

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299567

Handbuch
über
stationäre Dampfkessel
und deren Feuerungen.



Handbuch
über
stationäre Dampfkessel
der Gross- und Klein-Industrie
und deren
Feuerungen.

Bearbeitet mit besonderer Berücksichtigung der Fortschritte der Neuzeit
für Dampfkesselbesitzer und Fabrikbetriebsbeamte

von

L. H. Thielmann,

Civil-Ingenieur, Dampfkesselrevisor und Lehrer für Dampfkesselanlagen
an der Schule für Zuckerindustrie zu Braunschweig.

Mit 104 Abbildungen einschliesslich 1 Tafel.

J. N. 17857

Berlin.

Verlag von R. Mückenberger.

1889.



II 7763

Einleitung.

Die Entwicklung der Industrie und Gewerbe hat bei der grossen Ausdehnung des Feldes mehr und mehr eine schärfere Trennung der einzelnen Zweige der Technik eintreten lassen, so dass sich für die wichtigeren bereits selbständige Specialfächer herausgebildet haben. Im Maschinenfache macht sich diese Arbeitseinteilung besonders bemerkbar; in gleicher Weise besteht bereits Specialtechnik für alle übrigen kleineren und grösseren Industriebranchen.

Die Grundlagen unseres gesammten industriellen Lebens, die Factoren, ohne welche fast keine Industrie mehr rechnen kann, sind aber besonders, seit Einführung der Dampfmaschinen und der Dampfkochapparate, die Dampfkesselanlagen, und ist es schon längst Aufgabe der Technik gewesen, diesen Gegenstand durch praktische Versuche und vielseitige Constructionsänderungen in befriedigender Weise zur Erledigung zu bringen. Von Laien wird aber die Schwierigkeit dieser Lösung oft unterschätzt, da diesen meist die vielseitigen Momente und Anforderungen fremd sind, die an eine gute und rationelle Kesselanlage heutzutage gestellt werden; so gibt es viele Industrielle, die erst durch die Länge der Zeit und durch grosse Geldkosten für Brennmaterialverschwendung, sowie durch kostspielige Kesselreparaturen und anderweitige missliche Umstände zu der Einsicht gekommen sind, was eine gute und richtige Kesselanlage zu bedeuten hat.

Betrachtet man im Grossen und Ganzen die Constructions der Kesselanlagen für die verschiedensten Zweige der Technik, so bieten sie immer noch mit wenigen Ausnahmen, namentlich aber ihre Feuerungsanlagen, ein ziemlich trübes Bild dar; denn während mit dem Kessel selbst durch mannigfache Constructionsänderungen und Versuche endlich gute Fortschritte gemacht wurden, ist man

mit den Feuerungseinrichtungen der Dampfkessel, trotz aller Versuche und Neuconstructions, noch nicht so recht den heutigen berechtigten Ansprüchen entsprechend weiter gekommen. Die Rauchwolken, die aus den Essen der Dampfkesselanlagen namentlich herausströmen, repräsentiren schon Geldverluste, weil Rauch (condensirte Kohlenwasserstoffverbindungen) bekanntlich weiter nichts als Brennstoff ist.

Doch haben wir seit neuerer Zeit einige gute und praktische rauchfreie und kohlen sparende Feuerungen aufzuweisen, vor welchen aber noch die Industriellen wegen ihres anscheinend hohen Kostenpunktes zurückschrecken, ohne dabei zu bedenken und sich klar zu machen, dass diese Kosten in verhältnissmässig kurzer Zeit durch Brennmaterialersparniss wieder gedeckt werden können.

Ebenso werden in anderer Hinsicht die Fortschritte der Wissenschaft in leider gar vielen Fällen unberücksichtigt gelassen. Die grosse Anzahl der neuen und verschiedenartigsten Dampfkesselsysteme haben aus Unkenntniss der Constructionen, und der mehr oder weniger grossen Vortheile derselben, bei Weitem noch nicht die gebührende Beachtung und Verwendung gefunden.

Beachten wir ferner noch die Anfertigung des eigentlichen Kessels, so müssen wir es für eine schwierige Aufgabe der Dampfkesselfabrikanten des vorigen Jahrhunderts erkennen, einen solchen aus verhältnissmässig sehr kleinen Platten herzustellen, welche die Hammerwerke jener Zeit lieferten, als es noch keine Walzwerke gab. Jetzt verwendet man Platten von über 1,4 Meter Breite und in einer Länge, wie sie uns gerade bequem ist, bis zu 3 Meter. Die Anfertigung der engen schmiedeeisernen, sog. patentgeschweissten Röhren für Dampfkessel hat seit der Erfindung der Locomotiven und der nachherigen Wasserröhrenkessel, welche beide Systeme, wegen des hohen Druckes bis zu 10 Atmosphären, kräftige Kessel von geringem Volumen erfordern, solche Verbesserungen erfahren und solchen Aufschwung genommen, dass die allgemeinste Anwendung von Röhrenkesseln nicht mehr durch deren zu hohe Anschaffungskosten verhindert wird und ihre Reparaturfähigkeit, als auch die unmögliche Reinigung vom Kesselstein, ohne die Röhren zu vernichten, welcher sie wohl früher unterlagen, kaum noch der Rede werth ist, trotzdem stehen sich die Fachmänner bei der Wahl eines Kesselsystemes mit ihren Anschauungen immer noch sehr diametral gegenüber.

Schon seit frühester Zeit, kurz nach Einführung der Hochdruckmaschinen, hat der Kampf zwischen vielen im Princip durchaus verschiedenen Systemen begonnen und wird noch bis zur

heutigen Zeit mit Eifer und auch nicht ohne Erfolg seitens der Erbauer der Dampfkessel als auch seitens der Dampfkesseltechniker fortgesetzt, und es erscheint uns auch ganz natürlich, wenn man sich in technischen Kreisen immer wieder und wieder mit der Frage der Dampfkesselconstruction beschäftigt, da unsere heutige Industrie für diesen wichtigsten Factor bislang noch kein gleichwerthiges Substitut gefunden hat, und es im Interesse der sämmtlichen Industriellen, die mit dieser Kraft zu arbeiten haben, liegt, über die Beschaffenheit der Dampfkesselanlagen bezüglich der Solidität in der Construction, Leistungsfähigkeit und Preiswürdigkeit der Anlage möglichst genau orientirt zu sein.

Die Hauptmomente oder Anforderungen, welche nun bei einer guten Kesselconstruction in Frage kommen, sind:

1. Die Construction so zu wählen, dass sie zweckentsprechend und dauerhaft ist und bei vorkommenden Reparaturen dieselben auch bequem und sicher vollzogen werden können.

2. Harmonirende Verhältnisse zwischen Wasser- und Dampfraum für jeden bestimmten Fall so rationell zu wählen, dass Missverhältnisse in der Entwicklung und Erhaltung gleichmässiger Dampfspannung vermieden werden und dem Heizer der Betrieb nicht unnöthig erschwert wird.

3. Die rationelle Ausnutzung der Hitze und der Feuergase durch möglichst langsame Zuggeschwindigkeit an den Wandungen des Kessels, welche dadurch erzielt wird, dass die richtigen Durchgangsquerschnitte im Verhältniss zu der in einer Zeiteinheit zu verbrennenden Brennmaterialmenge, wie auch im gleichen zur Abminderung der Feuertemperatur gewählt werden und dass auch wirklich der Kessel selbst, anstatt, wie in vielen Fällen, der Schornstein geheizt wird.

4. Vermeidung der Ablagerung kesselsteinbildender Substanzen an den Kesselwandungen, welche mit der directen Flamme in Berührung stehen.

5. Die Möglichkeit einer bequemen Reinigung des Kessels selbst von innen, als auch dessen Feuerzüge, und einer leichten Abführung des Schlammes und kesselsteinbildender Niederschläge zu jeder Zeit während des Betriebes.

6. Möglichst viel und trockener Dampf mit dem geringsten Aufwand von Brennmaterial und Bedienungsarbeit.

Um diesen Anforderungen nachzukommen, muss die Anlage in allen Theilen der Oertlichkeit und den speciellen Verhältnissen, unter denen sie functioniren soll, angepasst sein. Es müssen die Eigenschaften des Speisewassers und des Brennmaterials berück-

sichtigt werden, die Höhe der Dampfspannung, die Grösse der Kesselanlage und die einzelnen Dimensionen der Kessel richtig gewählt sein.

Die Eigenschaft des Speisewassers und des Brennmaterials bestimmen hauptsächlich die Wahl des Kesselsystems.

Die Eigenschaften des Brennmaterials bestimmen in erster Linie die Form und Grösse des Rostes und des Feuerungsherdens. Hiervon hängt aber mehr oder weniger die Form und Construction des ganzen Kessels ab. Je geringer z. B. die Heizkraft des Brennmaterials im Vergleich mit dem Volum desselben ist, um so weniger eignet dasselbe sich für Kessel mit innerer Feuerung, während für gute Steinkohlen derartige Kessel gewählt werden, um möglichst billig zu der Anlage zu kommen.

Bei der Bestimmung der Höhe des Dampfdruckes, für welchen der Kessel gebaut werden soll, ist zu beachten, dass die ersten Kessel, welche überhaupt gebaut wurden, für ganz niederen Druck berechnet waren. Im Laufe der weiteren Entwicklung des Dampfmaschinenwesens kam man auf immer höhere Dampfspannungen, und auch heute ist die Grenze noch nicht erreicht. Selbst für sehr grosse Kesselanlagen wird in neuester Zeit ein Dampfüberdruck von 8—10 Atmosphären angenommen. Bei neuen Anlagen ist es deshalb empfehlenswerth, die zulässige Dampfspannung möglichst hoch anzunehmen, sofern es sich nicht um Kesselanlage nur für Kochzwecke handelt.

Um die Grösse der Kesselanlagen richtig bestimmen zu können, soll der stündliche Wasser- und Brennmaterialverbrauch, welcher nothwendig ist, um die vom Kessel verlangte Leistung zu erzielen, oder mindestens eines von beiden, bekannt sein. In zweifelhaften Fällen macht man natürlich die Anlage besser zu gross als zu klein. Wo es thunlich ist, soll man auch nicht den ganzen Geschäftsbetrieb von einem einzigen Kessel abhängig machen. Sobald der stündliche Steinkohlenverbrauch 100 Kilo und der Wasserverbrauch 800 Kilo überschreitet, oder sobald die Heizfläche mehr als 40 Quadratmeter beträgt, ist anzurathen, zwei gleich grosse selbständige Kessel anzulegen, von denen jeder etwas mehr als die halbe Leistungsfähigkeit hat. Man kann dann den einen reinigen und repariren, während der andere im Betriebe ist, hat also nicht leicht einen vollständigen Stillstand des Geschäftsbetriebes zu befürchten.

Kein Siederohr oder Vorwärmer, als Unterkessel, soll weniger als 450 Millimeter Durchmesser haben. Längere Vorwärmer resp. Unterkessel sollen wenigstens einen Durchmesser von 550 Millimeter haben, womöglich an beiden Enden durch Einmauerung vorstehen und dort mit Mannlöchern versehen sein. Bei Kesseln mit

innerer Feuerung ist sehr darauf zu sehen, dass der Hohlraum zwischen Flammrohr und Mantel gut befahren und überall gut gereinigt werden kann. Es verlangt dies zwar sehr grosse Durchmesser der Mäntel, und die Kessel werden schwerer und theurer als solche mit engen Zwischenräumen, dafür sind die weiten Kessel auch leichter solid auszuführen, die Wirkung der verschiedenen Ausdehnungen sind weniger nachtheilig und die Kessel sind dauerhafter und auch leichter zu repariren.

Ein Kessel, der allen Anforderungen entsprechen soll, kann in der Anschaffung unmöglich der billigste sein; es muss eben bei der Anschaffung mehr auf die Qualität des Kessels, als auf niedrige Preise gesehen werden. Der Mindestfordernde wird wohl selten Vorzügliches liefern, und wenn irgendwo, so gilt es hier, dass die billigste Waare sehr theuer erkaufte ist.

Obwohl alle bisher besprochenen Punkte von grösster Wichtigkeit sind, so wird doch ausserordentlich häufig dagegen verstossen. In den meisten Fällen weiss und prüft der Besteller nicht genug, was er wirklich braucht. Er verlangt oft vom Kesselfabrikanten Auskunft über Sachen, die eigentlich dem Fabrikanten als Anhaltspunkte gelten müssten; und schliesslich kümmern sich beide Theile mehr oder weniger nur um die Anforderungen des Satzes: Grosser absoluter und ökonomischer Effect bei geringem Aufwand von Brennmaterial, Bedienungsarbeit und Kapitalanlage.

