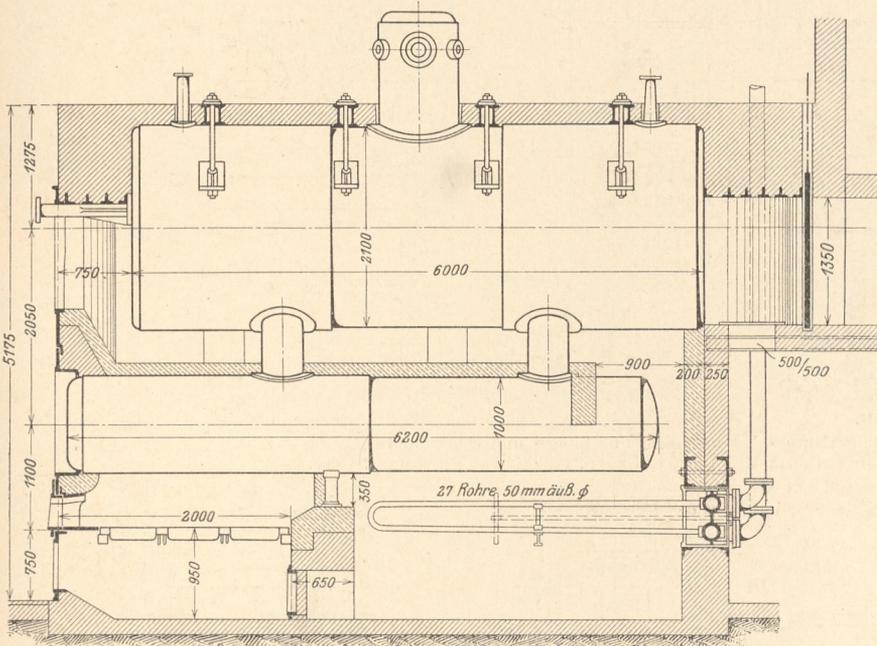


5. Kombinierte Kessel.

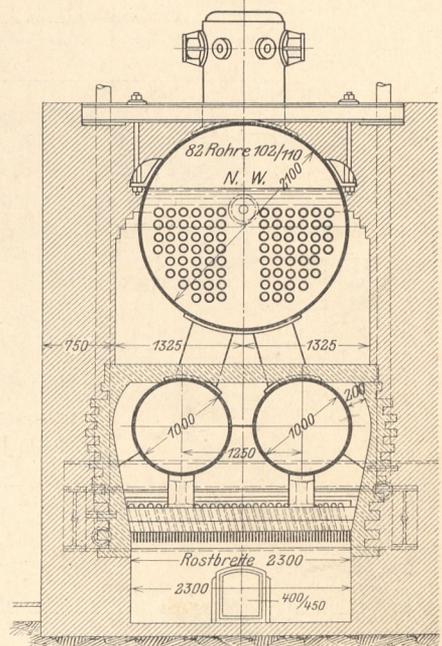
A. Allgemeines.

Mit der Zunahme der Leistungen der Dampfkraftmaschinen stellte sich das Bedürfnis heraus, größere Kessel zu bauen, d. h. größere Heizflächen, als dieses mit den bisher beschriebenen einfachen Systemen möglich war, in einem Kessel unterzubringen. Sofern nun die Art des Betriebes die Beschaffung eines Großwasser-raumkessels bedingte, sah man sich gezwungen, zwei oder

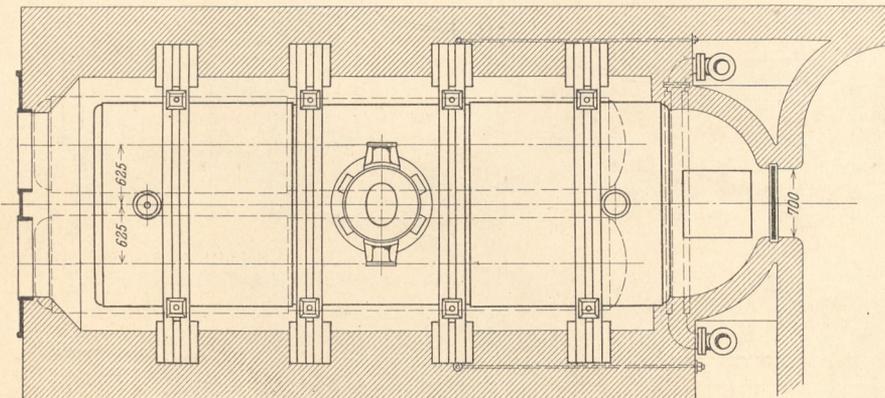
mehrere solcher Kessel über- oder hintereinander zu legen, zu kombinieren, wobei der obere oder hintere Kessel in der Regel mit Rauchröhren versehen wurde, um bei beschränktem Räume die geforderte Heizfläche unterbringen zu können. Auf diese Weise sind die kombinierten Rauchrohrkessel entstanden, deren ältester Vertreter der in Fig. 38 dargestellte Sieder-Rauchrohrkessel ist.



Längsschnitt.



Querschnitt.



Grundrißschnitt.

Fig. 38. Sieder-Rauchrohrkessel.

Ausführung: Elsässische Maschinenbau-Gesellschaft, Mülhausen i. E.

Heizfläche = 215 qm,
Überhitzerheizfläche = 34 qm,
Rostfläche = 4,0 qm.

mehrere solcher Kessel über- oder hintereinander zu legen, zu kombinieren, wobei der obere oder hintere Kessel in der Regel mit Rauchröhren versehen wurde, um bei beschränktem Räume die geforderte Heizfläche unterbringen zu können. Auf diese Weise sind die kombinierten Rauchrohrkessel entstanden, deren ältester Vertreter der in Fig. 38 dargestellte Sieder-Rauchrohrkessel ist.

rostes mit rückkehrender Flamme eine möglichst rauchfreie Verbrennung und gute Brennstoffausnutzung zu erzielen. Kessel dieser Bauart werden auch heute noch vielfach in einer Größe bis zu 300 qm Heizfläche und für einen Betriebsdruck bis zu 15 at ausgeführt.

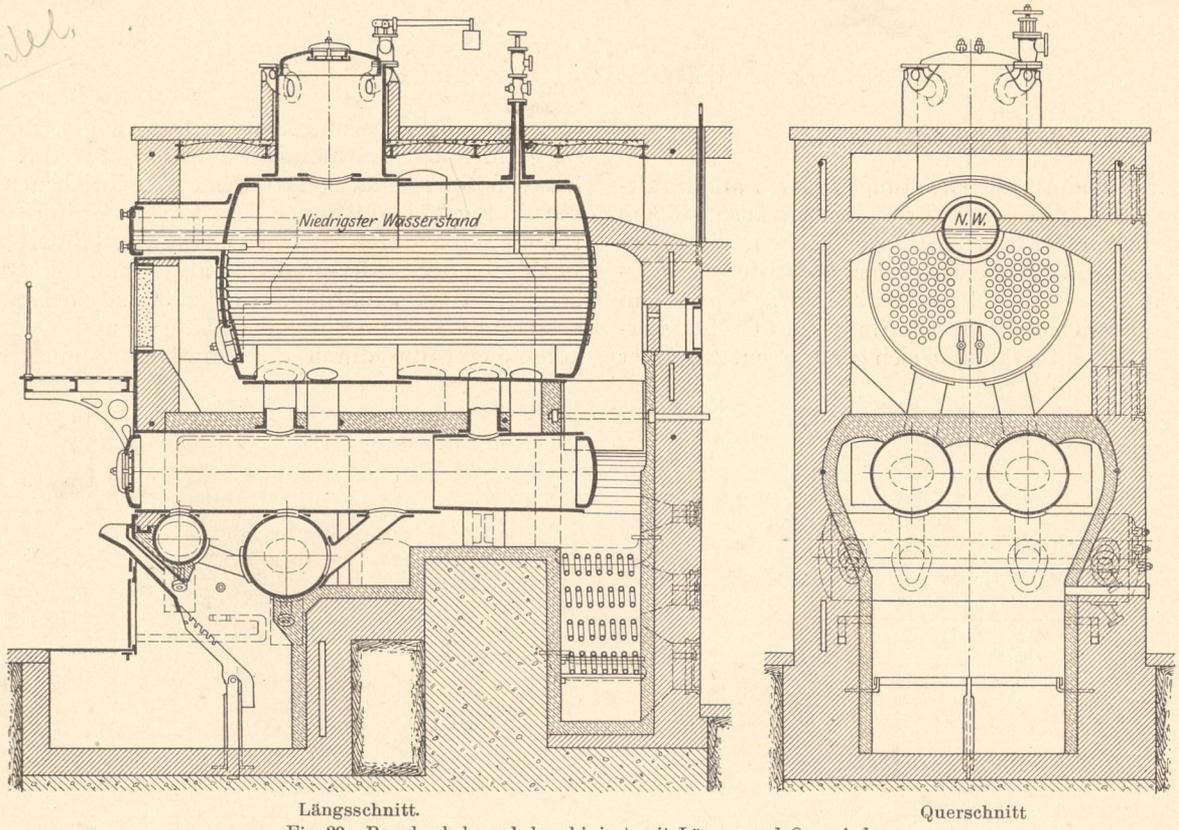
B. Kombinierte Sieder-Rauchrohrkessel (über-einanderliegend).

Obwohl dieses Kesselsystem in Deutschland, mit Ausnahme von Elsaß-Lothringen, nur eine geringe Verbrei-

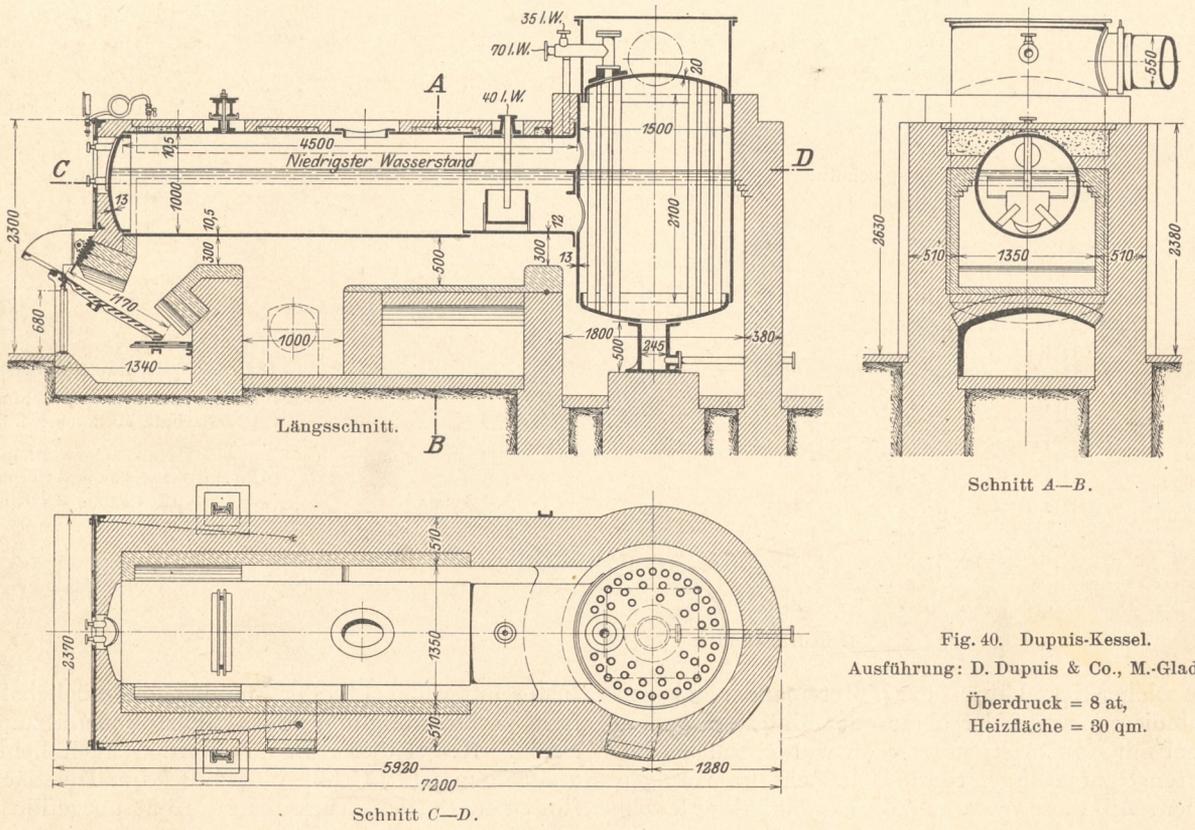
C. Kombinierte Sieder-Rauchrohrkessel (hintereinanderliegend).

Bei dem Dupuis-Kessel ist der Rauchrohrkessel nicht über, sondern hinter dem Sieder gelagert und zwar stehend. Die Heizgasführung ist aus der Zeichnung Fig. 40 ersichtlich. Die Feuerung liegt unter dem Sieder,

Handwritten note: *Handwritten*



Längsschnitt. Querschnitt
 Fig. 39. Rauchrohrkessel, kombiniert mit Längs- und Quersiedern.
 Ausführung: Maschinenfabrik Eßlingen, Eßlingen, und G. Kuhn, Stuttgart-Berg.



Schnitt A—B.
 Fig. 40. Dupuis-Kessel.
 Ausführung: D. Dupuis & Co., M.-Gladbach.
 Überdruck = 8 at,
 Heizfläche = 30 qm.

die Gase werden an diesem entlang zunächst an den Mantel des Röhrenkessels geführt und bestreichen dann erst von unten nach oben die Innenheizfläche der Rauchrohre, die durch ihre senkrechte Lage leichter rein gehalten werden, als dieses bei horizontal gelagerten Rauchrohr-Oberkesseln der Fall ist. Da aber die Dampfleistung dieses Kesselsystems pro qm Heizfläche und Stunde keine

hohe ist und die durch die Unterfeuerung bedingten großen Ausstrahlungsflächen des Mauerwerks im ersten Feuerzuge keine besonders gute Brennstoffausnützung gestatten, fertigt die Firma D. Dupuis & Co. in M.-Gladbach derartige Sieder-Rauchrohrkessel nur noch in besonderen Fällen an, während sie im allgemeinen die kombinierten Kessel nach ihrem D. R. P. 170 352 (Fig. 47 und 48) baut.

