerungsanlage gegen Erschütterungen. Der wichtigste Punkt, in welchem sich die Grundlagen für den Bau des Lokomotivkessels von denen für ortsfeste Kessel unterscheiden, liegt darin, daß

1. die Raumverhältnisse nicht die Anordnung eines Schornsteines gestatten, der einen nennenswerten natürlichen Zug erzeugen könnte, daß
2. dabei aber, wegen der großen Beanspruchung der Rostfläche und der im allgemeinen erheblichen Höhe der Brennstoffschicht auf dem Rost, ein viel größerer Unterdruck im Feuerraume erforderlich ist, und daß
3. die Rauchgase zwar einen kürzeren Weg als bei anderen Kesseln zurückzulegen haben, dafür aber, wegen des kleineren Querschnittes und weil der Gasstrom stark unterteilt ist, einen viel größeren Bewegungswiderstand zu überwinden haben.

B. Zahlenangaben.

Folgende allgemeinen Zahlenangaben, welche sich auf europäische Bauarten und die weiter unten mit-

geteilten Versuchsergebnisse beziehen, bestätigen diese Ausführungen.

Die Größe der Heizfläche H , welche auf der Feuerseite gemessen wird, beträgt bis zu 260 qm. Man unterscheidet die direkte Heizfläche H_f , welche von den Wänden der Feuerkiste, und die indirekte H_r , welche von den Heizrohren gebildet wird; die erstere beträgt etwa $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{14}$ der gesamten Heizfläche. Die Leistung der Heizfläche kann man zu 40 bis 50 kg/qm und Stunde annehmen. Die Rostfläche R ist 0,95 bis 1,1 m breit, wenn die Feuerkiste bis in den Zwischenraum zwischen den Rahmenblechen hinabreicht; liegt sie oberhalb derselben, so kann die Breite mehr als 2 m betragen, alsdann werden zwei Feuertüren angeordnet.

Das Verhältnis $\frac{H}{R}$ ist für Personenzuglokomotiven 50 bis 70, für Güterzuglokomotiven 60 bis 90.

Die Brenngeschwindigkeit ist gleich 300 bis 500 kg/qm Rostfläche und Stunde.

Die Heizrohre haben 40/45 bis 45/50 mm Durchmesser bei 4 bis 5 m Länge, der gesamte Querschnitt derselben beträgt etwa $\frac{1}{6,5}$ der Rostfläche; die Zahl der

Rohre bewegt sich zwischen 150 und 350.

Die mit Längsrippen versehenen Serve-Rohre (Fig. 116) haben den Erwartungen nicht entsprochen, da sie schlecht von Flugasche zu reinigen und wenig elastisch sind; dagegen werden neuerdings gewellte, nahtlose Rohre von Mannesmann eingeführt, welche sich durch gute Elastizität auszeichnen und neben einer geringen Vergrößerung der Heizfläche durch die Schraubenform der Wellen die Gase wirksam mit der Heizfläche in Berührung bringen.



Fig. 116. Serve-Rohr.

Zahlentafel Nr. 46

über gewellte Lokomotiv-Siederohre der Deutsch-Österreichischen Mannesmannröhren-Werke, Düsseldorf.

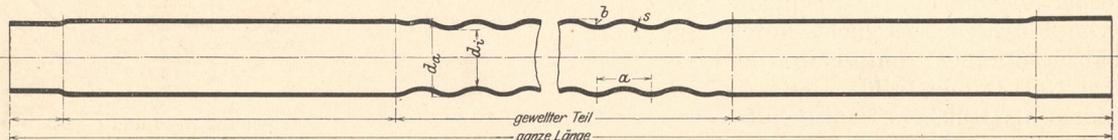


Fig. 117.

Äußerer Durchmesser d_a . . . mm	40	44,5	46	47,5	51	57	60	63,5	70
Innerer „ d_i . . . „	27,5	32	33	34,5	38	43,5	46	47,5	54
Wellenentfernung a . . . „	35	35	35	35	35	35	35	40	40
Wellentiefe b . . . „	4	4	4	4	4	4	4	5	5
Normale Wandstärke s . . . „	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{3}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{4}$	3	3	3
Gewicht für das lfd. m . . . kg	2,02	2,28	2,63	2,75	2,97	3,67	4,24	4,50	4,98

Die Enden der Siederohre sind auf 200 bis 250 mm glatt, um ein wiederholtes Vorschuhlen zu ermöglichen.