Um diesen Anforderungen entsprechend eine möglichst hohe Nutzleistung zu erzielen, muss

- a) aus dem Brennmaterial möglichst viel Wärme entwickelt und
- b) diese Wärme vom Kessel möglichst vollständig aufgenommen und zur Dampfbildung verwendet werden.

Die Entwicklung der grössten Wärmemenge aus einem gegebenen Quantum Brennmaterial ist offenbar das Erste und Wichtigste. Nur wenn viel Wärme entwickelt wird, kann der Kessel viel Wärme aufnehmen; wenn die Wärmeproduction mangelhaft war, muss auch die Dampfbildung mangelhaft sein. Darauf wird aber merkwürdiger Weise allgemein so wenig geachtet, dass ein Kessel nur nach der Grösse und Form seiner Heizfläche taxirt und verkauft wird.

Um dieser ersten Bedingung nachzukommen, müssen der Verbrennungsraum und der Rost, also der ganze Feuerungsbau, der Natur des Brennmaterials angepasst und das Feuer richtig bedient werden. Die Hauptaufgabe der richtigen Bedienung besteht namentlich in der Erhaltung einer auf der ganzen Rostfläche gleichmässig vertheilten Brennschicht in einer constanten und bestimmten Höhe.

Bei gewöhnlichen Feuerungen lassen sich mit dünner gleichmässiger Beschickung auf grossen Rostflächen bessere Resultate erzielen, als mit starker Beschickung auf verhältnissmässig kleineren Rostflächen. Die gleichmässige Beschickung einer grossen Rostfläche in dünner Schicht verlangt aber einen geschickten und geübten Heizer, wenn das Feuer nicht stellenweise erlöschen und durch unbedeckte Roststellen kalte Luft, also ein Ueberschuss an Luft, einströmen soll. Dadurch erklärt sich, dass bei den grossen öffentlichen Heizversuchen, bei denen die verschiedenen Heizer unter sich und die einzelnen Kesselsysteme in Concurrrenz standen, sehr geübte Heizer in einfachen und billigen, aber in richtigen Verhältnissen angelegten Kesseln mit gleichem Brennmaterial mehr oder mindestens ebensoviel Dampf producirten, als weniger geübte Heizer mit den vollkommensten Kesseln fertig zu bringen im Stande waren. Nicht Jeder, der Feuer machen kann, ist deshalb schon ein Kesselheizer. Einem geübten Tagelöhner gegenüber kann ein geschulter Heizer ganz gut 20 Procent Brennmaterial ersparen. Aber darauf wird gewöhnlich nicht gesehen. Ja, viele Industrielle verwerfen sogar jedes Kesselsystem, welches verständige Wartung verlangt, also nicht von jedem Tagelöhner bedient werden kann.

Die Grösse der Rostfläche ist nur dadurch begrenzt, dass der Heizer schliesslich nicht mehr im Stande ist, mit dem Quantum Kohlen, welches verbrannt werden darf, den Rost vollständig bedeckt zu erhalten; denn würde er mehr Kohlen aufwerfen, so würde er zu viel Dampf produciren und dieser durch das Sicherheitsventil entweichen.

Die Rostfläche eines Feuerherdes darf nie so gross genommen werden, dass der Rost unbequem zu bedienen ist; es ist in solchem Falle besser, die nöthige Rostfläche auf zwei Roste in zwei Verbrennungsräumen zu vertheilen.

Was Form und Grösse des Verbrennungsraumes anlangt, so ist allgemein der Gesichtspunkt festzuhalten, dass man der Flamme Raum und Zeit zur vollständigen Entwicklung geben muss und dass sie nicht zu früh abgekühlt werden darf. Man Sorge, dass das frische Brennmaterial auf dem vorderen Rostrande aufgegeben wird, so dass die aus demselben sich entwickelnden Gase über das in voller Gluth auf der hinteren Rostfläche befindliche Brennmaterial hinwegstreichen müssen und dabei vollständig zur Verbrennung kommen. Je höher nun hierbei die Temperatur im hinteren Theile des Verbrennungsraumes gehalten wird, je vollständiger die auf der vorderen Rosthälfte gebildeten und mit Luft gemengten Gase in dieser hohen Temperatur verbrennen, je weniger überflüssige Luft durch den Rost tritt, desto vortheilhafter ist die Verbrennung.

Die Lage des Feuerherdes zum Kessel wird durch die Rücksicht auf möglichst vollkommene Entwicklung der Feuergase, bevor sie mit der Kesselfläche in Berührung kommen, bestimmt. Derjenige Feuerherd ist am vortheilhaftesten, bei welchen die Ausstrahlung der Wärme nach aussen vermieden wird; dies wird bei Vor- und Unterfeuerungen einfach dadurch erreicht, dass man die Wandungen und Decken des Feuerherdes mit Luftkanälen versieht, welche mit dem Inneren des Herdes an geeigneter Stelle desselben in Verbindung stehen; die hierdurch strömende Luft nimmt die sonst durch Ausstrahlung verlorengende Wärme auf, tritt also erhitzt zu dem noch zu verbrennenden und an Luft fehlenden Brenngase hinzu und befördert somit die denkbar vollkommenste Verbrennung der sonst rauchenden Brenngase; gleichzeitig bewirkt die Luft auf diesem Wege eine Kühlung des Chamottefutters gegen zu frühzeitiges Durchbrennen desselben. Hieraus geht also hervor, dass Kessel mit richtig angeordneter Vorfeuerung, selbst für Steinkohlen, hinsichtlich der Fähigkeit, die auf dem Herde entwickelte Wärme aufzunehmen, solchen mit Innenfeuerung unbedingt überlegen sind. Dass dies vielfach auch von Fachmännern, selbst von vielen sonst in Dampfkesselanlagen so erfahrungsreichen Dampfkessel-Vereins-Ober- und Unter-Ingenieuren angezweifelt wird, beruht nur auf Unkenntniss in solchen richtig construirten Feuerungen.

An jedem Kessel soll der Feuerherd so angebracht sein, dass die Feuergase in dem Maasse, wie sie kühler werden, auch mit immer kälteren Stellen des Kessels in Berührung kommen. Das Speisewasser soll also an dieser Stelle in den Kessel eintreten, an welcher die Feuergase denselben verlassen. Ist das Speisewasser durch abgehende Dämpfe schon sehr hoch vorgewärmt, etwa 60 bis 80° C., so wird ein gesonderter Vorwärmekessel keinen ökonomischen Vortheil bieten, und es ist in diesem Falle, besonders bei Kesseln mit innerer Feuerung, besser, die ganze Heizfläche in den Hauptkessel zu legen. Wenn aber das Speisewasser nur wenig vorgewärmt ist, so construiren man den Hauptkessel so, wie er für heisses Speisewasser recht wäre, und gebe demselben in dem letzten Feuerzuge vor dem Kamin einen Vorwärmer bei, welcher ein Viertel bis höchstens ein Drittel der Kesselheizfläche hat. Dieser Vorwärmer ist vermöge seiner niedrigen Temperatur noch im Stande, den Heizgasen, welche an den heissen Hauptkessel keine Wärme mehr abgeben können, noch Wärme zu entziehen. Durch diese Wärme, welche im anderen Falle unbenutzt in den Schornstein abziehen würde, wird das Speisewasser vor dem Eintritt in den Hauptkessel zur Genüge vorgewärmt. Fehlerhaft wäre es, die

billiger herzustellende Heizfläche des Vorwärmers übermässig zu vergrössern. Es werden dadurch erfahrungsmässig nur Reparaturen hervorgerufen, aber keine merklichen ökonomischen Vortheile erzielt. Man findet sehr häufig derartige übergrosse Vorwärmer bei den sogenannten Gegenstromkesseln; es ist aber auch bekannt, dass derartige Vorwärmer, besonders bei unreinem Speisewasser, in ganz ausserordentlicher Weise einer innerlichen Störung ausgesetzt sind.

Eine weitere Bedingung zur Erzielung ökonomischer Resultate ist eine häufige und sorgfältige Reinigung der Kesseloberfläche und der Züge von Russ und Flugasche und des Kesselinneren von Kesselstein. Redtenbacher hat in seiner theoretischen Abhandlung über Dampfkessel Formeln entwickelt, in welchen folgende Coefficienten vorkommen:

1. ein Coefficient für den Widerstand der äusseren Oberfläche gegen den Wärmeeintritt;
2. ein Coefficient für den Widerstand der inneren Oberfläche gegen den Wärmeaustritt;
3. ein Coefficient für den Leitungswiderstand im Metall.

Letzterer ist eine Function des Materials und der Dicke desselben. Es kommt also die Wandfläche des Kessels in den entwickelten Formeln vor.

Keiner dieser drei Coefficienten ist durch Versuche bestimmt worden. Redtenbacher benutzte die erwähnten Formeln überhaupt nur zu rein theoretischen Speculationen, sobald er aber auf praktische Verhältnisse Bezug nimmt, stellt er Formeln auf, in denen obige drei Coefficienten durch einen einzigen Buchstaben K für das gesammte Leitungsvermögen ersetzt sind, und gibt dann diesen Wärmeüberführungs-Coefficient K mit 23 an, und soll hierunter diejenige Wärmemenge zu verstehen sein, welche 1 Quadratmeter einer Heizfläche per Stunde für jeden Grad der Temperaturdifferenz zwischen Feuergasen und Kesselwasser an das Wasser transmittirt, ausgedrückt in auf 1 Kilo Wasser bezogenen Wärmeeinheiten. Director Weinlig hält diesen von Redtenbacher angegebenen Coefficienten in dem Bericht über die seiner Zeit bei den Dampfkesseln in 12 Zuckerfabriken angestellten Versuche*) ebenfalls nicht für alle Fälle passend. Professor Werner hat diesen Coefficienten auf 21,6 in der Zeitschrift des Vereins Deutsch. Ingen. Bd. XIV berechnet.

K ist aber abhängig:

1. vom Material der Kesselwand;

*) Siehe Handbuch über vollständige Dampfkesselanlagen vom Verfasser dieses, Verlag von K. Scholtze, Leipzig. I. Bd., zweite Auflage.

2. von der Materie, welche die Wärme an die Wand abgibt, und von derjenigen, welche sie von der Wand wieder aufnimmt.

Für K stellt Redtenbacher dann Zahlenwerthe für verschiedene Fälle auf, gibt aber dabei die Dicke der leitenden Metallwand entweder gar nicht oder zu 1—1,5 Millimeter, also innerhalb 50 Procent schwankend, an.

Grosse Unterschiede zeigen diese Zahlenwerthe nur für verschiedene Materien, nicht aber für die Dicke der leitenden Wand. Trotzdem hat man allgemein aus dem Umstande, dass in den zuerst erwähnten Formeln die Wandstärke vorkommt, geschlossen, dass dünnere Blechwände die Wärme wesentlich besser leiten als dicke.

In seinem Buche behauptet v. Reiche, dass Bleche, welche stärker als 12 Millimeter sind, die Wärme sehr schlecht leiten, während solche von 10 Millimeter und darunter gute Dienste leisten. Hieraus folgert er die Regel: die Blechdicke der Kessel soll unter keinen Umständen grösser als 12—13 Millimeter, nur in Ausnahmefällen grösser als 10 Millimeter und für normale Verhältnisse stets kleiner sein.

Diese Vorstellung vom Einflusse der Stärke der Kesselwand stützt sich nicht auf Thatsachen, sondern auf jene eben erwähnten Formeln Redtenbacher's. Gerade aus dessen Abhandlungen aber lässt sich zeigen, dass den Widerständen gegenüber, welche die Kesseloberfläche der Wärme bei ihrem Eintritt und Austritt schaffen, die Widerstände, welche grössere oder kleinere Wandstärken der einmal in Metall eingedrungenen Wärme bieten, vollständig verschwinden. Mit anderen Worten: Das Wärmetransmissionsvermögen der Kesselwände hängt lediglich von der Beschaffenheit der Oberfläche, nicht aber von der Dicke der Wand ab. Die Stärke der Kesselwände hat nur Einfluss auf die Dauer des Anheizens und die wechselnde Betriebstärke. Wenn einmal die Wärme durch die bewusste Oberfläche von den Verbrennungsgasen in das Blech eingedrungen ist, wird sie nicht durch eine grössere oder geringere Metallstärke zurückgehalten, wohl aber durch die Inkrustation auf der Innenseite des Kessels. Eine Kesselsteinschicht von 10 Millimeter Dicke leistet der Wärme viel mehr Widerstand, als eine Blechwand von 50 Millimeter Dicke.

Berusste oder mit Flugasche bedeckte Kesselwände nehmen bekanntlich sehr viel weniger Wärme auf, als reine Wandungen.