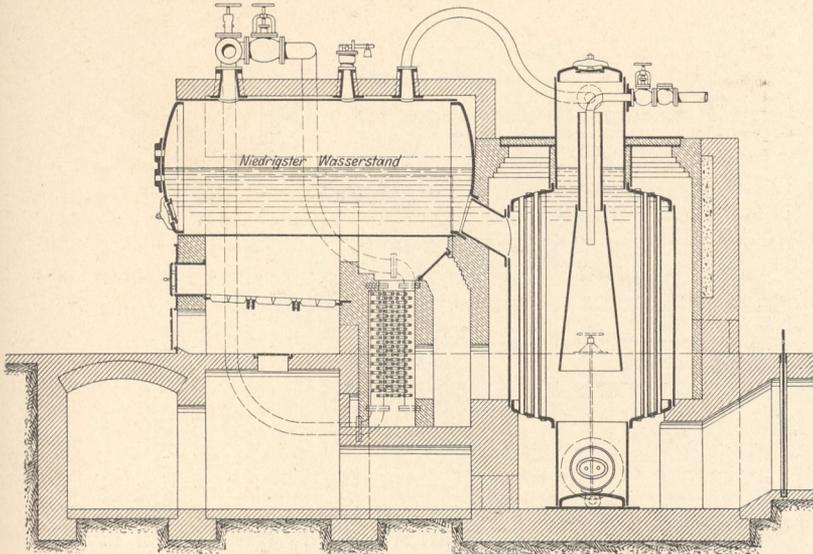


Fig. 41. Rauchrohrzirkulationskessel. D. R. P. Nr. 187496 u. 192158.
Ausführung: Böhm, Burckas & Cie., G. m. b. H., Schöningen.

Eine von dem Dupuis-Kessel (Fig. 40) verschiedene Bauart weist der kombinierte Rauchrohr-Zirkulationskessel Fig. 41 insofern auf, als hier der Sieder erheblich kürzer gehalten ist als bei ersterem System, und daß derselbe mit dem stehenden Rauchrohrkessel durch einen besonderen Stutzen verbunden wird. Die senkrechten Rauchrohre werden vollständig vom Wasser umspült. Die Anordnung eines Dampfdomes ermöglicht die Führung der Heizgase durch die Rauchröhren von oben nach unten, wodurch bei entsprechender Einleitung des Speisewassers in den Rauchrohrkessel ein Gegenstrom in diesem erzielt wird.

D. Kombinierte Flammrohr-Rauchrohrkessel (übereinanderliegend).

a) Mit einem Wasser- und Dampfraum.

Nachdem man allgemein dazu überging, an Stelle der Kessel mit Unterfeuerung solche mit Innenfeuerung anzulegen und insbesondere den Flammrohrkessel vervollkommnete, wurden auch kombinierte Flammrohr-Rauchrohrkessel gebaut, indem man

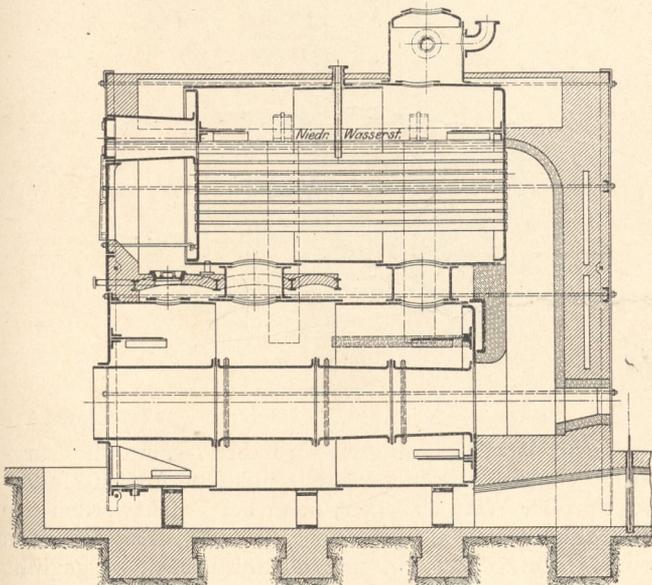


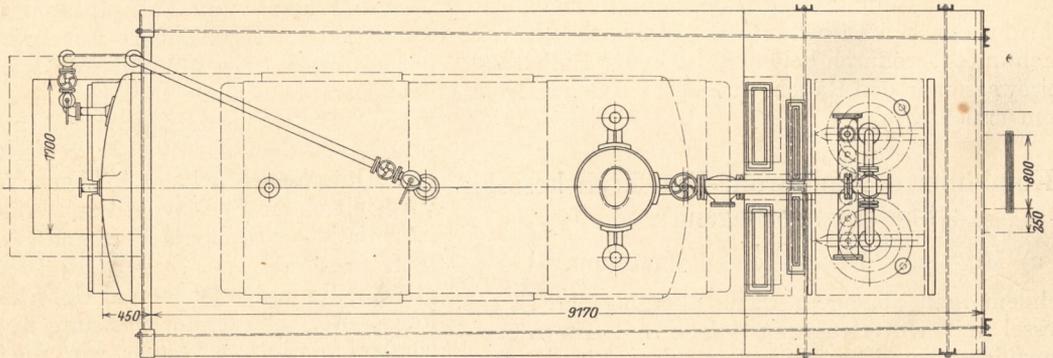
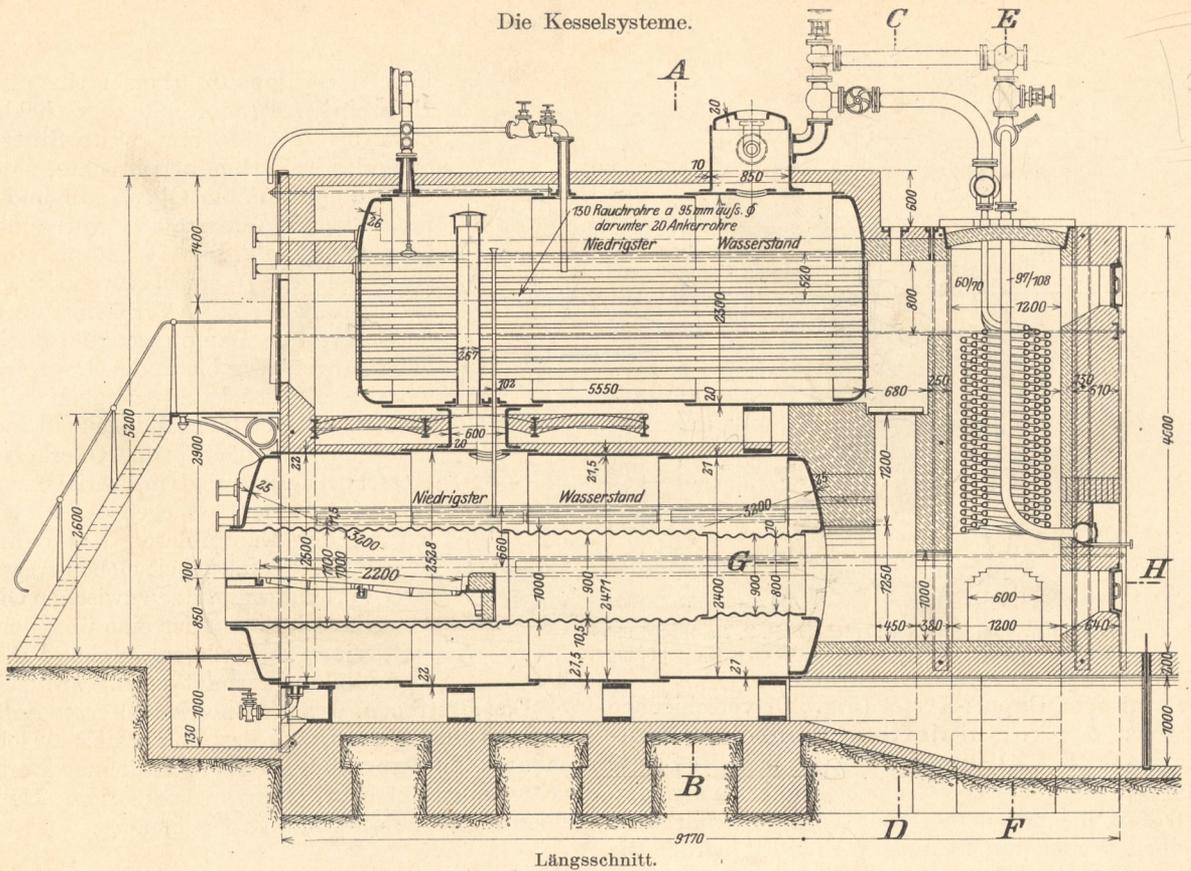
Fig. 42. Kombiniertes Flammrohr-Rauchrohrkessel mit einem Wasser- und einem Dampfraum.

über dem Flammrohrkessel einen kürzeren Heizrohrkessel anordnete und beide durch etwa 500 bis 600 mm weite Stutzen miteinander in Verbindung brachte, so daß nur ein Dampfraum im Oberkessel und ein gemeinsamer Wasserraum vorhanden war (Fig. 42). Diese Bauart hat aber den Mißstand, daß die Dampfblasen aus dem Unterkessel, in dem eine im Verhältnis zur Gesamtleistung große Dampferzeugung stattfindet, einen langen Weg bis in den Dampfraum des Oberkessels zurückzulegen haben und infolgedessen bei der vorhandenen kleinen Verdampfungsoberfläche im Oberkessel dem Kessel bei angestrebtem Betriebe sehr nasser Dampf entweicht. Wegen der besseren Ableitung der Dampfblasen aus dem Unterkessel müssen daher bei solchen Kesseln stets zwei Verbindungsstutzen zwischen Ober- und Unterkessel, davon der eine über dem Roste, — derjenigen Stelle, an welcher die größte Dampfbildung erfolgt —, angeordnet werden.

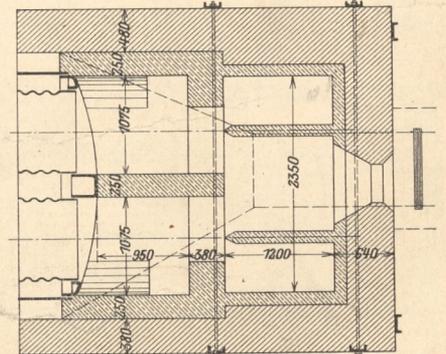
Das Bestreben, den im Unterkessel erzeugten Dampf direkt in den Dampfraum des Oberkessels zu leiten, um dadurch letzterem unmittelbar trockenen Dampf entnehmen zu können, führte dazu, dem Unterkessel einen eigenen Dampfraum zu geben.

b) Mit getrennten Wasser- und Dampfräumen.

Die Wasser- und Dampfäume sind dabei durch in der Regel im Kesselinnern angeordnete, nicht absperrbare Röhren (Fig. 43) miteinander verbunden, so daß eine Dampfentnahme nur aus dem Oberkessel erfolgen kann. Die Speisung geschieht meist in den Oberkessel, aus dem das Wasser durch ein Überlaufrohr in den Unterkessel gelangt. Aber auch der Unterkessel wird mit einem Speiseventil ausgerüstet, damit erforderlichenfalls — bei einem Versagen (Verstopfen) des Überlaufrohres oder zu lange unterbrochener Speisung — gleichzeitig in den Ober- und Unterkessel gespeist werden kann. Bei anhaltender Speisung in den Oberkessel, besonders mit kaltem Wasser, wird die Temperatur in demselben erheblich herabgemindert, so daß der Unterkessel einen verhältnismäßig hohen Anteil an der Dampferzeugung hat, der je nach der Führung der Heizgase 70 bis 80 v. H. der Gesamt-Dampfleistung beträgt. Der Oberkessel dient dann trotz der so viel größeren Heizfläche, die er gegenüber dem Unterkessel besitzt, fast nur als Vorwärmer und nimmt höchstens mit 20 bis 30 v. H. an der Dampfproduktion teil. Der Nutzeffekt des Kessels aber erscheint in diesem Falle am günstigsten, da die heißeren Gase im Unterkessel die vorgewärmte Wassermenge treffen und der Kessel alsdann, soweit die Innenheizfläche in Frage kommt, nach dem Gegenstromprinzip arbeitet. Besonderes Gewicht ist bei derartig konstruierten Kesseln auf ein genügend weites Dampfzugsrohr in den Oberkessel zu legen. Es könnte sonst der Fall eintreten, daß bei plötzlicher starker Dampfentnahme und wenn der Wasserinhalt des Oberkessels nicht die volle Flüssigkeitswärme bzw. Dampfreserve hat, der Druck im Unterkessel den des Oberkessels so viel überwiegt, daß sein Wasserinhalt teilweise, eventuell bis zur Freilegung des unteren Endes des Speiseüberlaufrohres, durch dieses in den Oberkessel gedrückt würde. Das Überlaufrohr muß daher auch in einer Höhe von mindestens 100 mm über dem Flammrohrscheitel endigen, damit bei einem eventuellen



Obere Ansicht.



Schnitt G—H.

Fig. 43.