Der Unterdruck im Feuerungsraume wird mittels des Blasrohres Fig. 121 und 329 durch den auspuffenden Abdampf hervorgebracht; die Wirkungsweise ist ähnlich derjenigen des Injektors. Die Zugstärke beträgt 100 bis 120 mm W. S. und darüber, in der Rauchkammer gemessen; es geht jedoch ein beträchtlicher

Teil, bis zur Hälfte und mehr, durch den Widerstand der Heizrohre verloren.

Die Länge der Rauchkammer ist im Laufe der Zeit immer mehr vergrößert worden, weil ein großer Rauminhalt derselben günstig für eine gleichmäßige Zugstärke ist, die Stöße des Auspuffes abschwächt und dadurch den Übelstand des starken Funkenauswurfes und des Mitreißen großer Flugaschenmengen mildert; die Länge schwankt zwischen 1 und 3 m.

C. Leistung der Heizfläche.

Über die Verteilung der Leistung des Kessels auf die Heizfläche der Feuerkiste und der Heizrohre sind im Jahre 1904 bemerkenswerte Versuche gemacht, deren Ergebnisse nach der Abhandlung von Strahl¹⁾ kurz folgen mögen:

Es wurde oberschlesische Steinkohle von $h = 6700$ WE verfeuert, die Brenngeschwindigkeit betrug $\frac{B}{R} \sim 400$ kg/qm und Stunde; die Temperatur in der Feuerkiste wurde zu 1350 bis 1640° C, diejenige in den Rauchkammern zu 350° C gemessen.

Bei einem Verdampfungsversuch an einer Verbundlokomotive wurde folgende Bilanz aufgestellt:

Zur Dampferzeugung nutzbar gemacht . . .	67 v. H.
Verlust durch die Abgase	20 „
Verlust durch unvollständige Verbrennung zu Kohlenoxyd	3 „
Verlust durch Rückstände in der Rauchkammer und im Aschenkasten	5 „
Rest: Ausstrahlung, Ruß, Funken	5 „
	<hr/>
	100 v. H.

Nach der Berechnung von Strahl betrug die Leistungsfähigkeit der rd. 9 qm großen Feuerkistenheizfläche 45 v. H. und diejenige der 109 qm großen Siederrohrheizfläche 55 v. H. der Kesselleistung; es verdampfte 1 qm der Feuerkiste 312 kg/st, 1 qm der Siederrohre in der Nähe der Feuerkiste 51,5 kg/st und 1 qm in der Nähe der Rauchkammer 14,4 kg/st.

Die letzten 11 qm der Rohre erzeugten nur 2,6 v. H., die ersten 11 qm dagegen 10 v. H. des Dampfes. Daraus folgt, daß eine weitere Verlängerung der Rohre über die vorhandene Länge von 4 m hinaus wegen der Vermehrung des Gewichtes und des Reibungswiderstandes nicht mehr wirtschaftlich sein würde. Man sieht daraus, daß der Verlauf der Wärmeaufnahme durch die Heizfläche von dem auf S. 23 theoretisch konstruierten erheblich abweichen kann.

D. Einzelteile und Beispiele von Ausführungen.

Von den Einzelteilen des Lokomotivkessels beansprucht die Feuerkiste die größte Beachtung. Beweis dafür sind die mannigfachen Vorschläge und Versuche zu ihrer Abänderung.

Auf dem Bestreben, die ebenen unter Dampfdruck stehenden Wandungen zu vermeiden, beruhen folgende Bauarten:

1. Der Lentz-Kessel²⁾, bei welchem die Feuerkiste durch ein etwas gekrümmtes Wellrohr ersetzt wurde. Hauptsächlich infolge der Explosion eines Kessels dieser Bauart wurden die weiteren Versuche mit derselben eingestellt.

2. Der Brotan-Kessel. Die Feuerkiste wird durch ein System eng aneinanderliegender Wasserrohre gebildet, welche unten in einem U-förmigen Grundrohr und oben in einem Sammelrohr vereinigt werden. Kessel dieser Bauart sind mit Erfolg in Betrieb.

Einen Gegenstand lebhafter Erörterung bildet seit langem das Material der Feuerbüchse. Während in

Europa allgemein Kupfer verwendet wird, ist man in Amerika von den Vorzügen flußeiserner Feuerkisten ebenso überzeugt.