Liegt die Flugasche 10—15 Centimeter hoch auf der Heizfläche, so hört überhaupt alle Wärmeübertragung auf die Kesselwand auf. Bei stationären, fortwährend gleichmässig im Betriebe befindlichen

Kesseln spielt die Wandstärke in Bezug auf die Wärmeübertragung keine Rolle.

Der Dampfraum soll so gross und so angeordnet sein, dass der abziehende Dampf kein Wasser mitreisst, denn alle Wärme, welche nothwendig war, um das fortgerissene Wasser auf die Dampftemperatur zu bringen, ist beinahe vollständig verloren. Zudem ist dies mitgerissene Wasser bei der Verwendung des Dampfes bei Dampfmaschinen sehr häufig die Ursache grosser Unannehmlichkeiten.

Aus dem Vorhergehenden folgt, dass es kein absolut bestes Kesselsystem geben kann. Jede wirklich gute Kesselanlage ist nur unter den Umständen, unter welchen sie functionirt, gut.

Will man sich über die Güte einer Dampfkesselanlage ein richtiges Urtheil verschaffen, so ist eine genauere Untersuchung des Zusammenhanges der einzelnen auf den Kohlenverbrauch und die Dampfproduction einflussnehmenden Factoren nöthig.

Schon der Umstand, dass zwischen dem calorischen Werthe der verschiedenen Stein- und Braunkohlen, letztere ziemlich im gleichen Werthe mit Holz, Holzkohlen dagegen aber ziemlich im gleichen Werthe mit Steinkohlen, ein grosser Unterschied besteht, muss das Unsichere einer Controllweise kennzeichnen, die nur unter der Bedingung ein halbwegs richtiges Resultat liefert, dass der verbrauchte Dampf und die consumirte Kohle, sowie ihre Qualität und die Art und Weise ihres Consumes ganz bestimmten Verhältnissen entspricht.

In den seltensten Fällen findet man aber Anlagen, wo solche Verhältnisse aller einflussnehmenden Factoren harmonisch ineinander greifen. Nicht vereinzelt sind die Fälle, wo schon bei der Neuanlage des Dampfkessels den thatsächlichen Bedürfnissen nicht entsprochen ist, aber zahlreich sind solche, wo der grösser gewordene Betrieb von dem gleichgebliebenen Dampferzeuger eine grössere Leistung fordert. In solchen Fällen ist man weit von den dieser Verhältnisszahl zu Grunde liegenden Bedingungen entfernt, und die damit erreichten Resultate werden ganz unrichtig.

Es soll nun hier untersucht werden, welche Momente hauptsächlich von Einfluss auf die Dampfproduction und den Kohlenverbrauch sind.

Berücksichtigt man dann in richtigem Masse dieselbe bei einem vorliegenden Versuch über die Leistung eines Dampfkessels, so wird man Resultate erhalten, die mit der Praxis hinreichende Uebereinstimmung haben, und dem Kesselbesitzer jenen Einblick gestatten, der vor Allem nöthig ist, soll der Kohlenbedarf resp. die Leistung des Kessels nicht unrichtig beurtheilt werden.

Je grösser die Wärmemenge ist, welche man in der Zeiteinheit einem Körper zuführt, der Wärme noch aufzunehmen im Stande ist, desto grösser wird die wirklich aufgenommene Menge sein. Es wird also bei einem Kesselbleche (hier andere Umstände nicht in Betracht gezogen) die transmittirte Wärme in erster Linie abhängen von der demselben zugeführten Wärmemenge. Von der Wärmetransmission ist aber wieder die Verdampfungsfähigkeit abhängig und daher ist diese resp. die Dampfproduction des Kessels keine constante, sondern eine Grösse, welche mit dem jeweiligen stärkeren oder schwächeren Betrieb desselben steigt oder fällt.

Keineswegs lässt sich die Dampfproduction eines Kessels in infinitum steigern, sondern ist an Grenzen gebunden. Diese sind aber so ausgedehnt, dass die Praxis für die Dampferzeugung von Grenzwerten oft keinen Gebrauch machen wird. Wärmetransmission und Verdampfungsfähigkeit stehen also in einer Relation zu einander.

Kennt man diese gegenseitigen Verhältnisse in einem vorliegenden Falle, so kann man auch einen Schluss ziehen, ob zu der bestimmten Leistung des Kessels nicht übermässig viel Brennmaterial verbraucht wird, und dies ist es aber eben, was die meisten Kesselbesitzer wissen wollen und die wenigsten richtig constatiren können.

Misst man bei einem Kessel während längerer Zeit, oder wenigstens einiger Tage, die Menge der verbrannten Kohlen und gleichzeitig auch die Menge des demselben zugespeisten Wassers, so drücken diese beiden Zahlen offenbar das oben angeregte Verhältniss der Wärmetransmission zur Verdampfungsfähigkeit aus.

Damit ist, möchten wir sagen, die Basis für alle zur Beurtheilung wichtigen Verhältnisse geschaffen.

Man kann dann nämlich sofort, nachdem bei einem vorliegenden Fall die Grösse der Kesselheizfläche bekannt ist, ausrechnen:

1. Wie viel Kilo Wasser ein Quadratmeter Heizfläche pro Stunde verdampfte, und nennt dies die Quantitativleistung des Kessels.
2. Wie viel Kilo Wasser von einem Kilo Brennmaterial verdampft wurden, und wird dies dann die Qualitativleistung genannt.
3. Wie viel Kilo Brennmaterial ein Quadratmeter Heizfläche pro Stunde consumirte.

Diese Resultate geben Anhaltspunkte, welche in den meisten Fällen schon eine genauere Beurtheilung über die Verhältnisse, unter welchen der Kessel arbeitet, zulassen.

Die Resultate gewinnen aber noch an Werth, wenn man bei Beurtheilung eines vorliegenden Falles das von Professor Radinger in seinem Ausstellungsberichte über Dampfkesselanlagen der Wiener

Weltausstellung angegebene Verfahren einschlägt, durch welches wenigstens vergleichende Zahlen für die Qualität des erzeugten Dampfes gefunden werden.

Bei Kesseln neueren Systems, insbesondere jenen, wo eine sehr grosse Heizfläche einen verhältnissmässig kleinen Wasserraum einschliesst, wo also seine grosse Heizfläche auf einen kleinen Raum zusammengepresst ist, wird bei der Dampferzeugung viel Wasser in seinem vertheilten Zustande mechanisch mitgerissen. Würde man bei einem solchen Kessel aus der Grösse der verbrauchten Wassermenge lediglich einen Schluss auf seine besondere Güte ziehen, so hätte man eine theilweise mechanische Wirkung für eine wirkliche Leistung des Kessels gehalten, während sie doch nur eine schlechte Eigenschaft desselben gewesen wäre.

Professor Radinger hat bei Beurtheilung der verschiedenen Dampfkessel der Wiener Weltausstellung aus dieser Ursache die Dampfproduction der einzelnen Kessel nicht per Kilo verbrannter Kohle festgestellt, sondern die Dampfproduction per ein Quadratmeter Heizfläche auf den Quadratmeter Wasserspiegelfläche im Kessel bezogen und auf diese Weise unter gleich angenommener Heizfläche ein Maass zur Beurtheilung über die Qualität des Dampfes erhalten. Radinger führt an, dass bei einer Verdampfung von 20 Kilo Wasser pro Quadratmeter Heizfläche die einem Quadratmeter Wasserspiegelfläche entsteigende Dampfmenge bei einfachem Cylinderkessel 40 Kilo ist, und aus der von ihm zusammengestellten Tabelle lässt sich entnehmen, dass diese Dampfmenge

bei Cylinderkessel mit 2 Unterkesseln . . .	70—80 Kilo,
„ Zweiflammrohrkessel mit Gallowayröhren	90 „
„ Röhrenkessel etc.	250 „
„ Bellevillkessel	16 800 „
und „ Howardkessel	4500 „

betragen.

Zu diesen beiden letztgenannten Systemen gilt wohl die Bemerkung: „Dort, wo der Dampf mit der Geschwindigkeit, wie die Luft durch die Rostspalten, durch die oberste Wasserschicht bricht, wo er gleichsam im Schaum geboren wird, geht natürlich ein Schluss von dem zugebrachten auf das verdampfte Wasser nicht an.“

Es ist dennoch insbesondere für die neueren Kessel- und Feuerungssysteme, ferner aber zur Beurtheilung zweier verschiedener Kesselfeuerungssysteme, und ebenso wie zur Erkenntniss, in welchem Maasse ein altes Kesselsystem forcirt wird, sehr empfehlenswerth, auch diese Untersuchung den vorgenannten anzureihen. Dies scheint uns aber insbesondere von nicht zu unterschätzendem

Werthe in allen jenen Fällen zu sein, wo der erzeugte Dampf nicht nur allein zur Hervorbringung eines dynamischen Effectes, sondern auch in directer Verwendung zum Heizen und Kochen von Flüssigkeiten, zum Dampfen von Rohproducten und Halbfabrikaten etc. zur Verwendung kommt.

Wo der erzeugte Dampf lediglich zur Hervorbringung eines dynamischen Effectes dient, ist die Dampferzeugung eine ziemlich gleichmässige, man kann sagen, nur von der Wärmezufuhr abhängige. In Fällen, wo der Dampf in directe Benutzung kommt, ist die Dampfenahme eine ziemlich unregelmässige, häufig enorm gesteigerte, so dass auch durch Druckverminderung eine Dampfproduction stattfindet. Es ist die Verdampfung im letzteren Falle eine wesentlich andere, als im erstgenannten, und nicht allein die Untersuchung, wie viel Wasser verdampft wurde, sondern auch die Constatirung, wie die Beschaffenheit dieses Dampfes war, geben zusammen ein richtiges Bild von der thatsächlichen Leistung des Kessels, resp. Verwerthung des Brennmaterials.

Mit dem forcirten Betriebe sind stets Wärmeverluste verbunden, wodurch die Ausnutzung des Brennmaterials eine ungünstige wird.

Nicht das Kesselsystem allein ist es immer, welches nasseren Dampf liefert, sondern der forcirte Betrieb. Würde man im Stande sein, die bei der Dampferzeugung mechanisch mitgerissene Wassermenge von der in Dampf verwandelten absolut rein zu trennen, so wäre die wirklich verdampfte Menge nur ein Procentsatz der zugebrachten Wassermenge, und die von 1 Kilo Kohle producirte Dampfmenge stellte sich dann niedriger, würde aber bei den verschiedenen Kesselsystemen und verschiedenen starken Betrieben der Einzelnen jedenfalls den der wirklichen Kohlenausnutzung näher liegenden Werth angeben. Zu bemerken ist hierbei noch, dass dieser Procentsatz der zugebrachten Wassermenge (die verdampfte Wassermenge) nicht nur allein kein constanter bei den verschiedenen Kesselsystemen, sondern auch verschieden bei ein und demselben Kessel ist, je nachdem die pro Quadratmeter Einheit verbrauchte Wassermenge sich ändert, d. h. der Kessel mässig betrieben oder forcirt wird.

In allen Fällen, in welchen Kessel längere Zeit während der täglichen Betriebsdauer forcirt werden müssen, sind dieselben für einen vortheilhaften Betrieb zu klein, und hat man dies durch die oben angedeutete Untersuchung constatirt, so handelt es sich für den betreffenden Kesselbesitzer darum, die für die nothwendige Leistung desselben entsprechende Grösse zu finden; ferner zu untersuchen, wie sich für diesen grösseren Kessel unter gleicher Leistung der Kohlenconsum verhält.

Für mässig angestrengt gilt ein Kessel, wenn derselbe pro Quadratmeter Heizfläche ca. 20 Kilo Wasser pro Stunde verdampft.

Eine Untersuchung an einer bestehenden Dampfkesselanlage ist immer geeignet, manchem Industriellen einen sehr schätzenswerthen Fingerzeig zu geben, und wäre in vielen Fällen dadurch der betreffende Kesselbesitzer in der Lage, sich selbst einen Einblick zu verschaffen und vielleicht herauszufinden, wo es dem Kessel gebriecht, ohne vorerst durch kostspielige Experimente Erfahrungen machen zu müssen.

Das Bestreben der Verbesserer und Beschützer von Dampfkesselanlagen, Kohlen zu ersparen, ist ein allgemeines. Es handelt sich in grösseren Etablissements doch um bedeutende Summen, welche Jahr aus Jahr ein in Rauch aufgehen, und nur einige Procente Ersparniss daran, repräsentiren schon ein ganz schönes Capital.

Man hat schon oft Gelegenheit gehabt, von Dampfkesselbesitzern zu hören, wie von dem neu gekauften Rost, dem oder jenem Antikesselsteinpulver u. s. w. eine ganz enorme Kohlenersparniss gehofft wird — aber unerfüllt blieb, weil der Fehler in den einzelnen Kesselverhältnissen oder in der Betriebsart lag, der durch den neuen Rost nicht behoben wurde.