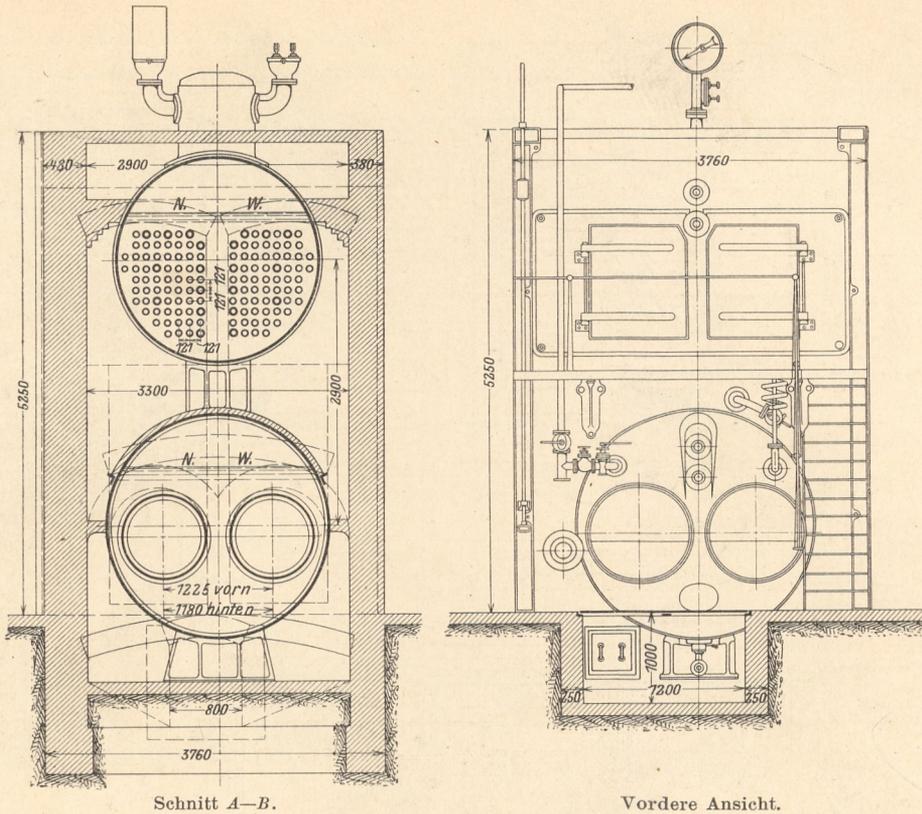
Überreißen des Wassers ein Bloßlegen des Flammrohres nicht zu befürchten ist.

Bei der Inbetriebsetzung, d. h. beim Anheizen eines kombinierten Kessels und beim ersten Nachspeisen sollte stets die Speisung in den Unterkessel mitbenützt werden, da der Inhalt des Oberkessels doch an und für sich schon lange genug in der Temperatur hinter dem Unterkessel zurückbleibt und sonst u. a. die Gefahr des Undichtwerdens der hinteren Enden der Siederöhren (S. 61) noch vergrößert wird.

Die Kessel erhalten an Ober- und Unterkessel gesonderte Wasserstandsrichtungen, die beide den gesetzlichen Bestimmungen genügen müssen.

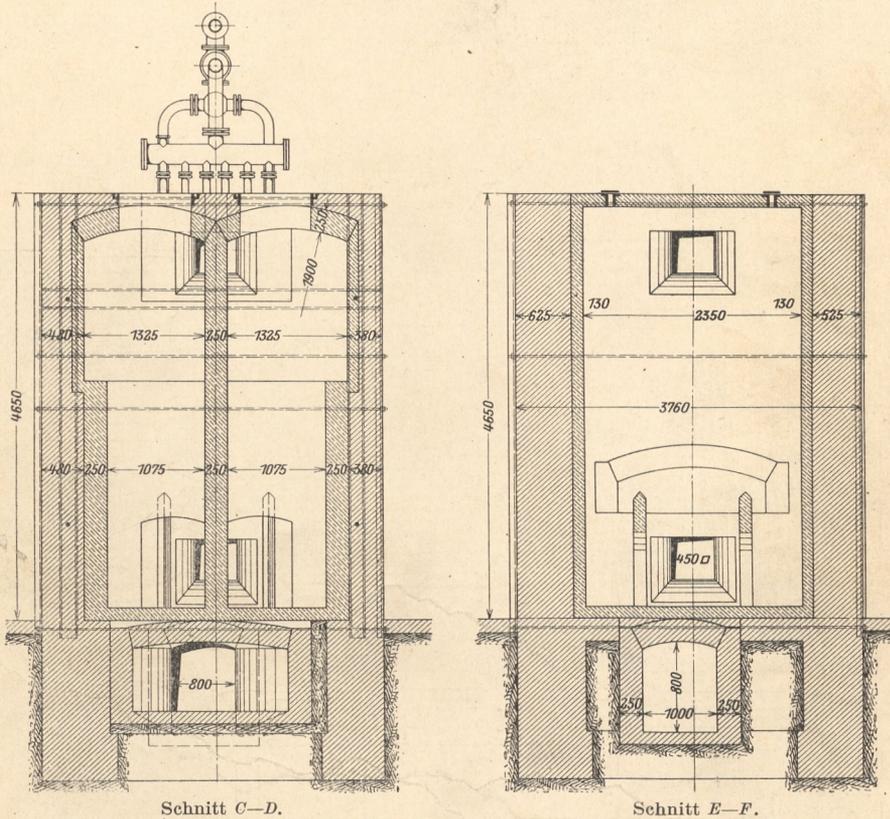
Bei den kurzen Unterkesseln haben die Heizgase, nachdem sie in die Umkehrkammer zwischen Ober- und Unterkessel gelangen, sehr oft noch eine so hohe Temperatur, daß das Mauerwerk dieser Kammer weißglühend wird. Da nun der Hinterboden des Unterkessels in seiner oberen Hälfte nicht vom Wasser gekühlt wird, ist in Beachtung der gesetzlichen Bestimmungen (Allg. pol. Best. f. Ldk. § 3, 2), — daß die Heizgase den Dampfraum eines Kessels erst dann berühren dürfen, wenn sie eine Heizfläche gleich der 20- bzw. 40fachen

Größe der Rostfläche bestrichen haben —, auf eine sorgfältige Umkleidung dieser Stelle mit feuerfestem Mauerwerk großer Wert zu legen; denn bei Defektwerden der Umkleidung würde der obere Teil des Hinterbodens seines Schutzes beraubt und Gefahr laufen, ausgeglüht zu werden, was dann leicht ein Ausbauchen oder Aufreißen des Bleches zur Folge haben kann. Oft wird auch



Schnitt A-B.

Vordere Ansicht.



Schnitt C-D.

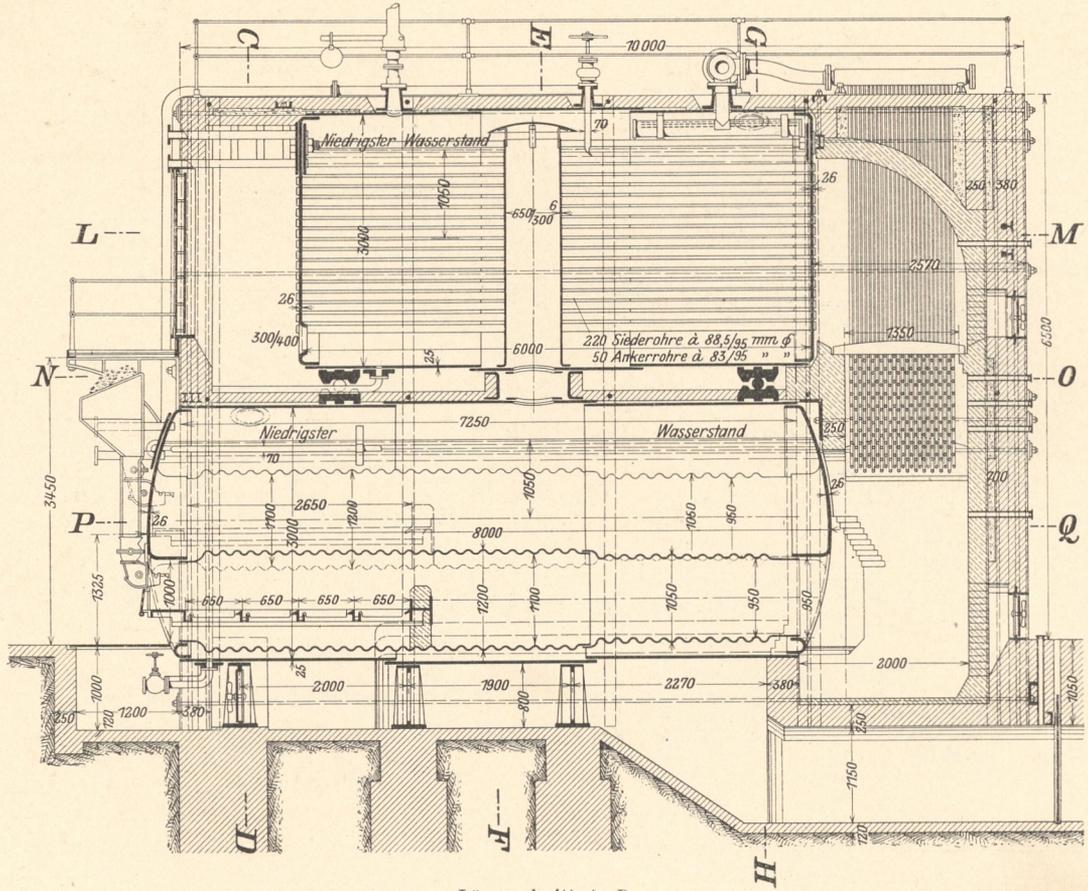
Schnitt E-F.

Fig. 43. Kombiniertes Zweiflammrohr-Rauchrohrkessel mit getrenntem Wasser- und Dampfraum. Ausführung: Ewald Berninghaus, Duisburg a. Rh. Überdruck = 12 at, Kesselheizfläche = 270 qm, Überhitzerheizfläche = 70 qm, Rostfläche = 4,44 qm.

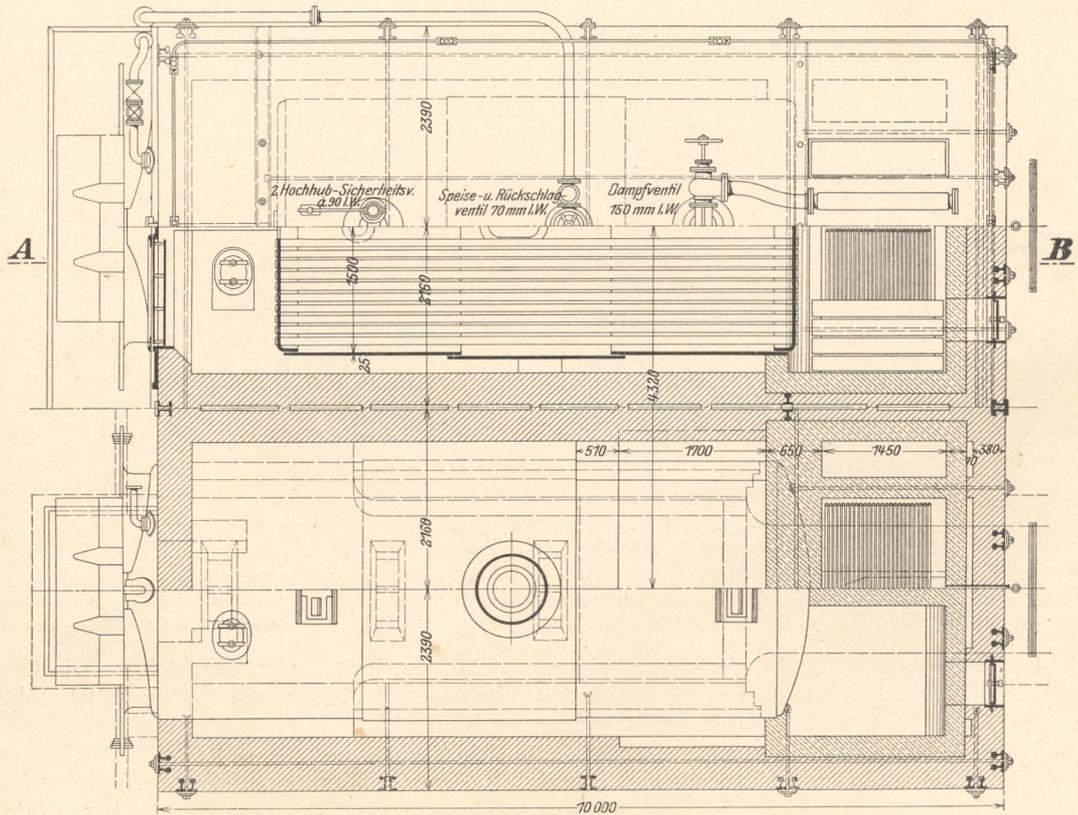
der Hinterboden vom Wasserspiegel aufwärts erst durch einen gußeisernen Hohlkasten und dann durch feuerfestes Mauerwerk geschützt. Wird aber solch ein gußeiserner Schutzkasten glühend, so schadet er oft mehr, als er nützt, da sich dann die Gußwände leicht verziehen und infolgedessen das feuerfeste Gewölbe zerstören. Daß es möglich ist, mittels guter feuerfester Steine und zweckmäßig angelegter Gewölbe den Hinterboden sicher zu

schützen, hat die Praxis gelehrt. Die Gewölbe sind am besten aus Fassungsteinen (Fig. 43) halbkreisförmig herzustellen und durch einen Schutzbogen noch von dem darüberliegenden Mauerwerk zu entlasten.