Die früher vertretene Ansicht, aus der besseren Wärmeleitfähigkeit des Kupfers eine Überlegenheit der kupfernen Feuerkisten herleiten zu wollen, läßt sich nicht aufrechterhalten, da der Durchgangswiderstand durch die Wand, sei sie aus Kupfer oder Eisen, im Vergleich zu den Übergangswiderständen von den Gasen auf das Metall und vom Metall auf das Wasser verschwindend klein ist. Dagegen sind die Zähigkeit und Biegsamkeit des Kupfers von günstigem Einfluß,

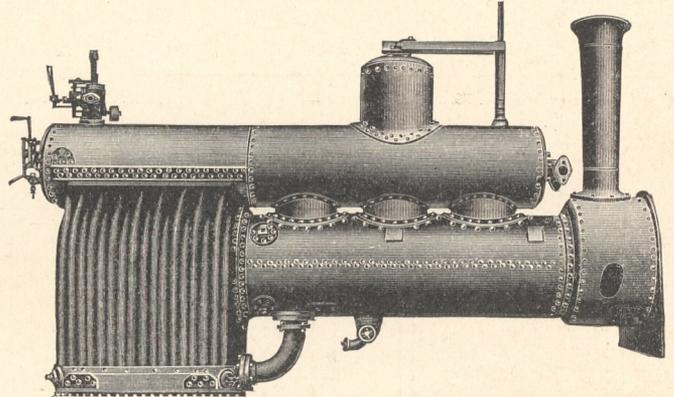


Fig. 118. Brotan-Kessel.

und es ist anzunehmen, daß Temperaturwechsel weniger schädlich wirken. Schließlich behält die Feuerbüchse bei der Ausmusterung ihren erheblichen Materialwert.

Die Seitenwände der Feuerbüchse werden mit den Wänden des Stehkessels durch kupferne Stehbolzen verankert, welche mit axialen Bohrungen versehen sind, um durch den austretenden Dampf das etwaige Reißen eines Bolzens anzuzeigen. Die Feuerbüchsenplatte wurde früher durch Deckenträger, wie sie noch jetzt bei den Schiffskesseln üblich sind (siehe Fig. 439), versteift; jetzt werden hauptsächlich infolge der höheren Betriebs-

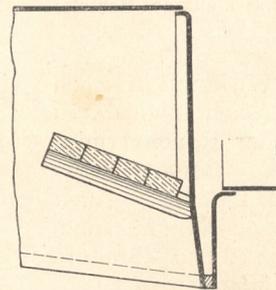


Fig. 119. Feuerschirm.

drücke allgemein Deckenanker verwendet, welche die flache oder gewölbte Decke mit dem Kesselmantel versteifen.

Von besonderen Einrichtungen, um die Verbrennung und die Richtung der Flamme zu beeinflussen, seien folgende erwähnt:

1. Der Feuerschirm aus Schamottemauerwerk (Fig. 119), welcher in Form eines Gewölbes an der vorderen Wand unter den Rohren angebracht ist und deren Umbörtlungen vor der Stichflamme schützen soll; zugleich wird die Flamme gezwungen, nach rückwärts zu schlagen und einen kleinen Umweg zu machen, wodurch eine bessere Mischung von Luft und Gasen und eine vollständigere Verbrennung erzielt wird.

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 717 ff.

²⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1891, S. 1440.