Wir können nur jedem Kesselbesitzer bestens empfehlen, seine Kesselanlage einer Prüfung zu unterziehen, und sind überzeugt, dass manche Missverhältnisse dadurch aufgefunden werden, deren Abstellung von grossem Vortheil für den ökonomischen Dampfbetrieb sein wird.

Einer der wichtigsten Factoren, mit welchem aber bei einer gewissenhaft und rationell zu betreibenden Kesselanlage ferner noch gerechnet werden muss, ist ohne Zweifel der Heizer. Leider wird noch von sehr vielen Kesselbesitzern die wichtige Function des Heizers unrichtig aufgefasst. In vielen Fällen, namentlich in kleineren, selbst auch noch in mittelgrossen Fabriken wird der Heizer von seinem nicht immer richtig speculirenden Herrn durch allerhand Nebenarbeiten zu der unzureichenden oder wenigstens sehr mangelhaften Bedienung des Kessels veranlasst. Anstatt die Beaufsichtigung der Maschine und des Kessels einem Manne anzuvertrauen, der sich in Bezug auf seine Fähigkeiten genügend ausweisen kann, nimmt man zum Heizer oft Leute des gewöhnlichen Arbeiterstandes, die von dem Wesen des Maschinen- und Dampfkesselbetriebes keine Vorstellung haben, und glaubt sich beruhigen zu können, wenn man sieht, dass der Mann den Kessel speisen und das Feuer schüren kann. Man übersieht natürlich dabei, dass die Hand des ungeübten Heizers ein bedeutendes Vielfache der gedachten Ersparniss in Folge

Vergeudung von Brennmaterial durch den Schornstein jagt. Hier glaubt man nun, die Sparsamkeit am rechten Platze angewandt zu haben, da es ja klar scheint, dass dadurch die Leistung eines Arbeiters theilweise eingebracht wird. Bei Lichte besehen stimmt jedoch die Rechnung nicht genau.

Ausser diesen Umständen findet man allgemein, dass sowohl der Heizer, der nur seinen Kessel zu versehen hat, als der, dem ausserdem noch Nebenbeschäftigung auferlegt ist, es sich möglichst bequem zu machen suchen und am Kessel nur das Allernothwendigste besorgen. Um ein häufiges Handanlegen und Nachsehen desselben unnöthig zu machen, wird der Kessel zunächst voll Wasser gepumpt, unbekümmert darum, ob mit nassem oder trockenem Dampfe gearbeitet wird. Ein solcher Heizer überhäuft auch den Rost mit Brennmaterial, ohne sich Sorgen zu machen, ob dasselbe wirklich verbrennt, oder aber als Russ und Rauch unbenutzt durch den Schornstein fliegt. Dass nun auch ein solcher Heizer sehr unregelmässig speist und das Feuer schlecht bewacht und selbst oft bis zur Grenze der grössten Gefahr sich verspätet, ist klar. Bei Vernachlässigung des Feuers wird dasselbe auf dem Roste an mehreren Stellen durchbrennen und kalte Luft hindurchstreichen, der Effect des vorher massenweise verbrannten Heizmaterials also um ein Bedeutendes reducirt werden.

Mit der Reinigung sieht es nicht minder besser aus. Das Reinhalten und Putzen der eventuellen Betriebs- und Fabrikmaschinen wird von den Kesselbesitzern noch in etwas protegirt, aber das Kesselhaus, den Dampfkessel mit seinen Armaturen in einem ordentlichen Putzzustande zu halten, erscheint ihnen oft überflüssig; es kann ihrer Meinung nach ja doch nichts helfen, da über kurz oder lang derselbe Schmutz wieder vorhanden ist. Man glaubt daher, dass die äusserliche Reinhaltung einer Kesselanlage unnütze Arbeit und vergebliche Mühe sei. Diejenigen Kesselbesitzer, welche in dieser Beziehung dem Heizer nicht gehörig auf die Finger sehen oder demselben bei seinem guten Willen gar hindernd in den Weg treten, mögen wohl bedenken, dass sie auf dem besten Wege sind, den Eifer und die Pflichttreue des Heizers zu untergraben und sich dadurch zu indirecten Mitschuldigen grober Versehen und Unglücksfälle machen.

Wenn dieselben annehmen, dass ein Heizer seine Pflicht thue, wo des Herrn Auge ihn nicht controliren kann, wo er dieselbe vernachlässigt in Sachen, die klar am Tage liegen, so kann man nur sagen, dass man im Irrthum ist.

Wenn man sich davon überzeugt, welchen Begriff sich oft ein

Heizer beim Reinigen des Kessels und der Züge macht, so wird man sich wundern. Die Erfahrung hat es bezeugt, dass eine Kesselanlage, welche ausserhalb schmutzig und verkommen aussieht, im Innern erst recht ein Bild der Verwahrlosung darbietet.

Wie soll nun ein solcher Heizer im Stande sein, etwaige auftretende Mängel an Kesselblechen und Armaturgegenständen zeitig zu entdecken und zu beseitigen. Freilich kostet ein ordentliches Kesselreinigen Zeit und ist es eine in vielen Fällen sehr mühevoll Arbeit, so mühevoll, dass eine gehörige Portion Geschicklichkeit, Lust und Liebe zum Beruf von Seiten des Heizers dazu gehört, um es so auszuführen, wie es sein soll.

Jeder Kesselbesitzer sollte es nie versäumen, ernsthaft zu bedenken, dass der Beruf des Kesselheizers ein so wichtiger ist, dass ausser einer gewissen Befähigung und den nöthigen Fertigkeiten, welche beim guten Willen sich bald aneignen lassen, unbedingte Zuverlässigkeit in jeder Beziehung von demselben gefordert werden muss. Zuverlässigkeit, Ordnung, Fleiss und Pünktlichkeit sind aber von einem Heizer namentlich auch deshalb zu verlangen, weil derselbe nur im Besitze dieser Eigenschaften richtig und ökonomisch feuern wird. Leider fehlt es aber noch sehr an Heizern mit allen diesen guten Eigenschaften, und täglich fühlt man das Bedürfniss, einen geordneten und richtig geschulten Heizer zu haben, und man ist daher seit Jahren, wenn auch immer noch in vereinzelt Fällen, bestrebt, diesem Bedürfniss nach Kräften abzuhelpfen.

Es kann nicht genug darauf hingewiesen werden, dass die Schulung des Heizerpersonals, die allerdings mit gewissenhafter Anwendung der erlangten Fähigkeit gepaart sein muss, in erster Linie die beste Lösung ergibt.

Die Ausbildung des Heizerpersonals ist bis jetzt, mit Ausnahme einiger Districte (z. B. Hannover, Leipzig und Magdeburg), noch immer eine sehr lückenhafte, da auch der strebsame Heizer sich nur Kenntnisse verschaffen konnte durch eigene Erfahrung oder durch Befragen seiner älteren Berufsgenossen.

So sehr die wohlthätigen Wirkungen der Heizerschulen anzuerkennen sind, so müssen wir doch hervorheben, dass erst durch einen mit ihr zu verbindenden praktischen Lehrcursus das erstrebte Ziel ganz und vollkommen erreicht werden kann, wie der Magdeburger Verein für Dampfkesselbetrieb den Anfang bereits damit gemacht hat.

Von so grossem Werthe der Schulunterricht für die Ausbildung der Heizer dennoch ist, so kann die volle Tüchtigkeit derselben doch nur erst im praktischen Dienste vor dem Feuer resp. Kessel

selbst erlangt werden, indem man sie entweder bei bestehenden guten Kesselanlagen in die Lehre gehen lässt, wo sich dazu Gelegenheit findet, oder indem sie, was noch vorzuziehen sein würde, auf der Stelle, von anerkannt bewährten Heizern angelernt werden, deren Dienst sie übernehmen sollen. Immerhin wird man aber bei der Auswahl der Leute zu Heizern auf die Charaktereigenschaft derselben das grösste Gewicht legen müssen.

Durch Anstellung gehörig geschulter und sonst gewissenhafter Heizer, sowie durch einen verständigen Betrieb und durch mancherlei zu verbessernde Details der Feuerungen namentlich, kann jedenfalls höchst vortheilhaft auch auf eine vollkommenere und die jetzt so allgemein gewünschte und oft von der Behörde vorgeschriebene rauchfreie Verbrennung hingewirkt werden, unter Umständen dadurch allein schon das sonst noch Mögliche erreicht werden. Aber diese Mittel allein reichen auch nicht mehr aus, wenn bei der ganzen Anlage in gewissen Grössenverhältnissen, von denen ein guter Erfolg wesentlich abhängt, arg fehlgegriffen ist.

Um sich einen Nachweis zu verschaffen, ob zur richtigen Bedienung des Kessels und Behandlung der Feuerung, sowie zur Sicherung gegen Kesselexplosionsgefahren die nöthige Fähigkeit und Tüchtigkeit der Heizer vorhanden ist, würde eine Prüfung derselben anzuordnen und am besten die Dampfkesselrevisoren zu beauftragen sein, deren Streben und Rechte zugleich dahin gerichtet sein müssten, dass da, wo sie unfähige und unzuverlässige Heizer finden, diese nach und nach entfernt und tüchtige dafür an die Stelle gebracht würden.

Das vorgeschlagene erweiterte Eingreifen der Kesselrevisoren, namentlich solcher für innere Revision, und die diesen jedesmal dabei gebotene Gelegenheit zur Anleitung und Belehrung nicht nur der Kesselheizer, sondern auch der Kesselbesitzer, wird an sich schon und ohne weiteres Zuthun der Behörde von günstigem Erfolge sein, wenigstens werden die einsichtigeren und entgegenkommenden Besitzer darüber aufgeklärt, welche Interessen für sie auf dem Spiele stehen und von welcher Wichtigkeit es ist, dass sie sich selbst die nöthige Kunde über zweckmässige Einrichtung, Behandlung und Ueberwachung ihrer Anlagen verschaffen.

Erster Abschnitt.

Ueber die Construction der Dampfkessel-Systeme der Gross-Industrie.

Nach Art der Construction kann man sechs Haupt-Kesselsysteme unterscheiden, von denen wieder durch mehr oder weniger Constructionsabweichungen eine grössere Zahl verschiedener Kesselsysteme abgeleitet worden sind; man nennt solche daher combinirte Kesselsysteme.

Die sechs Haupt-Kesselsysteme nennen wir:

1. Walzenkessel.
2. Siederrohr-, Bouilleur- oder Woolf'sche Kessel.
3. Flammrohrkessel:
 - a) Einflammrohrkessel oder Cornwallkessel;
 - b) Zweiflammrohrkessel oder Lancashirekessel.
4. Feuerröhrenkessel, bei denen die Heizgase durch eine Anzahl enger Röhren gehen.
5. Wasserröhrenkessel, bei denen das Wasser, und bei manchen auch der Dampfraum in einer Anzahl schmiedeeiserner Röhren aufgenommen wird.
6. Stehende Kessel.

Bezüglich der Eintheilung der Dampfkessel nach Art ihrer Verwendung unterscheiden wir:

1. Dampfkessel für Dampfmaschinen.
2. „ „ Raumheizungen (Central-, Wasser- und Dampfheizungen).
3. Solche zum Heizen von Kochapparaten.

Auch kann eine Kesselanlage diese drei Zwecke gleichzeitig erfüllen.

Nach Art und Weise ihrer Beheizung kann man sie ferner noch eintheilen in:

1. Kessel mit directer Heizung.
2. „ „ indirecter Heizung.

Bei den ersteren befindet sich das Feuer entweder innerhalb (in Flammröhren), unterhalb oder vor denselben. Die letztere wird vielfach auf Eisenhüttenwerken angewandt, indem man die Kessel hinter die Schweiss- oder Puddelöfen, selbst an Koaksöfen legt, so dass sie von den abziehenden Heizgasen geheizt werden.

Einen Unterschied dieser beiden Beheizungsarten findet man auf Hochöfen, wo den unter den Kesseln angebrachten Feuerungen die von den Hochöfen abgezogenen Gichtgase zugeführt werden, da diese Gase noch eine Menge Brennstoffe enthalten.