Der kombinierte Kessel Fig. 43 hat eine Heizfläche von 270 qm. Mantel und Flammrohre des Unterkessels sind im Durchmesser nach hinten verjüngt. Der Verbindungsstutzen zwischen Ober- und

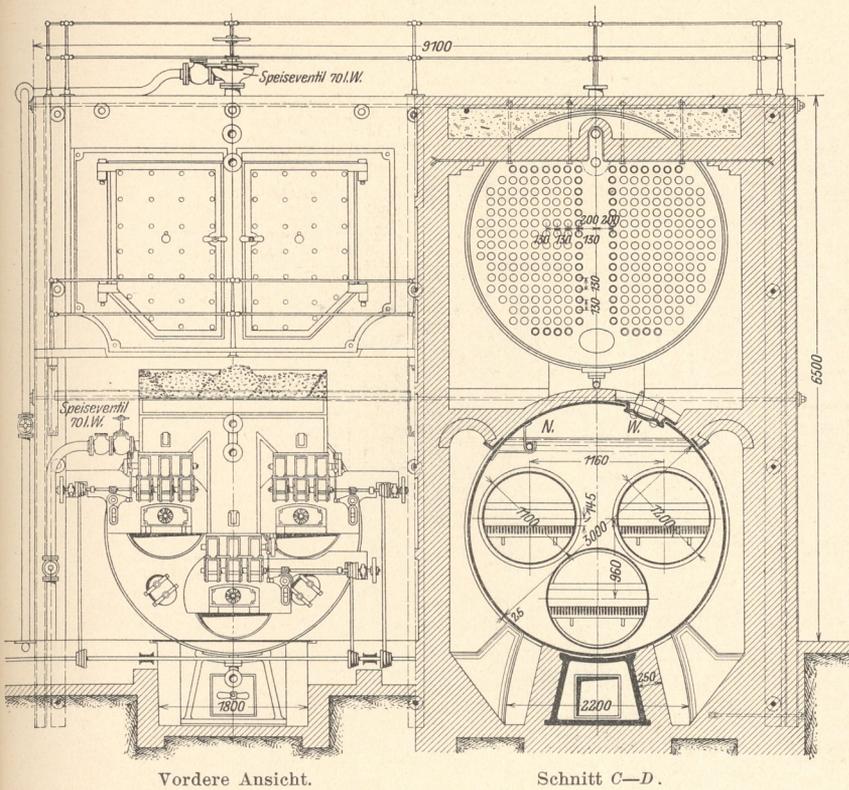


Längsschnitt A—B.



Obere Ansicht, Schnitt L—M, N—O und P—Q.

Fig. 44.



Unterkessel befindet sich vorne, während hinten der Oberkessel sein Gewicht durch einen Kesselstuhl auf den Unterkesselmantel überträgt. Fig. 44 zeigt einen besonders großen kombinierten Flammrohr-Rauchrohrkessel von 600 qm Heizfläche, mit 3 Wellrohr-Feurröhren im Unterkessel und insgesamt 270 Rauchrohren im Oberkessel. Die Dampfableitung aus dem Unter- in den Oberkessel erfolgt durch ein großes Rohr mit ovalem Querschnitt; ein Speiseüberlaufrohr ist dagegen nicht vorhanden. Ober- und Unterkessel müssen also im vorliegenden Falle getrennt gespeist werden. Ein mittlerer, aufgenieteter Verbindungsstutzen und je ein vorderer und hinterer, auf Rollen gelagerter Kesselstuhl übertragen die Gewichte des Oberkessels auf den Unterkesselmantel.

Um der Gefahr des Erglühens des Hinterbodens sicher zu begegnen, baute zuerst Piedboeuf den kombinierten Flammrohr-Rauchrohrkessel

e) mit einem Wasserraum und getrennten Dampfträumen,

indem durch eine Scheidewand im oberen Teile des Unterkessels und entsprechende Anordnung des Verbindungsstutzens eine vollständige Beseuchung des Hinterbodens vom Wasser ermöglicht wurde. Dadurch entfällt der Schutz durch feuerfeste Gewölbe, wobei gleichzeitig die Heizfläche des Kessels vergrößert wird. Bei der älteren Bauart (Fig. 45) erfolgte die Dampfableitung aus dem Unterkessel durch ein außerhalb des Kessels liegendes Rohr. Auf dem oberen Ende dieses Rohres war sodann ein Ventil montiert, welches durch einen Schwimmer mit Stange vom Unterkessel aus derart betätigt wurde, daß der Wasserstand hier während des Betriebes in einer bestimmten Höhe konstant gehalten wurde.

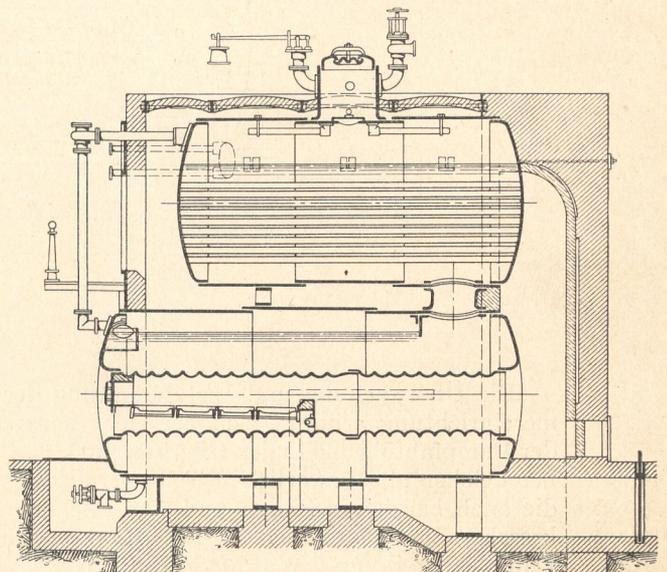
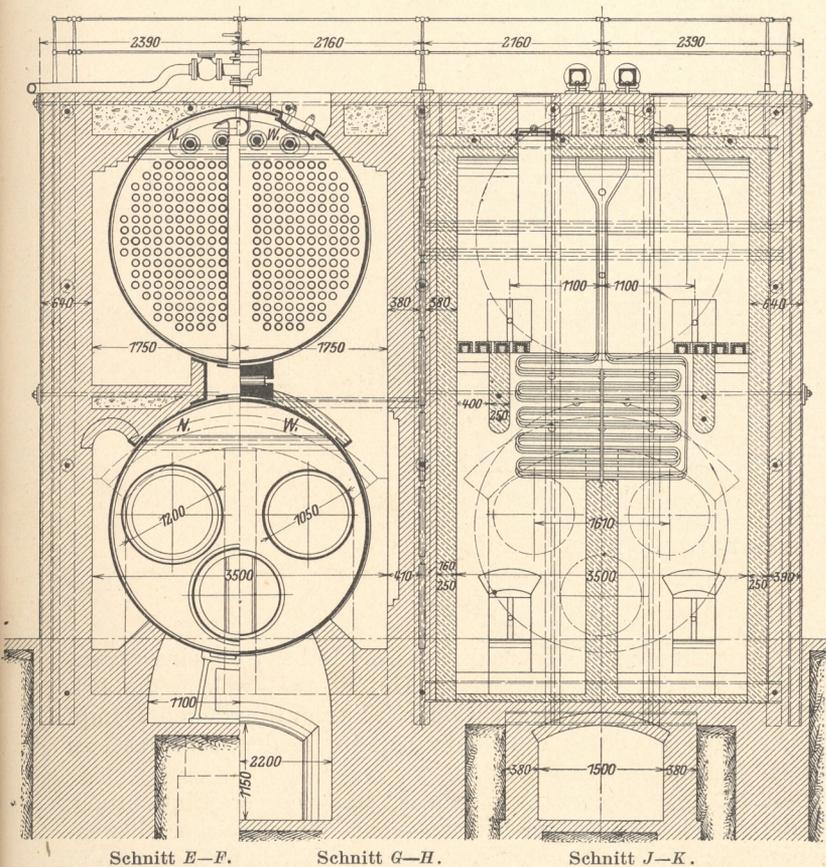
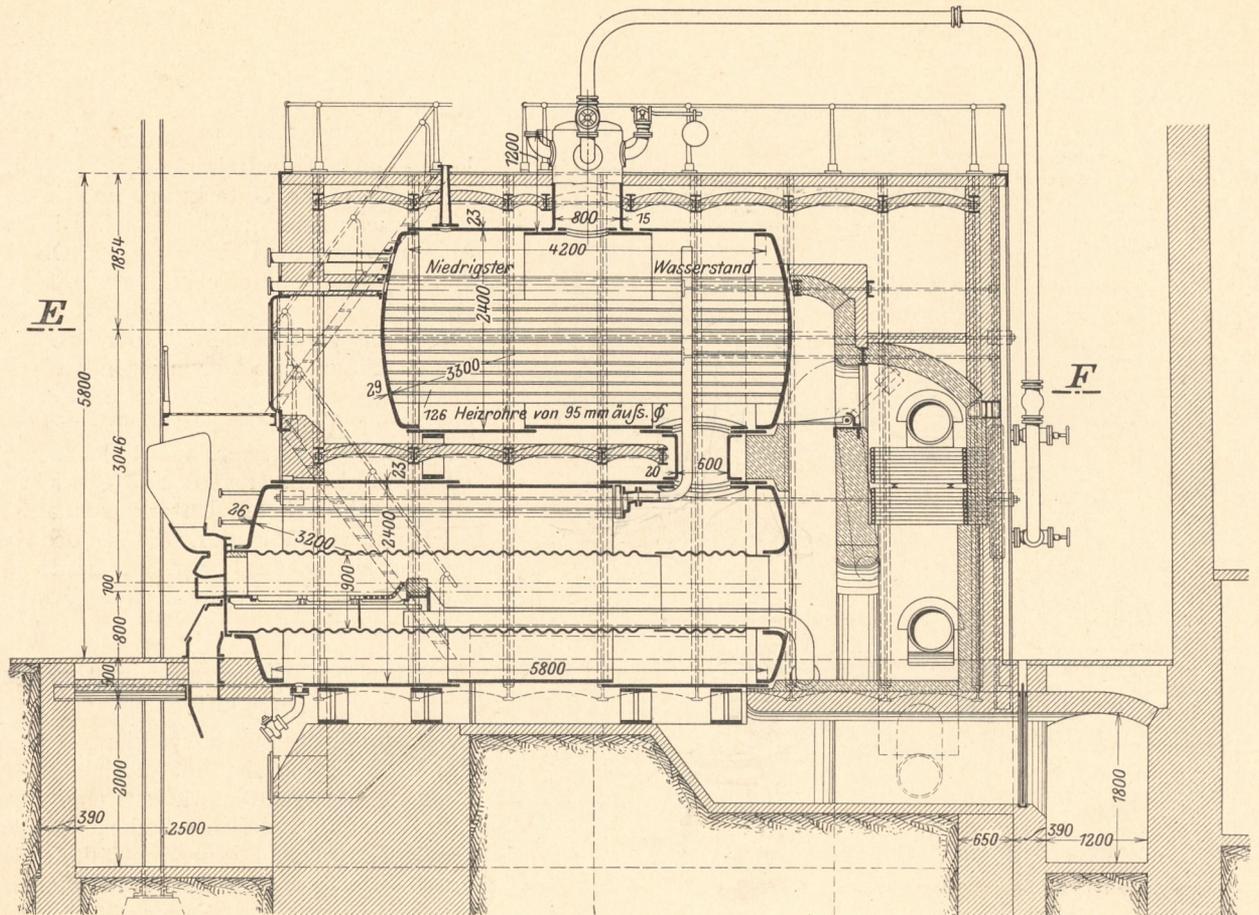


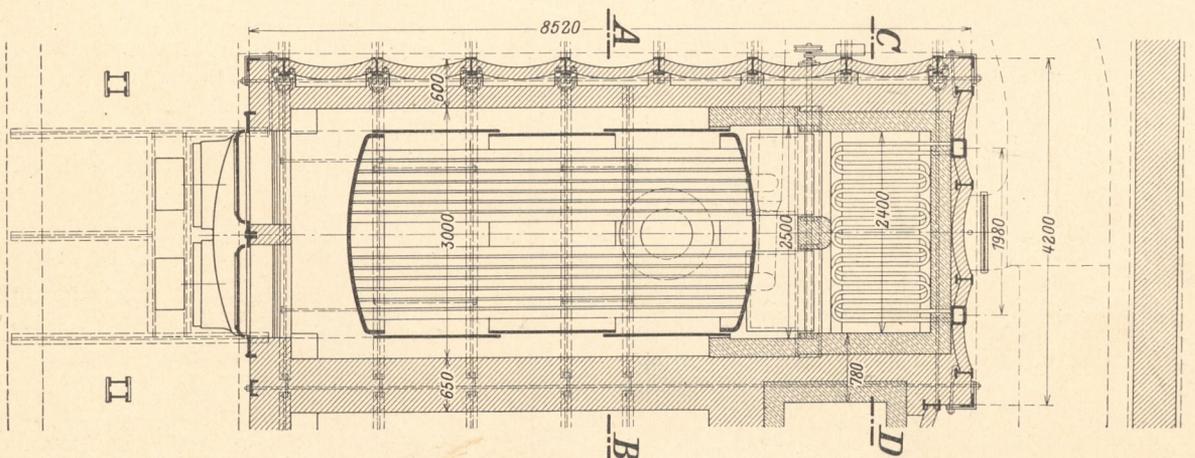
Fig. 44. Kombiniertes Dreiflammrohr-Rauchrohrkessel mit getrennten Wasser- u. Dampfträumen. Ausführung: Sächsische Maschinenfabrik vorm. R. Hartmann, Chemnitz.

Fig. 45. Kombiniertes Kessel mit einem Wasserraum und zwei Dampfträumen. Ältere Bauart Piedboeuf.

Überdruck = 12 at,
Kesselheizfläche = 600 qm,
Rostfläche = 9,1 qm.



Längsschnitt.



Schnitt E-F.

Fig. 46.

Die Überwachung und Instandhaltung der Schwimereinrichtung erübrigt sich bei einer neueren Bauart der Dampfableitung in den Oberkessel, D. R. P. 170 352, bei welcher alle beweglichen Teile vermieden sind, und die auch bei den in Fig. 46 und 51 gezeichneten Doppelkesseln angewendet ist. Fig. 47 veranschaulicht diese Einrichtung in größerem Maßstabe. Während bei der Schwimereinrichtung die Dampfableitung in den Oberkessel periodisch erfolgen mußte, ist sie im letzten Falle kontinuierlich, weil durch die entsprechende Formgebung eines Schlitzes in der Scheidewand *e* des Kastens *b-c* der Wasserstand im Unterkessel in einer be-

stimmten Höhe gehalten wird. Dabei ist *e* eine durchgehende Scheidewand im Unterkessel, welche die beiden Dampf Räume voneinander trennt und den Dampf zwingt, durch die Rohre *a* und *d* in den Oberkessel zu strömen.