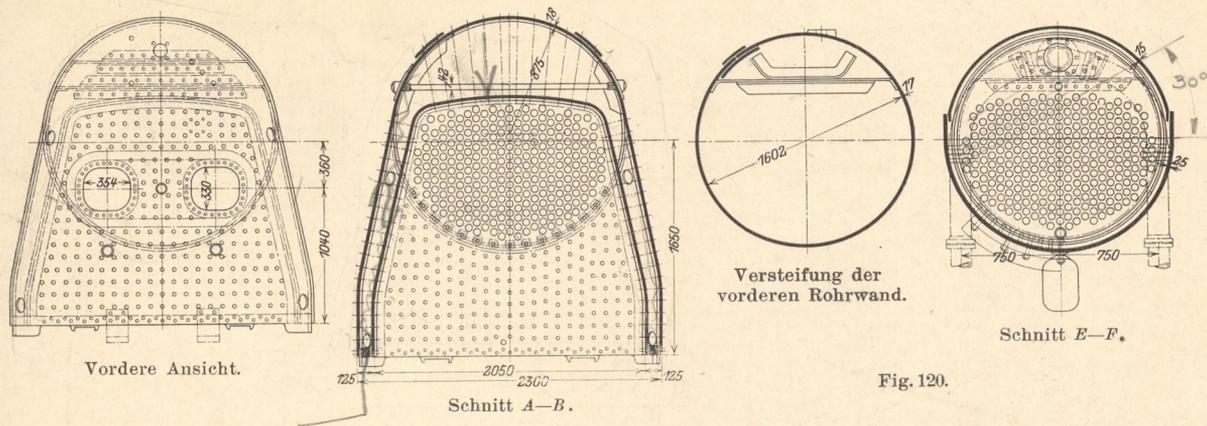


Fig. 120.

E. Überhitzer.

Seit einigen Jahren hat man den Wirkungsgrad und die Leistung des Lokomotivkessels mit Erfolg durch die Einführung des überhitzten Dampfes zu verbessern gesucht. Besonders den Bemühungen von R. Garbe ist die energische Durchführung der Versuche mit Heißdampflokotiven zu danken. Gerade die Lokomotive bietet ein günstiges Feld für die Anwendung des überhitzten Dampfes,

1. da die Lokomotive auf die Kondensation verzichtet muß, und die wärmesparende Wirkung des Überhitzers um so mehr zur Geltung kommt, je einfacher die Maschine ist;
2. da bei der starken Beanspruchung des Lokomotivkessels die Erzeugung nassen Dampfes kaum zu vermeiden ist, besonders wenn während des Aufenthaltes auf Stationen der Kessel bis zur höchsten Marke voll-gespeist wurde.

Von den Überhitzerbauarten haben diejenigen von Wilh. Schmidt die größte Verbreitung gefunden, und zwar der Rauchkammerüberhitzer und der Rauchrohrüberhitzer. Ersterer (Fig. 121) beruht auf dem Gedanken, einen Teil der Gase abzuzweigen und durch ein im unteren Teil des Langkessels liegendes Flammrohr von etwa 300 mm Durchmesser der Rauchkammer zuzuführen, so daß die Gasmenge dort wegen des geringeren Verhältnisses von Umfang zu Querschnitt mit einer höheren Temperatur, 600 bis 800° C, als aus den Siederöhren anlangt und dort die ringförmig an den Mantel der Rauchkammer sich anschmiegenden Überhitzerrohre umspült.

Es wird eine Überhitzung auf 300 bis 350° C erzielt, während die Gase infolge teilweiser Gegenstromanordnung auf 330° C abgekühlt werden. Die Regelung erfolgt durch Klappen, welche diesen Gastrom von dem größeren der Blasrohrwirkung ausgesetzten Raum der Rauchkammer absperren können.

Bei dem Rauchröhrenüberhitzer (Fig. 122), der neuerdings häufiger als der Rauchkammerüberhitzer