Die Construction der verschiedenen Dampfkesselarten ist ausser den verschiedenen Feuerungssystemen und localen Rücksichten durch das Speisewasser speciell noch in vielfacher Beziehung auf die Oekonomie der Dampferzeugung von wesentlichem Einflusse, und zwar:

1. je kleiner bei gleichmässigem Betriebe das Wasservolumen, d. h. das Füllquantum im Kessel bis zum mittleren Wasserstande, im Verhältniss zur feuerberührten Wasserfläche gehalten wird,
2. je grösser andererseits bei sehr unregelmässigem Betriebe das Wasservolumen bis zum mittleren Wasserstande im Verhältniss zur wasserberührten Heizfläche bemessen wird,
3. je grösser der Theil der feuerberührten Fläche ist, welche von den Feuergasen zuerst bestrichen wird,
4. je grösser die Verdampfungsfläche (Wasserspiegel) des Wassers im Kessel ist.

Unter diesen Gesichtspunkten wollen wir die gebräuchlichsten Kesselsysteme, sowie auch einige neuere Constructionsarten einer näheren Betrachtung unterziehen.

Zunächst sei bemerkt, dass der erste praktisch brauchbare Dampfkessel, der bei dem Entstehen der Dampfmaschinen zur Verwendung kam, von dem genialen Maschinen-Techniker Watt (geb. 1736, gest. 1819) herstammt, wenn wir von den ersten versuchsweise ausgeführten sog. Kofferkesseln absehen.

Diesen Watt'schen **Walzenkessel**, in Fig. 1 und 2 dargestellt, findet man heute noch in dem Kleingewerbebetrieb in Anwendung.

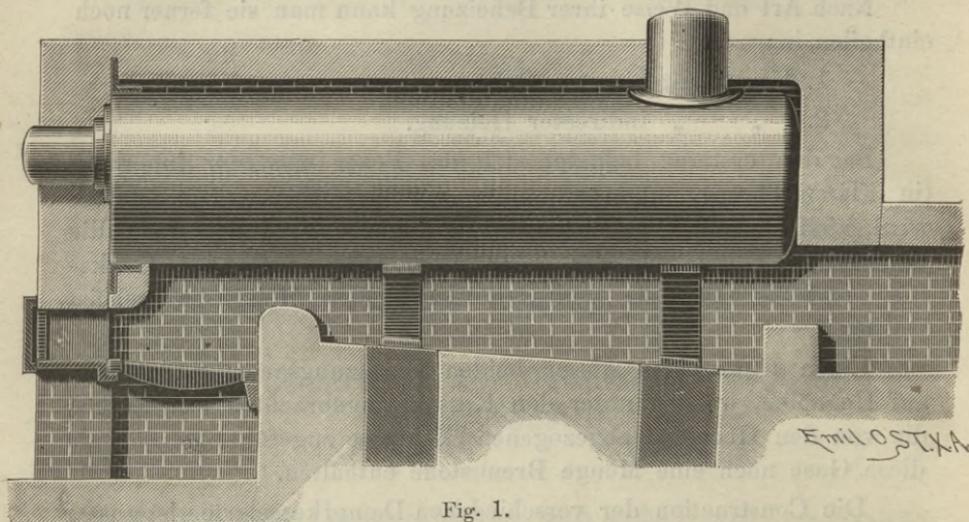


Fig. 1.

Die Heizgase, welche von dem Roste direct unter dem Kessel hindurch nach dem Schornstein ziehen, werden jedoch, da der Weg derselben zu kurz, also die Dauer der Berührung mit der Heizfläche zu gering ist, nicht genügend ausgenutzt. Es lag daher nahe, dass bald darauf Dampfkessel construiert und ausgeführt wurden, bei welchen die Heizgase vollkommener zur Ausnutzung gebracht wurden, und es entstand bald darauf der

Siederkessel, wie in Fig. 3 und 4 dargestellt, oder auch Woolf'scher Kessel genannt, nach dem Namen des Erfinders der zweicylindrigen Expansionsdampfmaschinen, welcher auch der Erfinder und Constructeur dieses Kessel-systems gewesen sein soll.

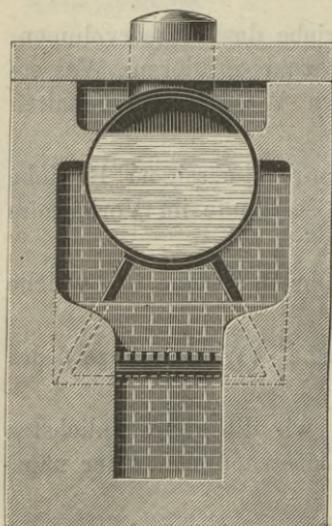


Fig. 2.

In Frankreich, wo dieses Kessel-system noch fast allgemein Anwendung findet, aber in sehr grossen Dimensionen, nennt man ihn Bouilleur-Kessel.

Die unterhalb des Oberkessels angebrachten beiden Vorwärmer, Sieder oder Bouilleure genannt, haben den Zweck, das Speisewasser,

bevor es in den Oberkessel gelangt, in diesen bis zum Siedepunkt zu erhitzen. Es ist daher die Verbindung dieser Sieder oder auch Unterkessel unter sich und dann mit dem Oberkessel derart getroffen, dass das Speisewasser an dem hinteren Ende eines Sieders (hier rechtsliegende), da wo die Heizgase denselben zuletzt berühren, eintritt, ferner am anderen Ende desselben durch einen horizontalen Verbindungsstutzen in den zweiten Sieder und endlich am entgegengesetzten Ende des letzteren wiederum durch einen Stutzen in den Oberkessel mit Siedetemperatur gelangt, so dass das Wasser die entgegengesetzte Bewegung der Heizgase zu machen hat; es wird derselbe daher auch noch Gegenstromkessel genannt.

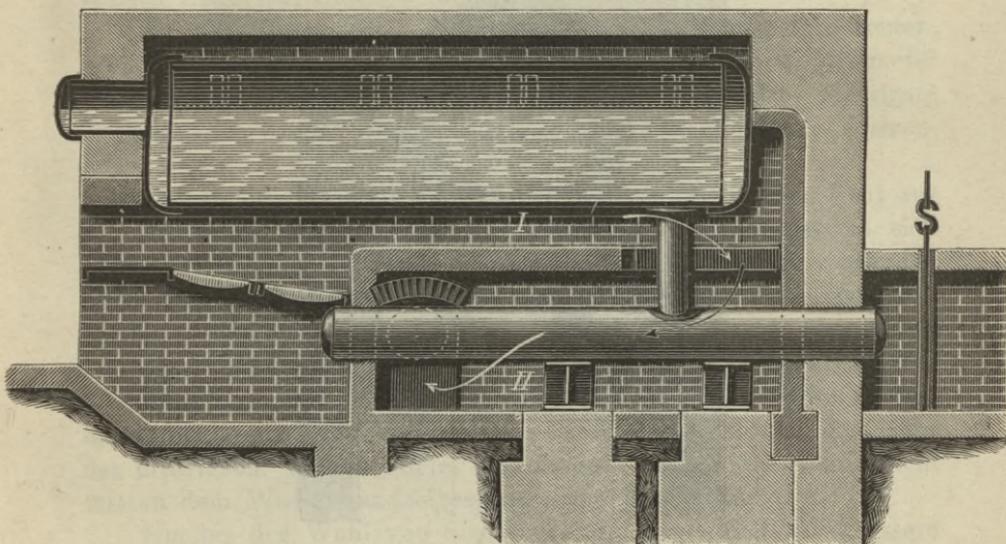


Fig. 3.

Damit nun die auf diesem Wege sich bildenden Dampfblasen und Kohlensäuregase, welche letztere aus dem im Wasser aufgelöst enthaltenen doppelkohlensauren Kalk entstehen, sowie die mit dem Wasser eingeführte Luft, ohne sich zu sammeln, weiter geführt und endlich auch in den Oberkessel gelangen können, sind die Sieder an dem Ende, wohin sich der Inhalt desselben begeben muss, höher gelegt, da sonst diejenigen Stellen der Sieder, wo sich solche Luft- und Gasarten ansammeln, überhitzt und endlich zerstört werden, was eine Explosionsgefahr im Gefolge haben könnte. Ferner müssen, zur Vermeidung der gleichen Gefahr, die Verbindungsstutzen möglichst nahe am Ende der Sieder angebracht sein, und vor allem der horizontale Stutzen mit seiner

und der oberen Kante der Sieder in einer Linie liegen, Fig. 4. Wie schon aus Fig. 3 zu ersehen, wäre es wegen der an den Kopfenden der Sieder angebrachten Mannlöcher nicht richtig, die Sieder um so viel zu verkürzen, dass sie nur bis an die Verbindungsstutzen reichten. Um nun dennoch das Ansammeln der Dampf- und Luftblasen an den Kopfenden sicher zu verhindern, müssten die Köpfe konisch hergestellt werden, und zwar um so viel, dass die obere Fläche der Köpfe wenigstens horizontal zu liegen käme. Auch kann das Ansammeln von Luft und Dampf an den Kopfenden der Sieder vermieden werden, wenn diese Stellen mit dem Dampf-

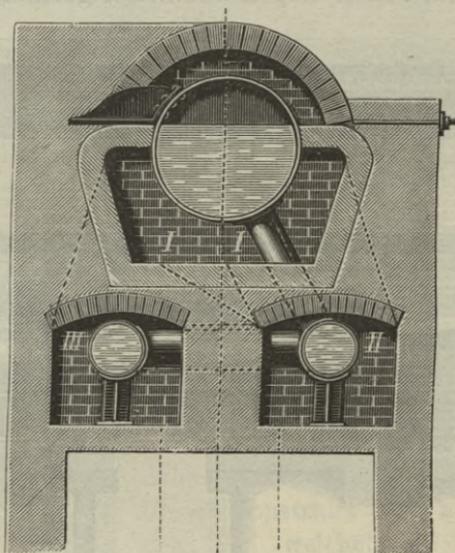


Fig. 4.

raum des Oberkessels durch ein kleines Röhrchen verbunden werden. Dagegen ist ein übermässiges Erhitzen des Stutzenflansches bei starkem Ansatz von Kesselstein oft nicht zu vermeiden, daher diese Stellen sehr leicht und oft reparaturbedürftig werden, so dass durch diese Uebelstände die Wahl eines solchen Kesselsystems oft in Frage gestellt werden muss; abgesehen von der sehr umständlichen und schwierigen Montage.

Was nun bezüglich des ökonomischen Betriebes bei solchen Kesseln in Betracht kommt, so ist zunächst zu bemerken, dass die Wasserfüllung bis zum mittleren Wasserstande im Verhältniss zu der wasserberührten Heizfläche eine den Anforderungen entsprechend günstige sein dürfte. Nur ist die Heizfläche im ersten Feuerkanal, die also von der Flamme zuerst berührt wird, kaum so gross, als die-

jenige im zweiten und dritten Feuerkanal. Dagegen besitzt dieses System noch die gute Eigenschaft, dass ein Theil der Schlammablagerung in den Siedern, also an den weniger erhitzten Stellen, stattfindet.

Das Mauerwerk muss innerhalb, soweit der erste Feuerzug geht, mit einer 120 mm starken (also $\frac{1}{2}$ Steinstärke) Chamottewand bekleidet sein, sowie auch das Gewölbe zwischen Oberkessel und den Siedern aus einem $\frac{1}{2}$ Steinstärke starken Chamottesteine hergestellt werden muss. In diesem Gewölbe befindet sich die Oeffnung, welche die Verbindung des ersten Zuges mit dem zweiten herstellt, während dieser anderseits durch eine Oeffnung in der Mittelwand mit dem dritten Zuge verbunden wird.

Bei der Einmauerung ist die gesetzliche Vorschrift zu beachten, dass die Oberkante des ersten Feuerzuges wenigstens 100 Millimeter tiefer zu liegen kommt, als der im Kessel festgesetzte niedrigste Wasserstand; erstere liegt in der Regel in der Höhe der horizontalen Mittellinie des Oberkessels.

Ein an der vorderen Stirnwand angebrachter Stutzen dient zur Aufnahme des Wasserstandzeigapparates, an welchem letzterem sich auch gleichzeitig eine gesetzlich vorgeschriebene Marke befinden muss, die von aussen den festgesetzten niedrigsten Wasserstand anzeigt. Der mittlere Wasserstand im Kessel wird hierbei sowohl wie bei allen übrigen Kesselsystemen 50—60 Millimeter höher als der niedrigste angenommen, in welcher Höhe auch der zweite Probihahn angebracht wird, während der erste Probihahn in der Höhe des niedrigsten Wasserstandes sitzen muss, falls diese Hähne nicht mit an dem Wasserstandzeigapparat angebracht sind.

Um bei der Wahl von Siederkesseln, namentlich für grössere Betriebe, die Bauart und Montage möglichst einfach und solider zu gestalten, und auch gleichzeitig verhältnissmässig mehr Leistung zu erzielen, wendet man seit neuerer Zeit auch die in Fig. 5 dargestellte Construction an; jedoch aber immer noch sehr selten, da die Ansichten der Fachmänner auch hierbei sehr verschieden sind. Immerhin hat aber diese Construction in Bezug auf bessere Ausnutzung der entwickelten Wärme ihre guten Seiten, wie dies aus dem Folgenden zu erklären sein dürfte.