Bei einem eventuellen Versagen der Einrichtung, was übrigens in Ermangelung irgendwelcher beweglicher Teile kaum zu befürchten ist, kann der Dampf aus dem Unterkessel unter der Scheidewand *e* hindurch in den Oberkessel gelangen, zu welchem Zweck diese Wand so hoch über den Feuerrohren endigt, daß ein Bloßlegen des Flammrohrscheitels unmöglich ist.

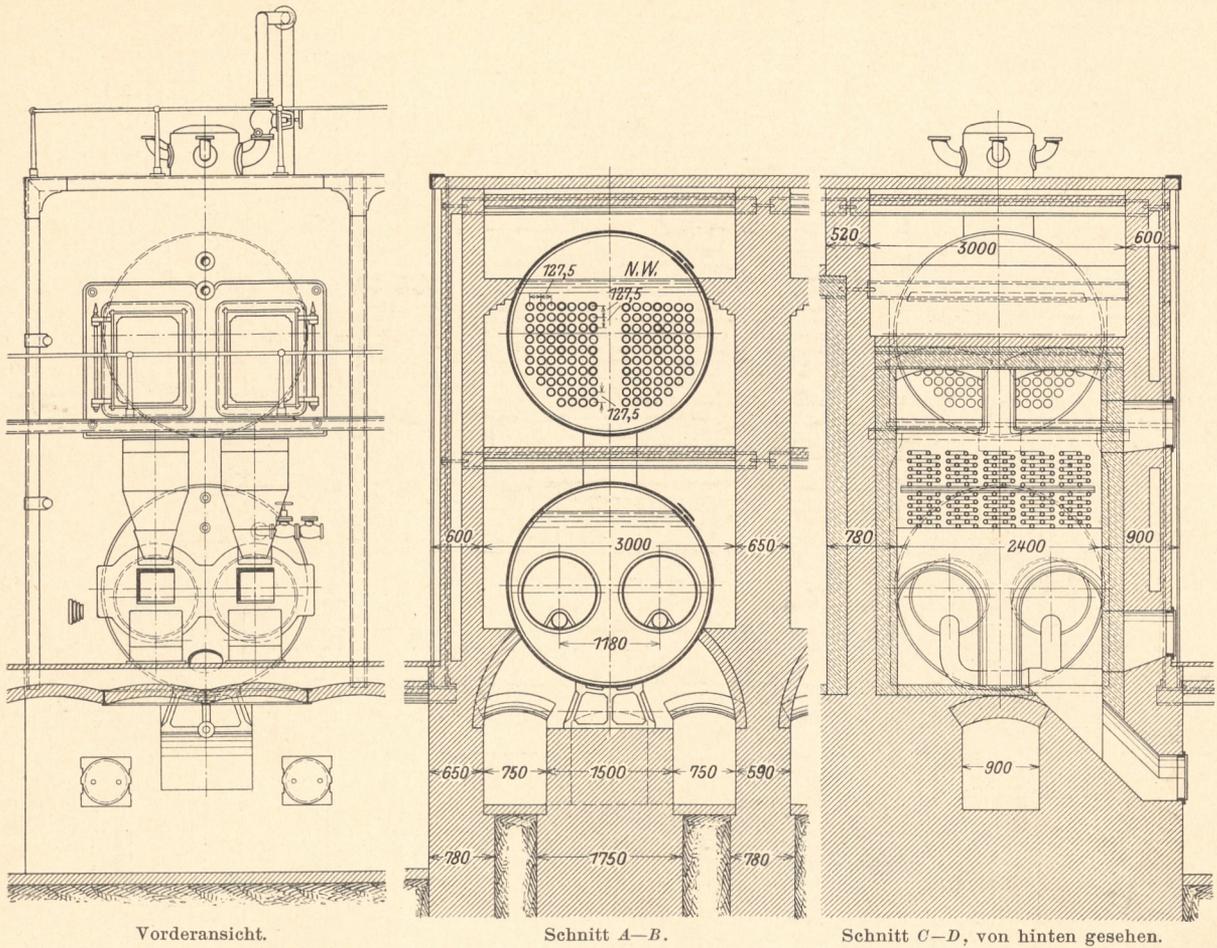


Fig. 46. Kombiniertes Zweiflammrohr-Rauchrohrkessel mit einem Wasserraum und getrennten Dampfäumen.

Ausführung: Jacques Piedbœuf, G. m. b. H., Düsseldorf-Oberbilk.

Überdruck = 12 at.

Die Speisung kombinierter Kessel mit einem Wasser- und getrennten Dampfäumen kann wahlweise in den Ober- oder Unterkessel erfolgen, sie geschieht meist in den Unterkessel, weil derselbe leichter zu reinigen ist als das Innere des Rauchrohr-Oberkessels. Die Anbringung doppelter Speiseventile wie bei den Kesseln mit getrennten Wasser- und Dampfäumen erübrigt sich hier,

einander; die untere bezeichnet den Wasserspiegel beim Anfeuern, wenn also der Unterkessel noch ganz mit Wasser gefüllt ist, während die obere den Normalwasserstand im Betriebe und beim Abstellen des Kessels unter Dampf anzeigt, so daß der Raum zwischen den beiden Marken der bei der Dampfbildung aus dem Unterkessel verdrängten Wassermenge entspricht.

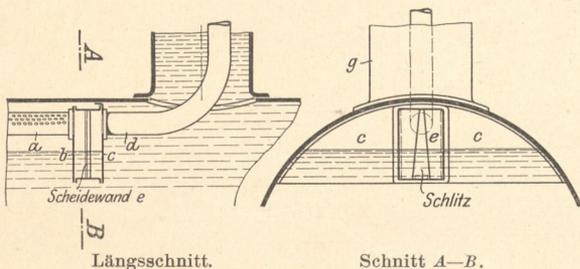


Fig. 47. Dampfableitung in den Oberkessel. D. R. P. Nr. 170352 der Firma D. Dupuis & Co., M.-Gladbach.

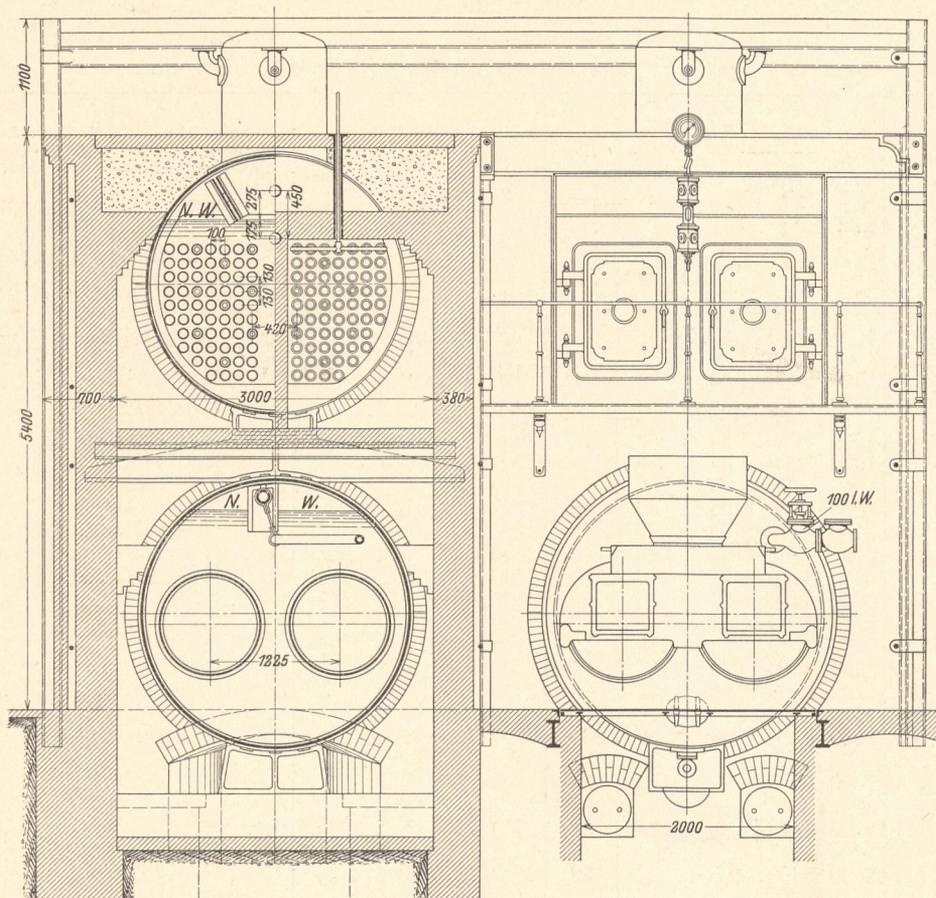
da ein Verstopfen des großen Stützens zwischen Ober- und Unterkessel, der zur Überleitung des Speisewassers dient, als ausgeschlossen zu betrachten ist.

Mit einer Wasserstandseinrichtung wird nur der Oberkessel ausgerüstet. Die senkrechte Mittelentfernung der Wasserstandshahnköpfe ist hier jedoch größer und zwar etwa 500 mm gegenüber 340 mm, wie sonst üblich, damit auch noch bei kaltem Kessel, bevor die Bildung des Dampfes im Unterkessel erfolgt, der Wasserspiegel im Oberkessel beobachtet werden kann. Demgemäß erhält der Oberkessel auch zwei Wasserstandsmarken über-

einander; die untere bezeichnet den Wasserspiegel beim Anfeuern, wenn also der Unterkessel noch ganz mit Wasser gefüllt ist, während die obere den Normalwasserstand im Betriebe und beim Abstellen des Kessels unter Dampf anzeigt, so daß der Raum zwischen den beiden Marken der bei der Dampfbildung aus dem Unterkessel verdrängten Wassermenge entspricht.

E. Kombinierte Flammrohr-Rauchrohrkessel (hintereinanderliegend).

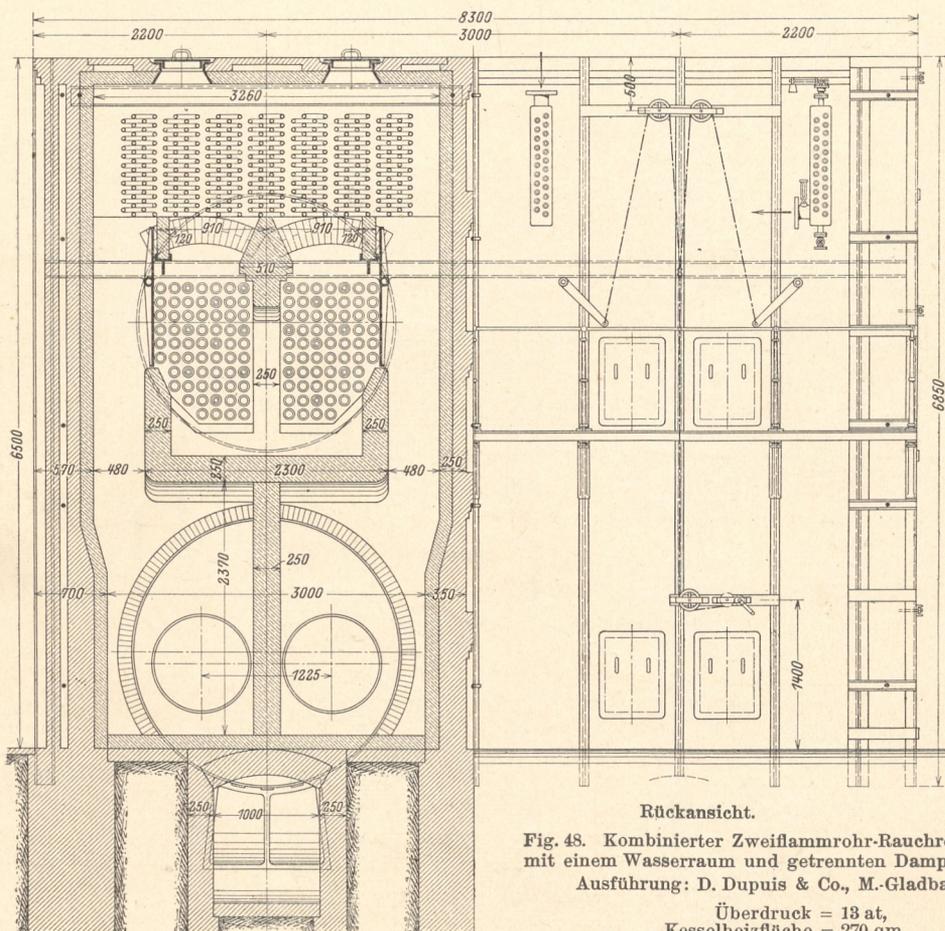
Ein kombinierter Kessel mit einem Zweiflammrohr-Wellrohr- und einem Rauchrohrkessel hintereinanderliegend ist der Reichling-Kessel (Fig. 49). Hier sind die Wasser- und Dampfäume gemeinsam, indem die Kessel oben und unten durch weite Stützen miteinander verbunden sind. Dadurch, daß Flammrohr- und Rauchrohrkessel in einer Ebene liegen, wird die Übersichtlichkeit gefördert und Treppen und Podeste fallen fort. Andererseits wird mehr Platz beansprucht, als wenn die Kessel übereinander gelagert wären.



Schnitt A-B.

Schnitt C-D.

Vorderansicht.



Schnitt E-F, von hinten gesehen.

Rückansicht.

Fig. 48. Kombiniertes Zweiflammrohr-Rauchrohrkessel mit einem Wasserraum und getrennten Dampfzweigen.
Ausführung: D. Dupuis & Co., M. Gladbach.

Überdruck = 13 at,
Kesselheizfläche = 270 qm,
Überhitzerheizfläche = 66 qm,
Rostfläche = 4,8 qm.

Zahrentafel Nr. 20

über kombinierte Flammrohr-Rauchrohrkessel mit einem Wasserraum und getrennten Dampfäumen, ähnlich Fig. 48.