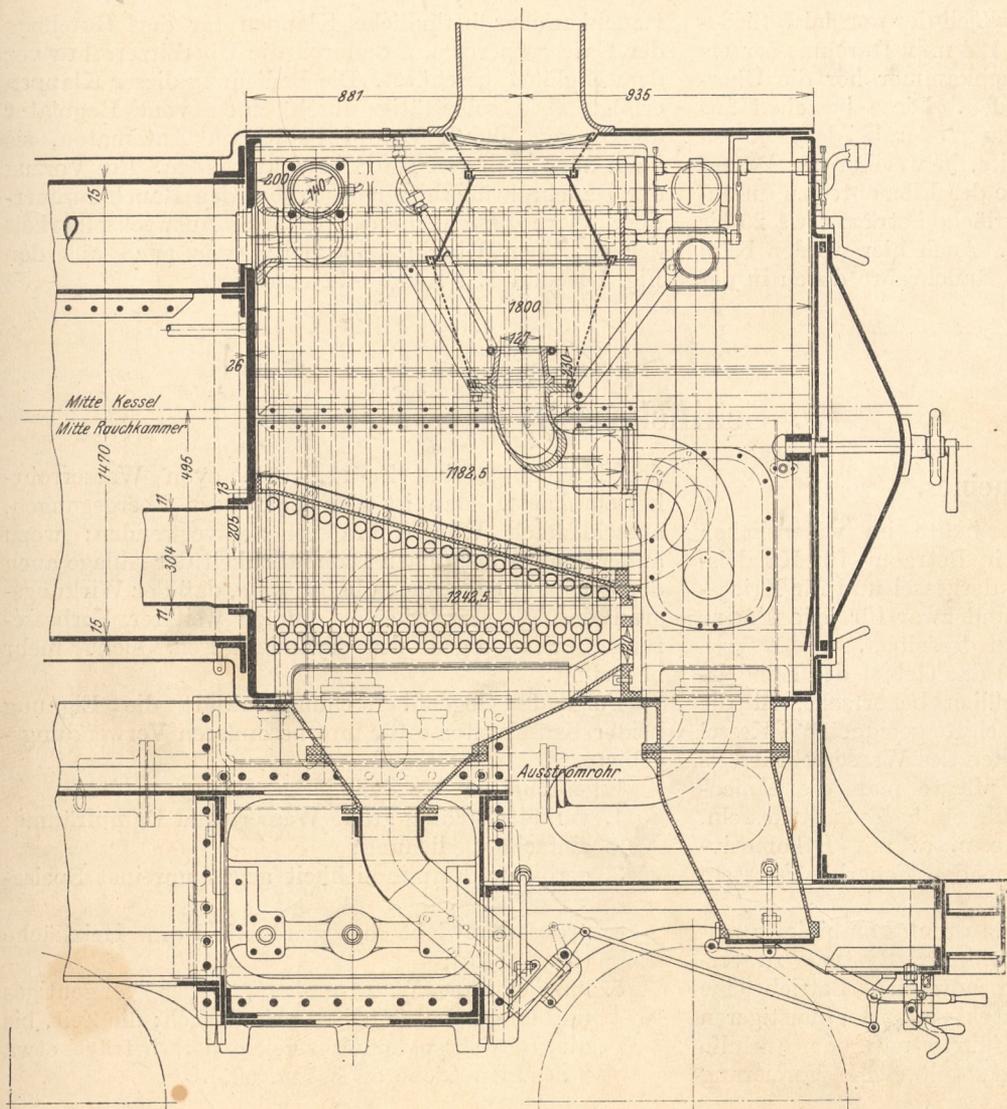


Fig. 121.