Die bessere Ausnutzung der Wärme ist jedoch immerhin bei einer entsprechend richtigen Anordnung der Einmauerung zu erzielen möglich, und haben wir es hier mit einer solchen zu thun, welche gänzlich von der vorher besprochenen abweicht, wie schon die Fig. 5 zeigt, und hauptsächlich einfach in den durch die Querwände gebildeten Kammern besteht. Die Ausnutzung der Wärme ist offen-

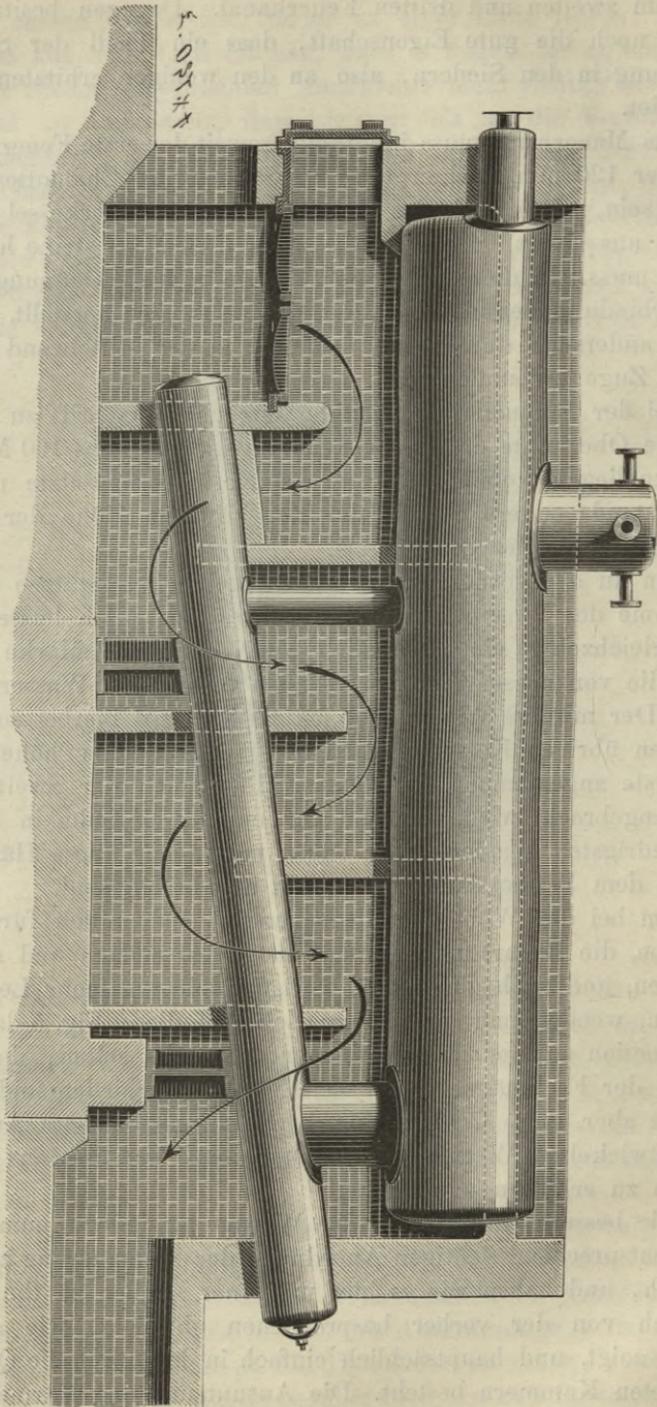


Fig. 5.

bar um so vollkommener, je mehr Kammer-Abtheilungen bei einer verhältnissmässig grossen Länge des Kessels vorhanden sind. Die Länge eines solchen Kesselsystems von z. B. ca. 80 Quadratmeter Heizfläche beträgt ca. 16 Meter mit 7—8 Kammern. Die Querwände sind, wie in der Figur ersichtlich, abwechselnd hängend und stehend aus einem $\frac{1}{2}$ Stein Chamotte gemauert, so dass die Heizgase sich im Zickzack fallend und steigend bewegen müssen, und somit die Heizfläche fast von den Gasen rechtwinkelig getroffen wird, wobei die mittlere Gasschicht in der grössten Breite, gleich dem Durchmesser des Oberkessels, und in einer kleineren Breite, gleich dem Durchmesser des Sieders, mit dem Kesselbleche stagnirend in Berührung bleibt. Hiedurch wird den Heizgasen hinreichend Zeit gegeben, ihre Temperatur im vollkommensten Maasse an die Kesselheizfläche abgeben zu können, während zwischen den inneren Mauerwandungen und dem Sieder genügend freier Durchgang bleibt, resp. bleiben muss, um die nöthige Zuggeschwindigkeit zu erzielen. Der Sieder wird am vorderen Ende 300—500 Millimeter tiefer gelegt, um somit eine selbstthätige Wassercirculation hervorzurufen, indem das Wasser hinten steigend, durch den Stutzen in den Oberkessel tritt, um von da durch den vorderen Stutzen in den Sieder wieder zu gelangen. Durch diese selbstthätige Wassercirculation werden sämmtliche aufsteigende Luft- und Dampfblasen ohne den geringsten Aufenthalt oder Ansammlung an irgend welchen Stellen im Sieder durch den hinteren Stutzen in den Oberkessel mitgeführt, daher dieser Stutzen bedeutend weiter, als der vordere bemessen ist. Es bleibt somit auch die Heizfläche des Sieders stets von innen mit Wasser berührt und dadurch die Verdampfungsfähigkeit wesentlich begünstigt.

Durch diese eben beschriebenen günstigen Umstände: die besondere Führung der Heizgase und die Arbeitsweise des Kessels, wird ein ganz bedeutend grösserer und ökonomischer Effect erzielt, als bei dem vorher besprochenen Systeme. Auch können statt nur eines auch zwei Sieder gewählt werden.

Was nun aber der allgemeinen Einführung dieser Construction entgegensteht, das ist die abnorme Länge derselben. Man muss daher immer wieder auf verhältnissmässig kurze Kessel zurückgreifen und dann in der Regel die Einmauerung nach der in Fig. 3 und 4 dargestellten Construction wählen; jedoch ohne Beibehaltung des Gegenstromprinzips, indem man die Sieder dann entweder horizontal oder geneigt legt, wie in Fig. 5; in beiden Fällen aber parallel neben einander und je mit zwei Verbindungsstutzen versehen.

Je kürzer nun aber die Kessel vorgeschrieben werden, um so grösser muss dann, um das nöthige Maass der Heizfläche herauszubekommen, der Durchmesser gewählt werden; die Folge ist davon, dass die Blechstärken oft übermässig dick ausfallen, wodurch dann aber das Durchdringen der Wärme in das Innere des Kessels sehr erschwert wird. Wenn nun auch der Satz richtig sein mag, dass, sobald die dickeren Bleche einmal durch und durch erhitzt sind, die Wärme ebenso schnell und in gleicher Menge durchdringt, als bei dünnen Blechen, so ist das doch nur da stichhaltig, wie in unserer Einleitung schon gelegentlich erwähnt wurde, wo der Dampfverbrauch, resp. der Betrieb ein ganz gleichmässiger ist. Hat man aber wechselnden Betrieb, so liegt es doch klar auf der Hand, dass

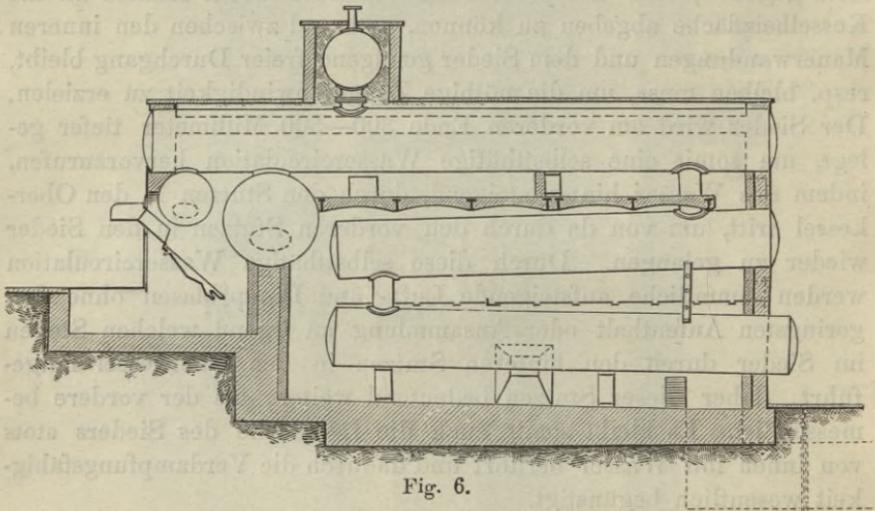


Fig. 6.

in dem Augenblick, wo ganz bedeutend mehr Dampf entwickelt werden soll, als in dem vorhergehenden Zeitraum, wo also dementsprechend weniger Wärme erzeugt wurde, nicht in dem Maasse so schnell die Wärme durch dicke Bleche getrieben werden kann, als bei dünneren, selbst dann noch nicht, wenn das Feuer (auf Kosten des Brennmaterials natürlich) bis zum höchsten Grade forciert wird. Die Folge davon ist, dass der Dampf bedeutend mehr Wassertheilchen mitreisst, weil eben die erforderliche Dampfspannung dem Dampfverbrauch entsprechend in solchen Momenten nicht gehalten werden kann.

Um diese Uebelstände möglichst zu vermeiden, hat man das in Fig. 6 und 7 dargestellte System von Kuhn schon oft vorgeschlagen, aber leider noch immer bitterwenig zur Anwendung ge-

bracht. Es ist hierbei durch die Wahl von drei Paar über einander gelagerten Kesselkörpern ein verhältnissmässig geringer Durchmesser der einzelnen Körper nothwendig, und somit auch eine wesentlich geringere Blechstärke möglich gemacht und dabei gleichzeitig noch der Vortheil mit eingeschlossen, dass auf einem knapp bemessenen Flächenraum eine verhältnissmässig grosse Heizfläche untergebracht werden kann.

Die Grösse des Wasserinhaltes im Vergleich zu der Heizfläche ist bei diesem System sogar als eine sehr günstige zu bezeichnen. Dagegen ist die Heizfläche im ersten Feuerkanal etwas geringer als in den beiden übrigen, aber so unbedeutend, dass wir diesen Um-

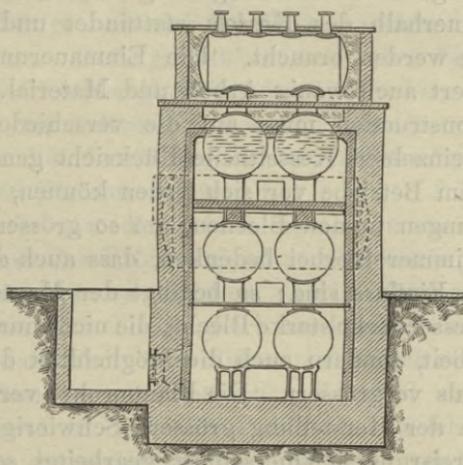


Fig. 7.

stand keineswegs nachtheilig nennen können. Die ganze Bauart ist ausserdem so einfach, dass alles Uebrige aus den beiden Figuren deutlich zu ersehen ist.

Der **Flammrohrkessel** ist ebenfalls englischen Ursprungs, und zwar stammt der Einflammrohrkessel aus der Grafschaft Cornwall, daher dieser Kessel auch oft Cornwallkessel genannt wird, während der Zweiflammrohrkessel einige Zeit später in der Grafschaft Lancashire entstand, und daher dieser auch oft mit dem Namen Lancashirekessel bezeichnet wird. Wegen seiner, in mancher Beziehung vorwiegend, besonderen Eigenschaften hat gerade dies Kesselsystem die all-gemeinste Verbreitung gefunden, und trotzdem es einen verhältnissmässig grösseren Raum beansprucht als alle übrigen, und trotz seiner vielen Gegner wird es nicht nur vorläufig, sondern noch auf eine ganz unabsehbare Zeit sein Feld behaupten, und warum und

wodurch, das wissen die Freunde und Erbauer dieses Systems oft selbst nicht.

Allgemein ist über die Flammrohrkessel vorerst, mit einigen vergleichenden Hinweisen auf die Siederkessel, noch Folgendes zu sagen.