Heizfläche qm	Rostfläche qm	Rostlänge mm	Rauchrohr- querschnitt qm	Verhältnis von Rohrquerschnitt zu Rostfläche	Oberkessel					Unterkessel				Ungefähre Mauerverkmaße mit Überhitzer			Verdampfung auf 1 qm Heizfl. u. 1 Std.		Ausnutzung des Brenn- stoffes bei normaler Beanspruchung und guter Steinkohle von 7300 bis 7500 WE bei		
					Durch- messer mm	Ganze rd. Länge mm	Rauchrohre			Durch- messer mm	Ganze rd. Länge mm	Anzahl	Flammrohre	Wellrohr- durch- messer mm	Länge mm	Breite mm	Höhe über Flur mm	norm kg	max kg	Hand- beschik- kung v. H.	mecha- nischer Beschik- kung v. H.
							äußerer Durch- messer mm	Anzahl der Rohre	dar- unter Anker- rohre												
701,36	1600	0,266	1/5,1	1600	2800	89	52	10	1700	4200	1	800/900	5500	3220	4400	12—13	15—16	72—73	73—75		
801,48	1650	0,309	1/4,8	1700	2900	89	60	10	1800	4300	1	850/950	5600	3320	4500	"	"	"	"		
901,7	1800	0,37	1/4,6	1800	2900	89	72	12	1900	4300	1	900/1000	5600	3420	4700	"	"	"	"		
1001,85	1950	0,37	1/5	1800	3200	89	72	12	1900	4600	1	900/1000	6000	3420	4700	"	"	"	"		
1202,25	1500	0,45	1/5	1900	3200	89	88	14	2000	4700	2	700/800	6100	3520	4800	12—13	15—16	73—75	75—77		
1402,7	1800	0,45	1/6	1900	3700	89	88	14	2000	5200	2	700/800	6600	3520	4800	"	"	"	"		
1502,87	1800	0,51	1/5,6	2000	3800	95	86	16	2100	5300	2	750/850	6800	3620	5000	"	"	"	"		
1603,1	1950	0,51	1/6,1	2000	4100	95	86	16	2100	5700	2	750/850	7200	3620	5000	"	"	"	"		
1803,3	1950	0,57	1/5,8	2100	4200	95	96	18	2200	5800	2	800/900	7300	3720	5150	"	"	"	"		
2003,65	2100	0,57	1/6,4	2100	4700	95	96	18	2200	6300	2	800/900	7900	3720	5150	"	"	"	"		
2153,8	2100	0,63	1/6	2200	4600	95	106	20	2300	6200	2	850/950	7800	3820	5350	"	"	"	"		
2303,95	2200	0,63	1/6,3	2200	5200	95	106	20	2300	6800	2	850/950	8400	3820	5350	"	"	"	"		
2404,0	2100	0,70	1/5,7	2300	4800	95	118	22	2400	6400	2	900/1000	8000	3970	5525	"	"	"	"		
2504,18	2200	0,70	1/6	2300	5000	95	118	22	2400	6600	2	900/1000	8300	3970	5525	"	"	"	"		
2754,2	2100	0,81	1/5,2	2400	4900	95	136	24	2500	6500	2	950/1050	8200	4120	5750	"	"	"	"		
3004,4	2200	0,81	1/5,5	2400	5300	95	136	24	2500	6900	2	950/1050	8600	4120	5750	"	"	"	"		
3355,1	2200 1800	0,89	1/5,7	2500	5500	95	150	30	2500	7200	3	800/900 700/800	9000	4120	6450	14—15	16—18	73—75	75—77		
3705,48	2200 1900	0,98	1/5,6	2600	5500	95	166	32	2600	7200	3	850/950 750/850	9000	4220	6650	"	"	"	"		
4005,88	2200 2000	1,09	1/5,4	2700	5400	95	184	32	2700	7100	3	900/1000 800/900	9000	4370	6850	"	"	"	"		
4356,29	2200 2100	1,2	1/5,2	2800	5300	95	202	38	2800	7200	3	950/1050 850/950	9100	4470	7050	"	"	"	"		
4706,68	2200 2200	1,38	1/4,8	2900	5300	95	232	42	2900	7100	3	1000/1100 900/1000	9100	4620	7250	"	"	"	"		
5007,36	2300 2300	1,44	1/5,1	3000	5400	95	242	44	3000	7200	3	1050/1150 950/1050	9200	4720	7450	"	"	"	"		

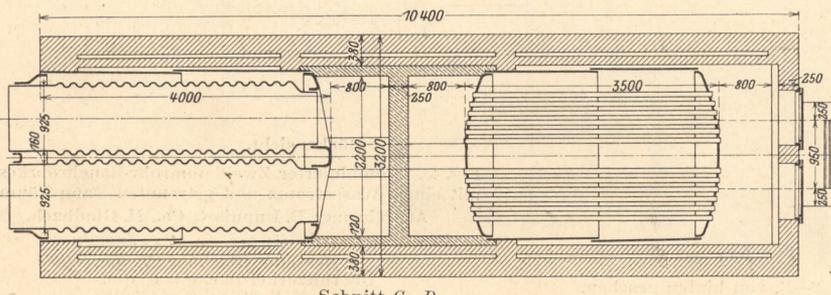
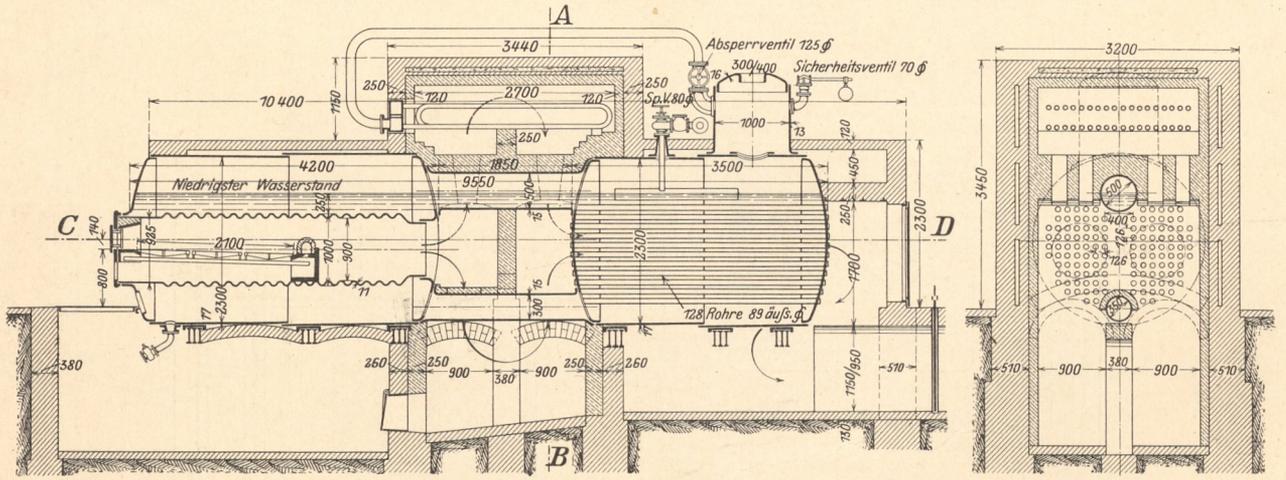


Fig. 49. Kombiniertes Flammrohr-Rauchrohrkessel. D. R. P.
Bauart: Reichling.
Ausführung: Robert Reichling & Co., Königshof b. Krefeld.
Überdruck = 10 at,
Kesselheizfläche = 155 qm,
Überhitzerheizfläche = 30 qm,
Rostfläche = 3,99 qm.

Die Heizgase treten aus den Flammrohren des Vorderkessels in die mittlere Verbrennungskammer und ziehen von da, nachdem sie den Überhitzer berührt haben, durch die Rauchröhren des Hinterkessels und um dessen Mantel schließlich in den Fuchs. Der Vorderkessel hat demnach keine Außenzüge.

Zahlentafel Nr. 21

über Reichling-Kessel, D. R. P., Fig. 49.

Kessel- heiz- fläche	Vorderkessel		Flammrohre		Hinterkessel		Rauchrohre	
	Durch- messer	Länge	An- zahl	Durch- messer	Durch- messer	Länge	An- zahl	äußerer Durch- messer
qm	mm	mm		mm	mm	mm		mm
100	2000	3500	2	700/800	2000	3000	98	89
120	2100	4200	2	800/900	2100	3500	110	"
150	2300	"	2	850/950	2300	"	120	"
160	"	"	2	"	"	3700	"	"
175	2400	"	2	900/1000	2400	3750	130	"
200	"	4300	2	"	"	4200	140	"
225	2500	4200	2	950/1050	2500	4500	150	95
250	"	4500	2	"	"	4800	158	"

Gepeist wird in den Hinterkessel, wodurch das Speisewasser, soweit die Innenheizfläche in Frage kommt, im Gegenstrom zu den Heizgasen geführt wird.

F. Konstruktion der kombinierten Flammrohr-Rauchrohrkessel.

a) Führung der Heizgase.

Die Führung der Heizgase bei kombinierten Kesseln mit übereinanderliegenden Flammrohr- und Rauchrohrkesseln erfolgt in der Regel in der Weise, daß nach dem Verlassen der Feuerrohre des Unterkessels zunächst die Rauchrohre des Oberkessels und dann erst die Kesselmäntel bestrichen werden. Wenn gleich diese Art Einmauerung die allgemein übliche ist — bei Anbringung von Dampfüberhitzern ist sie kaum zu umgehen —, so haften ihr doch verschiedene Mängel an. Insbesondere ist es die ungleiche Ausdehnung der Flamm- und Rauchrohre gegenüber den Kesselmänteln, die manchmal Störungen verursacht. Die empfindlichste Stelle ist dabei im Rauchrohr-Oberkessel die Verbindung der Rauchrohre mit der der Feuerung zugekehrten Rohrwand, die besonders bei Kesselsteinablagerungen leicht zu Überhitzungen des Materials und damit infolge Nachlassens der Spannung in der Einwalzstelle der Rohre zu Undichtheiten Anlaß gibt. Auch beim

b) Einspeisen größerer Mengen kalten Wassers

in den Rauchrohrkessel kühlen sich, wenn das Speisrohr in der Nähe des Hinterbodens liegt oder die Mündung desselben diesem zugekehrt ist, die dünnwandigen Rohre schneller ab als der dickwandige Rohrboden, wodurch ebenfalls Leckagen entstehen, die bei größerem Wasseraustritt örtliche Abkühlungen der Rohrböden und somit eventuell Stegrisse herbeiführen können. Eine möglichst gleichmäßige Erwärmung aller Kesselteile ist deshalb beim kombinierten Rauchrohrkessel, wie bei jedem Heizrohrkessel sehr am Platze, da andernfalls das

c) Rinnen der Rauchrohre

eine unausbleibliche Folge ist.

Aber nicht nur Kesselsteinablagerungen und eine verfehlte Anordnung der Speisung führen beim Heizrohr-

kessel — beim Lokomotiv-, Lokomobil- und Schiffskessel usw. sowohl wie beim kombinierten Rauchrohrkessel — zum Rinnen der Rohre; eine zu starke Beanspruchung und zu langes Offenhalten der Feuertüren bei der Bedienung der Roste, während der Rauchschieber geöffnet ist, genügen vollständig, die erwähnten Defekte hervorzurufen. Auch unvorsichtiges, zu schnelles Anfeuern, das eine allmähliche und gleichmäßige Erwärmung der betr. Kesselteile verhindert, kann das Rinnen beschleunigen, besonders wenn bei zu klein gewählten oder mit Flugasche verlegten Rohrquerschnitten die Zugstärke erhöht werden muß. Auf eine bequeme Reinigung der Rauchrohre, die je nach Art des Brennstoffes und der Kesselbeanspruchung bzw. der erforderlichen Zugstärke eventuell täglich erfolgen sollte, ist daher großer Wert zu legen. Die Kessel sind zu diesem Zwecke mit großen, dicht schließenden Rohrtüren versehen, durch welche die Reinigung der Rohre von Ruß und Flugasche mittels Rohrbürsten (Fig. 665) usw. erfolgt. Angebaute Galerien und ein genügend großer Raum vor dem Kessel dienen zur Erleichterung dieser Arbeit, die zum Schaden der Kesselbesitzer von den Heizern meist nur ungern und daher selten vorgenommen wird.

Nach Möglichkeit sollte die dem Feuer zugekehrte Rohrwand ebenfalls durch eine Einsteigeöffnung (siehe auch S. 58) bequem zugänglich gemacht werden, um eventuelle Undichtheiten durch Nachwalzen der Rohre schnell beheben zu können. Dieses Nachwalzen ist das sicherste Mittel, das Rinnen zu beseitigen, es kann aber natürlich nur während des Stillstandes des Kessels erfolgen. Wo dieses nicht angängig ist — während der Fahrt im Lokomotiv- und Schiffsbetriebe — hilft man sich durch Aufdornen oder, wenn genügend Rohrquerschnitte vorhanden, durch Eintreiben schwach konischer Eisenstößel, wobei allerdings die Rohrwand in bedenklicher Weise leidet.