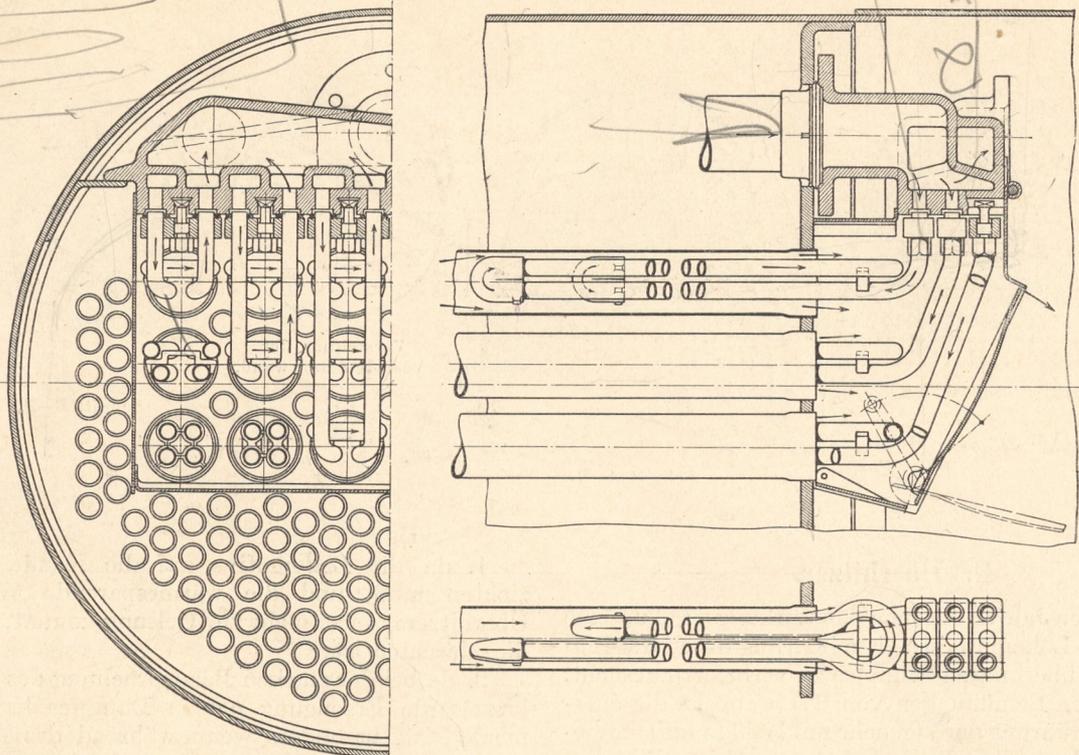


Fig. 122. Rauchrohrüberhitzer. Bauart: Wilh. Schmidt.

verwendet wird, wird der obere Teil der normalen Siederohre durch Rauchrohre von 124 mm Durchmesser ersetzt, in welche von der Rauchkammer her die Überhitzerelemente eingesetzt werden. Diese bestehen aus je zwei U-förmig gebogenen Rohren oder, bei der neuesten Bauart, aus einer Doppelschleife, in welcher der Dampf also viermal die einfache Länge des Elementes zu durchlaufen hat. Die Überhitzerheizfläche beträgt etwa 25 bis 30 v. H. der Gesamtheizfläche. Auch hier werden beim Stillstand der Lokomotive die Rauchrohre durch in der

Rauchkammer befindliche Klappen für den Durchzug der Gase gesperrt und dadurch die Überhitzerrohre vor dem Erglühen geschützt. Die Bedienung dieser Klappen erfolgt aber selbsttätig durch einen vom Regulator abhängigen, durch Dampf betätigten Automaten, sie kann aber auch von Hand bewirkt werden. Ein Vorzug der Rauchrohrüberhitzer gegenüber den Rauchkammerüberhitzern besteht in der leichten Auswechselbarkeit der einzelnen Überhitzerelemente, was auch aus den Fig. 121 und 122 leicht erkennbar ist.

9. Schiffskessel.

A. Allgemeines.

Für Schiffskessel kommen heute im wesentlichen für jedes Land zwei Bauarten in Betracht, für Handelsschiffe allgemein der sog. Zylinderkessel und für Kriegsschiffe der Wasserrohrkessel, und zwar für jede Marine nur eine oder wenige Bauarten desselben.

Während der Zylinderkessel das Gebiet der Handelsmarine schon lange ausschließlich beherrscht, ist die Frage nach dem für die Kriegsschiffe geeignetsten Kessel erst in der 90er Jahren zugunsten des Wasserrohrkessels entschieden worden. Vorher pflegte man die Linienschiffe und Kreuzer ebenfalls mit Zylinderkesseln, kleinere Schiffe, Torpedoboote u. a. mit Lokomotivkesseln und Beiboote mit stehenden Feuerbüchskesseln auszurüsten.

Eine Zeitlang versuchte man durch kombinierte Anlagen die Vorzüge der obenerwähnten Systeme zu vereinigen, indem man für den normalen Betrieb eine Stammbatterie von Zylinderkesseln wegen der günstigeren Wärmeausnutzung derselben führte und zur Aushilfe für schnelle Inbetriebnahme und plötzliche Forcierung

der Maschinen eine Zusatzbatterie von Wasserrohrkesseln hatte. Man ist aber bald dazu übergegangen, ausschließlich Wasserrohrkessel zu verwenden; wozu außer dem Streben nach Einheitlichkeit der Anlage auch der Umstand beigetragen haben mag, daß der Wirkungsgrad des Wasserrohrkessels infolge weiterer Verbesserungen demjenigen des Zylinderkessels nicht mehr nachsteht.

Folgende Gegenüberstellung erklärt die Eignung beider Kesselsysteme für ihre besonderen Verwendungsbereiche.

Eigenschaften der Zylinderkessel:

1. verhältnismäßig große Wasser- und Dampfzäume;
2. einfache Bedienung;
3. geringere Empfindlichkeit gegen unreines Speisewasser;
4. großes Gewicht bezogen auf 1 qm Heizfläche (rd. 200 kg);
5. mangelhafter Wasserumlauf, daher vorsichtiges und langsames Anheizen erforderlich; die Zeit, bis die Betriebsspannung erreicht ist, beträgt etwa 8 Stunden (siehe auch Fig. 605).