Die Flammrohrkessel haben einen mehr oder weniger geringen Wasserraum und lassen sich daher leicht anheizen und entwickeln auch rasch Dampf, müssen aber auch vorsichtiger behandelt werden als Siederkessel, weil der Wasserstand und die Dampfspannung sonst schnell zurückgeht. Die Reinigung ist schwieriger, namentlich vom Kesselstein. Die Verdampfungsfähigkeit aber ist bei reinem oder gereinigtem Wasser am günstigsten, da die Wärmeabgabe grösstentheils innerhalb des Kessels stattfindet und wenig Mauerwerk geheizt zu werden braucht. Die Einmauerung ist sehr einfach und erfordert auch wenig Arbeit und Material.

Bei der Construction muss auf die verschiedenartigsten Ausdehnungen der einzelnen Kesseltheile Rücksicht genommen werden. Je freier diese im Betriebe vor sich gehen können, um so geringer sind die Spannungen in den Blechen, um so grösser die Sicherheit, und muss man immer hierbei bedenken, dass auch die Dimensionen des Kessels von Einfluss sind; so bedingt der Mantel wegen seines grossen Durchmessers sehr starke Bleche, die nicht nur die Möglichkeit unbequemer Arbeit, sondern auch die Möglichkeit der Fehlerhaftigkeit des Materials vergrössern. Die Flammrohre verursachen anderseits dadurch in der Herstellung grössere Schwierigkeiten, weil sie auf möglichst kreisrundem Querschnitt gearbeitet sein müssen, da sie auf Druck von aussen nach innen in Anspruch genommen werden. Von welcher Wichtigkeit diese verschiedene Inanspruchnahme gerade auf die Sicherheit des Kessels ist, geht aus den Fairbairn'schen Versuchen hervor, wonach ein Kessel von 1,88 Meter Durchmesser und 10 Meter Länge bei 9,5 Millimeter Blechstärke, wahrscheinlich bei 22 Atmosphären-Ueberdruck, riss; ein Flammrohr von ca. 1 Meter Weite und 10 Meter Länge bei 9,5 Millimeter Stärke schon bei $6\frac{3}{5}$ Atmosphärendruck zusammengepresst werden wird, selbst wenn es kreisrund ist. Diese Bedingung kann in der Praxis nicht erfüllt werden, wodurch also die Gefahr des Zusammenrückens noch erhöht wird. In richtiger Würdigung dieses Umstandes verstärkt man jetzt allgemein die Flammrohre durch Umlagen von Winkelringen, wie wir weiter unten sehen werden, wodurch die Sicherheit bedeutend erhöht wird, wenn anders der Zwischenraum zwischen diesen und dem Flammrohre frei von Kesselstein bleibt. Immerhin beweist aber diese nothwendige Neben-

construction, dass die Construction des Kessels an und für sich mangelhaft ist. Das Sprichwort sagt richtig: Die Verstärkung einer Construction ist ihr schwächster Punkt. Dasselbe ist von den Kopfplatten zu sagen. Bis jetzt noch auf die Nothwendigkeit angewiesen, bei Flammrohrkesseln mit zwei Flammrohren gerade Kopfplatten verwenden zu müssen, steht der Benutzung von gekrempelten beim Siederkessel nichts im Wege, kann also auch hier die nothwendige Nebenconstruction, Verankerung der Kopfplatten, vollständig entbehren.

Beim Flammrohrkessel sind die Kopfplatten zugleich die Verbindungstheile des Flammrohres mit dem Mantel, während beim Siederkessel besondere Verbindungsrohre, Stutzen, erforderlich sind, die freilich sorgfältige und viel Arbeit verursachen und vorzügliches Material erfordern. Dem gegenüber steht aber beim Flammrohrkessel die grosse Schwierigkeit in der Verbindung der Kopfplatte mit dem Mantel durch Krempe oder Winkelring.

So viel über die Herstellung der beiden Kesselsysteme, was also ungünstig für den Flammrohrkessel ist.

Betrachten wir nun die beiden Kesselconstructions, wie sie sich unter Einfluss der Erhitzung, also im Betriebe, verhalten, so ist die Bemerkung vorauszuschicken, dass bis jetzt noch kein Kessel existirt, dessen einzelne Theile gleich stark unter dem Einflusse der Wärme stehen, dass Temperaturdifferenzen in den einzelnen Theilen nothwendig vorhanden sein müssen. Es wird mithin derjenige Kessel als der beste zu bezeichnen sein, bei welchem diese Temperaturdifferenzen am geringsten sind, resp. bei welchem diese Differenzen in Folge der daraufhin gewählten Construction am wenigsten schädlichen Einfluss haben.

Bei Flammrohrkesseln wird die erste, beträchtliche Wärme der Heizgase nur an die Flammrohre abgegeben, während beim Siederkessel ein Theil dieser Wärme vom Mauerwerk aufgenommen wird. Dieser Umstand, der für den Effect des Flammrohrkessels ja von günstigem Einfluss ist, bedingt aber auch, dass die Flammrohre stärker erwärmt werden als die Sieder. Haben die Heizgase die Flammrohre verlassen, so bestreichen sie die für die Wärmeabgabe ungünstigen, sehr dicken Mantelbleche, während beim anderen System der Oberkessel viel dünnere, für die Wärmeabgabe günstigere Bleche hat; es wird somit die Differenz in der Temperatur der Flammrohre und Mantel einerseits grösser sein als die der Sieder und Oberkessel andererseits, folglich auch die Längenausdehnung der Flammrohre gegen den Mantel sich bedeutender erweisen als die der Sieder gegen den Oberkessel. Berücksichtigt man ferner, dass das

Plus der Ausdehnung der Flammrohre gegen den Mantel direct auf die Kopfplatte oder auf die Kremen (wenn solche angewandt) der einzelnen Flammrohrschüsse, das Plus der Ausdehnung der Sieder gegen die Oberkessel aber von den Verbindungsstutzen aufgenommen wird, deren Länge nicht beschränkt ist, so muss zugegeben werden, dass auch in diesem zweiten Punkte die Construction des Flammrohrkessels hinter der des Siederkessels zurückbleibt. Man wirft dem letzteren Systeme vor, dass sich Flugasche oben auf die Sieder lagert, wodurch also eine geringere Erwärmung des oberen Theils derselben gegen den unteren, und folglich ein Werfen der Sieder stattfindet. In den wenigen Fällen, wo ein Durchbiegen constatirt worden ist, war stets eine mangelhafte Unterstützung derselben Schuld daran; der Vorwurf an und für sich ist ja gerechtfertigt, aber noch mehr ist derselbe gerechtfertigt beim Flammrohrkessel, dessen Flammrohre in dem unteren Drittel ihres Umfanges gar nicht von den Heizgasen berührt werden, was ja freilich insofern nicht von Nachtheil sein kann, als die strahlende Wärme, nach den von Siemens in neuester Zeit aufgestellten Behauptungen, zur Wirkung kommen könnte, wenn nicht dies Drittel bald mit Flugasche bedeckt würde, und ferner bei Innenfeuerung die Fläche unter dem Roste sogar direct dem Einflusse der kalten Luft ausgesetzt sei. Beim Siederkessel werden in Folge der physikalischen Eigenschaften der Heizgase sich dieselben oben aufhalten, wo die mit Flugasche belegte Heizfläche der Sieder immer noch stärker erwärmt wird, als das untere Drittel der Flammrohre.

Der dritte für die Sicherheit maassgebende Punkt ist der, dass man mit Recht diejenige Construction vorziehen darf, die so gewählt ist, dass ein Versehen oder eine Nachlässigkeit in der Wartung speciell der Speisung von nur geringen bösen Folgen werden kann. Dieser Punkt wird von Vielen als sehr nebensächlich angesehen, weil ein solches Vergehen oder Versehen nicht vorkommen dürfe. Für die Praxis hat diese philosophische Klügelei absolut keinen Werth, da die Erfahrung lehrt, dass trotz der vielen zur Verfügung stehenden und auch thatsächlich vorhandenen Vorrichtungen solche Nachlässigkeiten leider noch zu häufig zu verzeichnen sind. So lange man noch den verkehrten und schlimmen Ansichten treu bleibt, dass jeder Hofarbeiter, der die Asche wegholt, auch ohne vorherige Anleitung vollständig fähig sei, den Kessel zu bedienen, so lange wird obiger Punkt im praktischen Betriebe eine Hauptrolle spielen. Es bedarf wohl kaum einer weiteren Auseinandersetzung, dass beim Sinken des Wassers von einigen Centimetern unter den niedrigsten Wasserstand im Flammrohrkessel die

Gefahr eines verhängnissvollen Schadhaftwerdens der Flammrohre sehr gross werden kann, während bei Siederkesseln der gleiche Umstand ohne jegliche Folgen bleiben dürfte, da der Wasserstand selbst im Oberkessel ein sehr hoher ist.

Der Siederkessel wird nach einer anderen Seite hin für gefährlich gehalten; man behauptet, dass die in den Siedern entwickelten Dämpfe nur sehr schwer nach dem Oberkessel gelangen können, was schon zu Explosionen geführt haben soll, was übrigens noch nicht nachgewiesen ist. Gegen das erschwerte Aufsteigen und Ansammeln der Dampfblasen in den Siedern haben wir ja schon bei der Besprechung der Siederkessel richtige Mittel angegeben, und mag hier noch bemerkt werden, dass der Wahl von grösserem Durchmesser der Sieder und dessen Verbindungsstutzen nichts im Wege steht, um die ersteren dann auch beim Reinigen und Revidiren bequem befahren zu können.

Es dürfte somit zugegeben werden, dass in den verschiedenen drei Punkten, welche als maassgebend auf die Sicherheit eines Kesselsystems aufgestellt wurden, der Siederkessel über dem Flammrohrkessel steht. Was den letzteren trotzdem zu seiner Blüthe gebracht hat, ist der Standpunkt der heutigen Kesselfabrikanten, welche alle praktischen Schwierigkeiten in der Herstellung überwindet; ist die Vorliebe, deren sich dieses System von Seiten der Kesseltechniker in Verbesserung seiner Construction namentlich zu erfreuen hatte; ist weiter der Effect desselben, welcher aber ebenso sehr überschätzt, wie der des Siederkessels unterschätzt wird. Diese Ansicht bestätigt sich übrigens auch schon aus den Resultaten der mit vieler Sorgfalt, ja peinlicher Genauigkeit angestellten, vergleichenden Verdampfungsversuchen zwischen einem Zweiflammrohr- und einem Dreisiederkessel von der Société industrielle in Mühlhausen im Jahre 1875 *), aus welchen hervorgeht, dass der Siederkessel an Effect dem Flammrohrkessel nicht sehr nachsteht, sondern demselben bei gleicher Menge verdampften Wassers gleichsteht. Mag durch die Innenfeuerung bei dem Flammrohrkessel der Wärmeverlust durch das Mauerwerk auch geringer sein als beim Siederkessel mit seiner Aussenfeuerung, so ist letzterer doch nicht ungünstiger in Bezug auf die Verbrennung der Kohle, und ist man ja auch im Stande, durch die Wahl einer besseren Feuerung, namentlich einer Generatorfeuerung nach dem neuen System des Verfassers, den

*) „Resultate von Verdampfungs- und Heizversuchen“ im Handbuche über vollständige Dampfkesselanlagen von Thielmann, Verlag von C. Scholtze, Leipzig.

Verlust durch Ausstrahlung von Wärme auf ein Minimum zu bringen.

Bedenkt man ferner, dass der Betrieb eines Flammrohrkessels durch Verzinsung und Amortisation des ca. 15% grösseren Anlagecapitals sich entsprechend höher stellt, der Effect desselben mithin, technisch gerechnet, günstiger stehen muss, als der des Siederkessels, um ihn, kaufmännisch gerechnet, gleichzustellen, so wird man zugeben müssen, dass das so äusserst günstig lautende Urtheil über den Vortheil des Zweiflammrohrkessels gegenüber dem Siederkessel nur scheinbar richtig ist.

Mit allem diesen soll und kann nun keineswegs gesagt sein, noch viel weniger behauptet werden, dass es keine Flammrohrkesselanlage gebe, welche nicht noch ökonomischer arbeiten soll als manche Siederkesselanlage; es kommt eo ipso bei beiden auf die richtige Construction der ganzen Kesselanlage an.

Nach dieser Richtung hin wollen wir nunmehr, nachdem wir die Vor- und Nachteile des Flammrohrkessels vergleichend mit dem Siederkessel besprochen haben, zu den constructiven Erläuterungen der verschiedenen Flammrohrkessel übergehen.