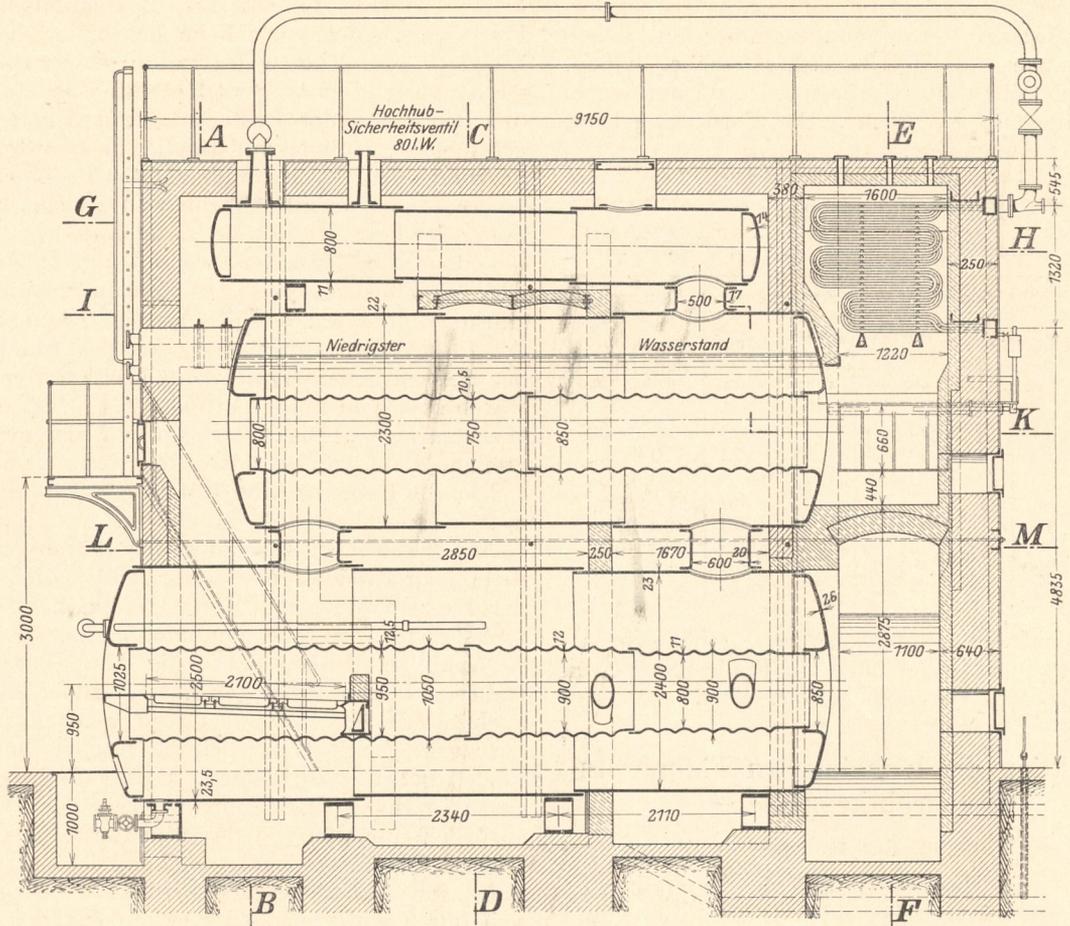
Um gute Zugverhältnisse zu ermöglichen, muß auch ein gewisses Maß zwischen

d) Länge und Lichtweite der Rohre

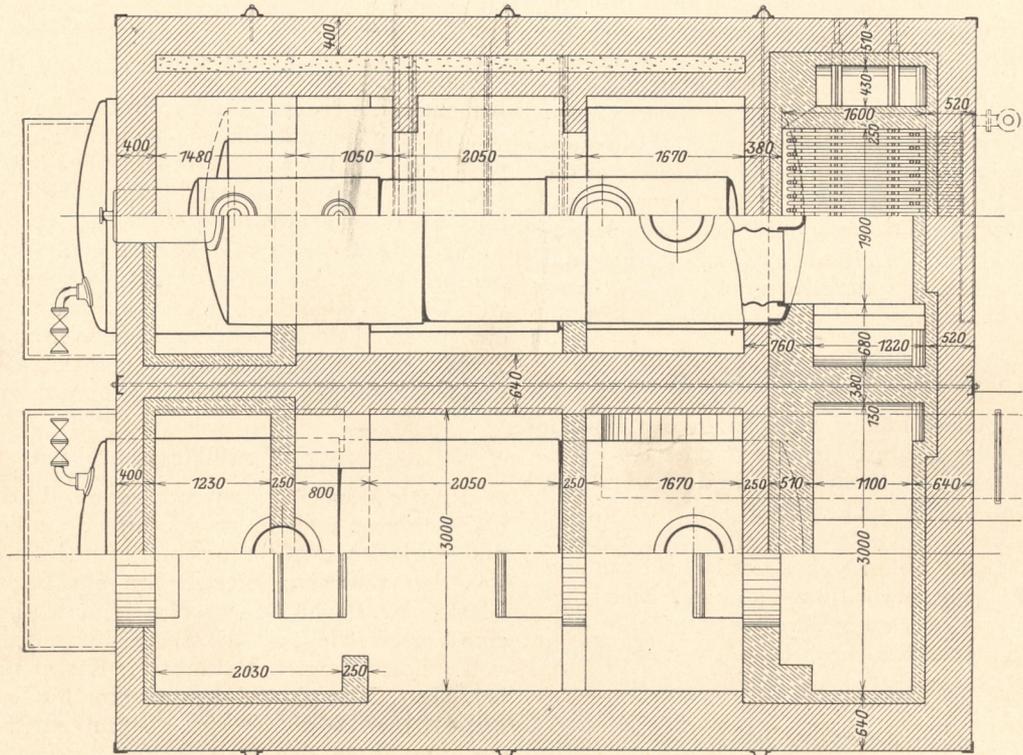
beibehalten werden. Rauchrohrkessel mit 89er Rohren macht man bei natürlichem Schornsteinzuge nicht gern über 5 m, mit 95er Rohren nicht über $5\frac{1}{2}$ bis 6 m lang. Der lichte Rohrquerschnitt soll etwa $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$, jedenfalls aber, und nur bei gutem Schornsteinzuge, nicht weniger als $\frac{1}{7}$ der Rostfläche betragen. Gewellte Mannesmannrohre Fig. 444 sollen durch ihre schraubenförmig gewundenen Wellen die Flugaschenablagerung vermindern, eignen sich jedoch nicht zu Ankerrohren. Hierfür sind 7 bis 8 mm dicke glatte und nahtlose Rohre zu verwenden, die nach Fig. 449 eingeschraubt werden.

e) Gewölbte Rohrböden

sind nach Möglichkeit zu vermeiden, da die Rohrlöcher meist ungenau einander gegenüber zu liegen kommen und schräg in die Wölbung eingeschnitten werden müssen, was das Einwalzen der Rohre am Rande erschwert. Glatte bzw. flache Böden erfordern auch im oberen Teile eine Verankerung, die die Zugänglichkeit des an und für sich schon beengten Raumes im Kessel nur noch mehr behindert. Man wählt daher zweckmäßig Rohrböden nach Fig. 416 bis 418, die gewölbt, aber mit einem flachen Felde zur Aufnahme der Rauchrohre versehen sind. Diese ebene Fläche ist dann, um die nötige Festigkeit zu erzielen, eventuell mittels Ankerrohren zu versteifen, wenn nicht in anderer Weise, z. B. durch kegelförmig sich nach

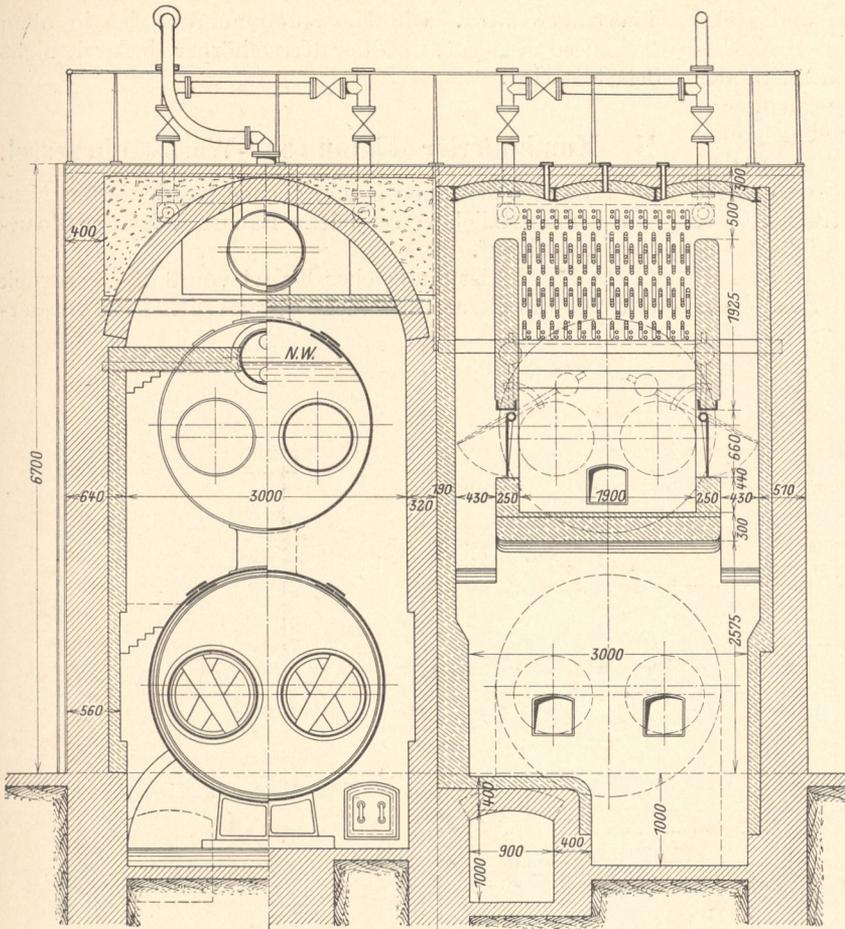


Längsschnitt.



Schnitte G-H, J-K, L-M und Fundamentschnitt.

Fig. 50.



Schnitt A—B. Schnitt C—D. Schnitt E—F.
 Fig 50. Kombinierte Flammrohr-Wellrohrkessel mit einem Wasser- und Dampfraum.
 Ausführung: Maschinenfabrik Humboldt, A.-G., Köln-Kalk.

Überdruck = 12 at,
 Kesselheizfläche = 160 qm,
 Überhitzerheizfläche = 50 qm,
 Rostfläche = 4,4 qm.

außen erweiternde Rohrlöcher, den gesetzlichen Bestimmungen über die Berechnung von Rohrböden¹⁾ Rechnung getragen ist.

f) Rohrteilung.

Um eine bequeme Reinigung der Rauchrohre von Kesselstein im Innern des Kessels und ein leichtes Aufsteigen der Dampfblasen zu ermöglichen, werden die Rohre (siehe auch Abschn. XV, 12.) zweckmäßig in senkrechten und wagerechten Reihen mit genügend großen Zwischenräumen angeordnet. Der Raum zwischen zwei Rohren — die Stegstärke — soll in dem der Feuerseite zugekehrten Boden etwa 30 mm betragen. Da nun die Rohrlöcher im entgegengesetzten Boden, des bequemeren Einbringens der Rohre wegen, um 3 mm größer als das Maß des äußeren Rohrdurchmessers gebohrt werden, muß dort die Stegstärke um 3 mm kleiner ausfallen. Diese Stegstärken sind als Mindestmaße anzusehen, sie sind eventuell den gesetzlichen Bestimmungen¹⁾ entsprechend zu berechnen bzw. zu erhöhen. Behufs Reinigung und Revision des Kesselinnern verbleibt zweckmäßig zwischen den mittleren Rohrreihen ein freier Raum von wenigstens 280 bis 300 mm Lichtweite und unterhalb des Rohrnetzes ein solcher von mindestens 400 mm größter Höhe.

g) Die Verbindungsstutzen

zwischen Ober- und Unterkessel erhalten 500 bis 600 mm Lichtweiten, werden geschweißt und mittels doppelter

¹⁾ Bauvorschr. f. Ldk. V. und Abschn. XV, 5. C.

Nietreihen mit den Mänteln verbunden. Die zum Befahren der Stützen nötigen großen Blechausschnitte der Mäntel sind durch entsprechende, aufgenietete Ringe zu versteifen. Die Wandstärke eines Stützens soll nicht weniger als 18 bis 20 mm betragen, auch wenn die Rechnung weniger ergibt, da der Stützen gleichzeitig zur

h) Übertragung der Gewichte des Oberkessels

auf den Mantel des Unterkessels dient. Zur weiteren Unterstützung dieser Gewichte dienen dann noch ein oder mehrere Kesselstühle, die auch mitunter durch Rollenlager (Fig. 44) beweglich gestaltet werden, damit die Mäntel einer verschiedenartigen Ausdehnung leichter folgen können. Stets erfolgt die Unterstützung von Ober- und Unterkessel derart, daß das gesamte Gewicht vom Fundament und nicht teilweise von den Umfassungsmauern aufgenommen wird.

G. Kombinierte Flammrohrkessel (übereinanderliegend).

In den Fällen, in welchen die Aufstellung eines einfachen Flammrohrkessels des beschränkten Raumes wegen nicht angingig ist und in denen ein Rauchrohr-Oberkessel, weil derselbe gut gereinigtes, d. h. weiches Speisewasser bedingt, nicht angelegt werden kann, greift man zum kombinierten Flammrohrkessel mit einem, zwei oder drei Flammrohren im Unterkessel und einem oder zwei Feuerrohren im Oberkessel.

Auch hier ist wie bei dem kombinierten Flammrohr-Rauchrohrkessel zu unterscheiden zwischen Kesseln mit einem Wasser- und Dampfraum (Fig. 50), getrennten Wasser- und Dampfäumen und einem Wasser- und getrennten Dampfäumen (Fig. 51).

Die Größe derartiger Kessel ist lediglich durch die Möglichkeit der Unterbringung der Roste in den Feuerrohren des Unterkessels begrenzt, da Roste von mehr als 2200 mm und bei mechanischer Beschickung über 2400 mm möglichst nicht angelegt werden sollten. Falls die Oberkessel zwei Flammrohre erhalten, ist deren Mittelentfernung stellenweise so groß zu wählen, daß man zwischen sie hindurch den unteren Teil dieses Kessels befahren kann, oder es ist in der unteren Hälfte des Vorderbodens eine besondere Fahrlochöffnung (Mannloch) anzubringen. Bei Kesseln mit getrennten Dampfäumen ist noch dafür Sorge zu tragen, daß das Dampfüberleitungsrohr vom Unter- zum Oberkessel bequem eingebaut werden kann; eventuell kann dasselbe mit ovalem Querschnitt (Fig. 44) hochgeführt werden.

In bezug auf die Einleitung des Speisewassers, Führung der Heizgase und die Verbindung von Wasser- und Dampfäumen miteinander gilt dasselbe wie bei den kombinierten Flammrohr-Rauchrohrkesseln.

In Fig. 50 ist ein kombinierter Flammrohrkessel von 160 qm Heizfläche mit je zwei Wellrohr-Flammrohren im Ober- und Unterkessel gezeichnet, bei dem außerdem

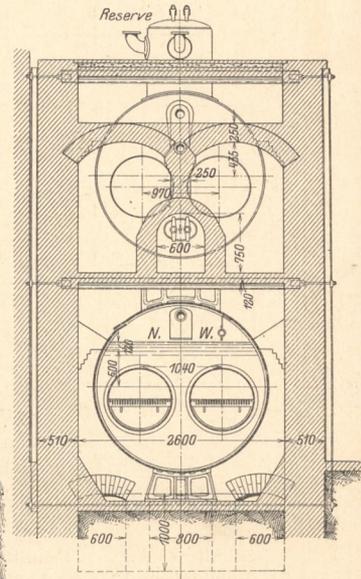
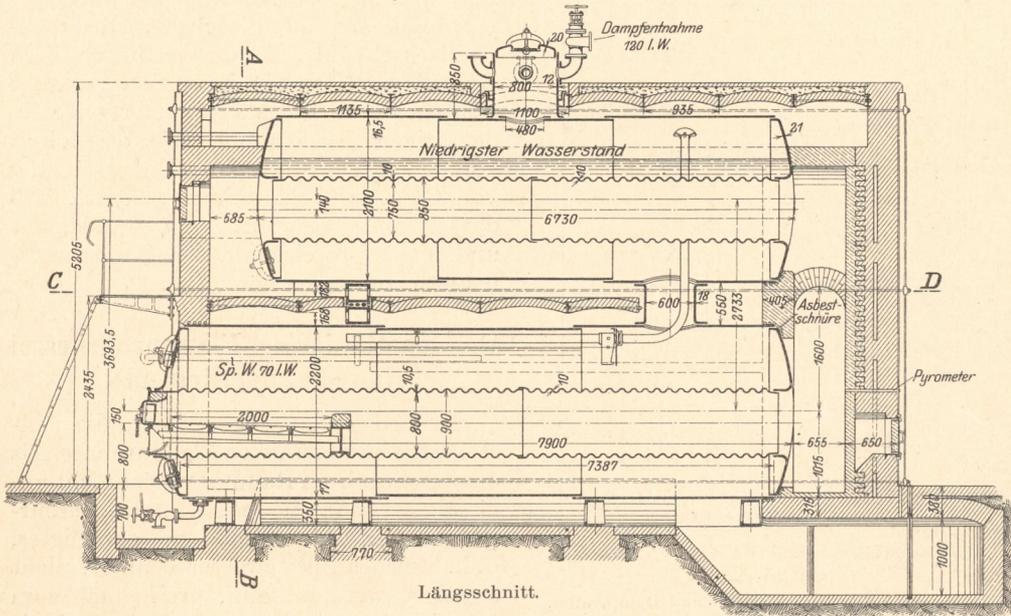
ein Dampfsammler vorgesehen ist, der von den Heizgasen bestrichen wird, bevor diese in den letzten Kesselzug gelangen. Durch diese Anordnung sucht man der Möglichkeit, nassen Dampf zu liefern, zu begegnen. Ein zwischen dem ersten und zweiten Feuerzuge eingebauter Überhitzer von 50 qm Heizfläche gestattet noch, den Dampf auf 300 bis 350° C zu überhitzen, so daß es im vorliegenden Falle als ausgeschlossen zu betrachten ist, daß Wasser aus dem Kessel zur Verbrauchsstelle übergerissen wird. Der untere Teil des Oberkessels wird durch die beiden 600 mm weiten Stützen vom Unterkessel aus

übertragen wird. Die Kesselummauerung ist in allen Teilen so angelegt, daß der Kesselkörper dadurch nicht belastet wird.

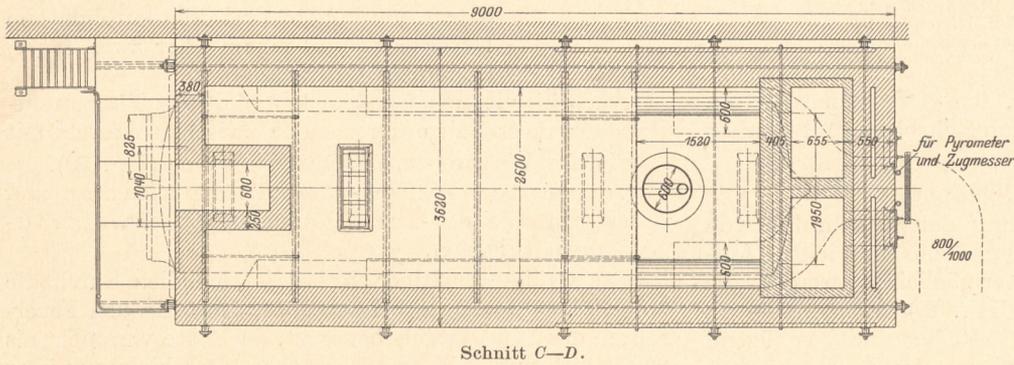
H. Kombierter Flammrohr-Wasserrohrkessel.

Eine von den oben beschriebenen kombinierten Kesseln grundsätzlich verschiedene Bauart weist der Tomsonkessel auf.

In Fig. 52 ist ein solcher Kessel von 8 at Überdruck und 245 qm Gesamtheizfläche dargestellt. Dem Wasser-



Schnitt A-B.



Schnitt C-D.

Fig. 51. Kombierter Flammrohr-Wellrohrkessel mit einem Wasserraum und zwei Dampfäumen. Ausführung: Dinglersche Maschinenfabrik, A.-G., Zweibrücken.

Überdruck = 8 at,
Heizfläche = 150 qm,
Rostfläche = 3,4 qm.

befahren, während man in den oberen Teil des Oberkessels vom Dampfsammler aus gelangt.

Der in Fig. 51 dargestellte Zweiflammrohr-Doppelkessel von 150 qm Heizfläche hat im Unterkessel einen zweiten Dampfraum, während der Wasserraum in Ober- und Unterkessel ein gemeinschaftlicher ist. Die Dampfableitung aus dem Unterkessel erfolgt mit der auf S. 57 beschriebenen Einrichtung, D. R. P. Nr. 170 352. Im vorderen Boden des Oberkessels ist ebenso wie beim Unterkessel ein Mannloch vorgesehen, um den Raum unter den Feuerrohren befahren zu können. Während der 600 mm weite Verbindungsstützen die hintere Auflage des Oberkessels bildet, ist vorne ein geteilter, durch Rollen beweglich gestalteter Kesselstuhl angeordnet, so daß das gesamte Gewicht des Oberkessels vom Mantel des Unterkessels aufgenommen und von diesem durch vier kräftige Kesselstühle direkt auf das Fundament

rohrkessel von 217 qm Heizfläche sind zwei Stück Einflammrohr-Wellrohrkessel von zusammen 28 qm Innenheizfläche vorgelagert, in welchen die Roste untergebracht sind. Die Mäntel dieser Flammrohrkessel werden nicht beheizt, die Heizgase treten vielmehr nach dem Verlassen der Flammrohre direkt an das Röhrenbündel des Wasserrohrkessels heran, welches nach dem Kammersystem eingemauert ist.

Die Wasser- und Dampfäume der beiden Einflammrohrkessel stehen unter sich in Verbindung, während die Flammrohrkessel gegenüber dem Wasserrohrkessel getrennte Wasser- und Dampfäume haben, die durch außenliegende, absperrbare Rohrleitungen miteinander verbunden sind. Die Speisung erfolgt deshalb gesondert in die einzelnen Kessel, auch sind getrennte Wasserstands- und Entleerungsvorrichtungen für beide Flammrohr- und den Wasserrohrkessel vorgesehen.

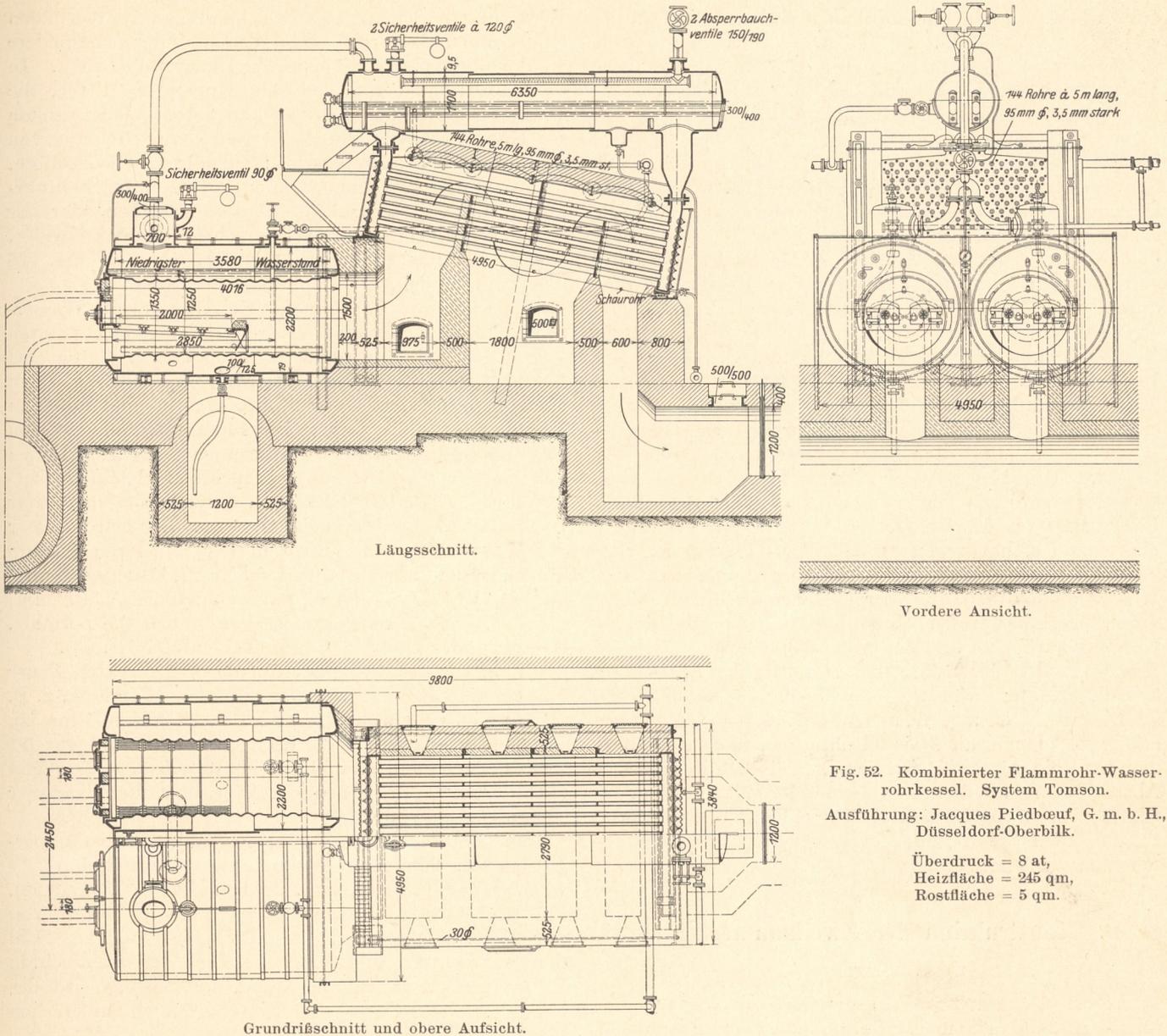


Fig. 52. Kombierter Flammrohr-Wasserrohrkessel. System Tomson.
 Ausführung: Jacques Piedbœuf, G. m. b. H., Düsseldorf-Oberbilk.
 Überdruck = 8 at,
 Heizfläche = 245 qm,
 Rostfläche = 5 qm.

6. Wasserrohrkessel.

A. Allgemeines.

In bezug auf die Bauart der Wasserrohrkessel ist zu unterscheiden zwischen

- Einkammerkessel,
- Zweikammerkessel und
- Steilrohrkessel mit

- a) geraden und
- b) gebogenen Rohren.

Ein- und Zweikammerkessel erhalten, — wie der Name schon besagt — eine oder zwei Wasserkammern, die meist ebene, durch Stehbolzen versteifte Wandungen haben, eventuell auch gewölbt oder zergliedert sind und in welche die Wasserrohre an einem oder an beiden Enden eingewalzt werden.

Bei den Steilrohrkesseln werden die Rohre in der Regel direkt in die Mäntel der Ober- und Unterkessel eingewalzt, so daß besondere Wasserkammern entbehrlich sind.

Der erste, praktisch verwendbare Wasserrohrkessel wurde um das Jahr 1840 von dem Maschinenfabrikanten

Ing. Alban zu Plau in Mecklenburg als Zweikammerkessel gebaut. Die diesem Kessel noch anhaftenden Mängel gestatteten jedoch nicht seine weitere Verbreitung, so daß erst etwa 20 Jahre später¹⁾, nachdem auch andere Fabriken das System vervollkommen hatten, für den Wasserrohrkessel ein größeres Anwendungsgebiet geschaffen wurde. Heute findet man den Wasserrohrkessel überall da, wo große Heizflächen auf kleinem Raum untergebracht werden müssen oder gegebenenfalls ein schnelles Anheizen erforderlich wird (in Elektrizitätswerken, auf Kriegsschiffen usw.).

In Fabrikbetrieben, wo größere Schwankungen in der Dampfentnahme stattfinden und wo man zur Aufstellung von Wasserrohrkesseln übergehen will, werden mehrere oder größere Oberkessel, breiter dimensionierte Wasserkammern und eventuell größere Schlammfänger

¹⁾ Das Original eines Wasserrohrkessels von Alban aus dem Jahre 1859 befindet sich im Deutschen Museum in München. Dieser Kessel, dessen Oberkessel durchschnitten gezeigt wird, weist bereits einen hohen Grad der Vollkommenheit auf.