Der wichtigste Theil dieses Kessels ist das Flammrohr selbst, und muss dasselbe so construirt sein, dass es eine genügende Widerstandsfähigkeit gegen das Zusammendrücken besitzt. Um dies nun ohne übermässige Dicke der Bleche zu erzielen, wendet man Versteifungsconstruction an, wie in nebenstehenden Figuren 8 und 9 dar-

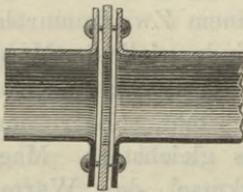


Fig. 8.

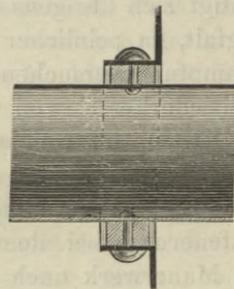


Fig. 9.

gestellt. Die erste zeigt gekrempelte Ränder mit dazwischen liegendem flachen Ringe (Adamson'sche Verbindung), welche an jedem Ende der Blechschiisse angebracht, noch gleichzeitig den Vortheil bieten, dass die Nietköpfe ausserhalb des Bereiches der Feuergase zu liegen kommen, und somit nicht überhitzt werden können, wie es bei der sonst üblichen Nietung, Fig. 9, leicht vorkommen kann,

namentlich beim starken Ansetzen von Kesselstein. Diese in Fig. 8 dargestellte Versteifungsart ist aber sehr schwierig herzustellen und daher kostspielig, und zudem leidet sie sehr in der Krümpe durch die Ausdehnung und das Zusammenziehen des Flammrohres in Folge der Temperaturdifferenzen. In Anbetracht dieser Umstände wählt man meistens die einfachere Versteifungsart mittelst Winkelring, Fig. 9, und derart mit dem Flammrohr durch Kopfschrauben (welche innen etwas vernietet werden) und Hülsen verbunden, dass ein gewisser Spielraum zwischen Flammrohr und Winkelring bleibt, um somit eine Ueberhitzung an diesen Stellen zu vermeiden. Einen kleinen Nachtheil bietet diese Versteifungsconstruction nur insofern, als bei stark ansetzendem Kesselstein der Spielraum zwischen Ring und Flammrohr sich verstopfen kann, so dass da der Kesselstein oft mit scharfen Instrumenten und Hammer weggebracht werden muss; es empfiehlt sich daher, diesen Spielraum reichlich zu bemessen, etwa 40—60 Millimeter. Bei der Reinigung und Revision des Kessels muss ein besonderes Augenmerk auf die Ringe gerichtet werden.

Das Beseitigen des Kesselsteins am Boden dieses Kessels ist wegen des zu geringen Raumes zwischen Flammrohr und Mantel, bei Einflammrohrkesseln so gut wie unmöglich, während der etwa abgelagerte Schlamm durch Abblasen sich entfernen lässt. Es kann daher, wenn solche Kessel mit einer untergelegten Feuerung versehen sind, bei schlechtem Wasser sehr bald ein Durchbrennen eintreten, welche Gefahr man aber einfach dadurch vermindern kann, dass man die Roste in das Flammrohr legt, oder noch besser eine Vorfeuerung vor den Flammrohren anbringt; denn bei Innenfeuerung darf über dem Feuerraum und namentlich am hinteren Ende desselben sich keine Nietnaht befinden, um das Ueberhitzen solcher durch die Stichflamme zu vermeiden. Es muss ferner bei Innenfeuerung das Blech über dem Feuerraum aus allerbesten Qualität hergestellt sein, und ist dasselbe so lang zu wählen, dass es ca. 1 Meter über die Feuerbrücke hinwegragt, um somit die erste Nietnaht der Stichflamme zu entrücken.

Bezüglich der Grösse des Einflammrohrkessels ist zu bemerken, dass dieser nur bis höchstens zu 50 Quadratmeter Heizfläche ausgeführt werden kann und wegen dieser geringen Grösse für grössere Betriebe nicht geeignet ist, da sonst bei mehr anzuwendenden Kesseln die Zahl derselben unnöthig gross und die ganze Anlage dadurch nur vertheuert werden würde. Daher kamen die Engländer auch bald auf die Construction der Zweiflammrohrkessel.

Uebrigens haben wir nun doch seit kurzer Zeit eine derartige neue Kesselconstruction mit nur einem Flammrohre zu verzeichnen, welche ebenso grosse Heizfläche zu bieten im Stande ist, als der grösste gewöhnliche Zweiflammrohrkessel, ohne dabei stärkere Bleche, noch Versteifungsvorrichtungen des Flammrohres zu verwenden. Und dies ist das jetzt soviel in der Praxis epochemachende Wellblechflammrohr, Patent von dem Engländer Fox in Leeds, und in Deutschland von der Firma Gewerkschaft Schulz-Knaut fabricirt, wie in Fig. 10 dargestellt. Denn der Erfinder, wie auch wohl die Fabrikanten mussten doch ebenfalls durch Erfahrung die Ueberzeugung gewonnen haben, dass mit grösserem Flammrohre ein wesentlich besserer Effect zu erzielen sei, als mit kleinerem, selbst bei Anwendung von zwei kleineren Flammrohren zu einem System.

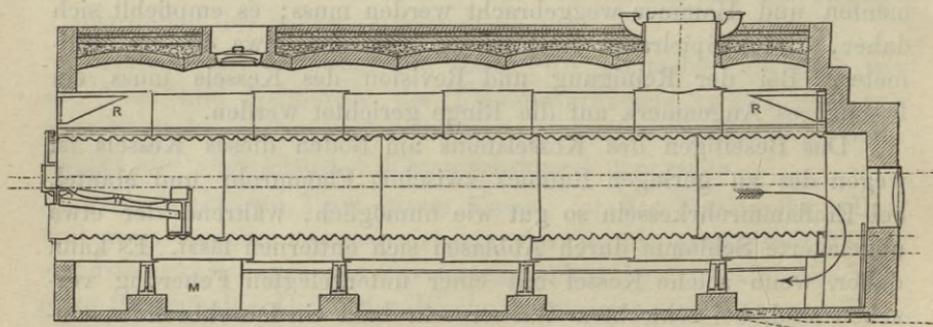


Fig. 10.

Auch hierüber sind nun die Ansichten in Fachkreisen, wie bei allen Sachen, bezüglich des mehr oder weniger besseren Effectes und namentlich über die Widerstandsfähigkeit dieses Wellblechrohres noch sehr getheilt. Inzwischen sind über die Festigkeit desselben sowohl theoretische Untersuchungen (z. B. von Werner und auch von Grashoff*) als auch praktische Versuche angestellt worden. In Leeds wurden unter Aufsicht der englischen Marine ein glattes und ein gewelltes Rohr von gleichen Abmessungen (2235 Millimeter lang, 965 Millimeter Durchmesser und 9,5 Millimeter Blechstärke) äusserem Wasserdruck ausgesetzt. Das glatte Rohr soll schon bei 15,8 Atmosphären Druck zusammengedrückt worden und die Deformation von da ab auch bei geringerem Druck bis zum Zusammenklappen vorwärtsgeschritten sein. Dieses Fortschreiten durch verringerten Druck rührt wohl daher, dass die Druckfläche in der kurzen Achse

*) Wochenschrift d. Ver. Deutsch. Ing. 1884 u. 1885.

der einmal entstandenen Ellipse stets grösser wird, während sich diejenige in der grossen Achse stets verringerte. Das Wellblechrohr dagegen soll erst bei einem Druck von 70,7 Atmosphären nachzugeben begonnen haben, habe aber nur eine geringe Deformation gezeigt, so dass noch ein weiterer Druck von 30,6 Atmosphären zum völligen Zusammendrücken nöthig gewesen sein soll. Das Wellrohr hat also demnach einen $4\frac{1}{2}$ mal grösseren Druck ausgehalten als das glatte und ist erst gestört worden, als das Blech auf seine ganze absolute Festigkeit in Anspruch genommen wurde. Dieses verschiedene Verhalten glatter und gewellter Rohre kann man sich übrigens durch ein handliches Modell handgreiflich anschaulich machen, wenn man sich aus ganz dünnem Weiss- oder Gelbblech einen glatten und einen gewellten Cylinder in der Grösse von ca. 50 Millimeter Durchmesser und ca. 100 Millimeter Länge herstellen lässt.

Die für glatte Rohre nothwendige Verstärkung, wie in Fig. 8 und 9 dargestellt, welche zudem noch keine durchaus genügende Sicherheit bietet, kommt bei Wellblechrohr natürlich in Wegfall.

Was nun den Effect des Wellrohres erhöht, das ist der grosse Verbrennungsraum, in welchem sich die Flamme viel besser entwickeln kann, in Folge dessen auch schon dadurch eine grössere Leistung resp. Verdampfungsfähigkeit erzielt werden kann, und zwar beträgt die Mehrleistung nach den mehrfach angestellten Versuchen, 10—15%.

Noch ist zu bemerken, dass das Ausdehnen und Zusammenziehen in der Längsrichtung der Wellrohre von den Wellen in sich selbst aufgenommen wird, in Folge der Elasticität derselben, somit also diese Bewegungen nicht auf die Kopfwände übertragen werden können, wodurch dieselben, namentlich in den Krepfen, bei Anwendung von glatten Flammrohren bekanntlich sehr zu leiden haben.

Diese Elasticität der Wellen soll noch ferner bewirken, dass der Kesselstein, wenn er eine gewisse Dicke erreicht habe, von selbst abfalle. Inwieweit dieser schöne Gedanke mit der Wirklichkeit übereinstimmt, darüber hat man noch keine genügende Erfahrung und Bestätigung.

Um die immerhin sehr empfindlichen und kostspieligen Winkelanker zu vermeiden, und die Kopfwände dünner und somit wesentlich billiger herstellen zu können, hat die Gewerkschaft Schulz-Knaut seit neuer Zeit gewölbte resp. gekümmelte Kopfwände mit nach innen ausgepresster Kröpfung eingeführt, welche sie in Normalgrössen durch Maschinen und daher sehr billig herstellt.

Um dem Zweiflammrohrkessel auch noch seinen letzten Vorzug, nämlich die bequeme Zugänglichkeit des Inneren, streitig zu machen, hat die genannte Firma bei ihren Normalkesseln das Wellrohr seitlich angeordnet und so auf der einen Seite desselben einen grösseren Zwischenraum zwischen Mantel und Rohr hergestellt, wie in Fig. 11 zu ersehen. Es wird dadurch gleichzeitig eine Wasser-Circulation hervorgerufen; denn wenn bei der Einmauerung der zweite Feuerkanal nach derjenigen Seite gelegt wird, wo das Wellrohr dem Mantel am nächsten gerückt ist, so muss offenbar hier die dünnere Wasserschicht heisser werden, als an der gegenüberliegenden dickeren Wasserschicht, und somit ist die Circulation erreicht. Uebrigens haben wir eine gleiche Circulation in dem Zweiflammrohrkessel, wo dagegen das Wasser zwischen den beiden Flammrohren ganz bedeutend heisser wird, als an den Seiten zwischen Mantel und dem Rohre.

Die Längsnähte der Wellrohre werden geschweisst, da ein Nieten hier nicht möglich, und sind von Seiten der kaiserlichen Admiralität Untersuchungen über die Festigkeit dieser Schweissungen angestellt worden. Es wurden zu diesem Zweck Proben aus den Schweissungen sowohl wie aus dem Bleche selbst herausgehauen und die Wellen im warmen Zustande plattgeschlagen. Beim Zerreißen auf einer Probirmaschine ergab sich für die Schweissung eine Festigkeit von 90% von derjenigen des gesunden Bleches, also mehr als durch die beste Doppelnietung erreicht werden kann. Uebrigens gibt auch schon das Einwalzen der Wellen die Bürgschaft für die Güte der Schweissung sowohl wie des Bleches überhaupt.

Das ganze Flammrohr wird in der Regel nur aus drei Wellblechtrommeln hergestellt, so dass nur zwei Rundnietnähte entstehen können. Dem gegenüber steht der Nachtheil, dass, sobald an irgend einer Stelle des Wellrohres eine Reparatur vorzunehmen ist, jedesmal die betreffende Trommel ganz neu ersetzt werden muss, da eine Reparatur durch Aufnieten von Blechstücken nicht möglich ist, daher also die Reparaturen sehr kostspielig sind. Bei sehr unreinem Wasser würde also Wellrohr nicht zu empfehlen sein.

Einen ferneren kleinen Uebelstand bieten die Wellröhre noch insofern, als das Reinigen des Bodens von Flugasche in Folge der Wellen ein sehr schwieriges ist.

Um auch diesen Uebelstand zu vermindern, hat Fox sich in ganz neuer Zeit auch in Deutschland ein Wellrohr patentiren lassen, bei welchem nur der obere halbe Umfang gewellt wird, und die Schweissung nach unten, also in die glatte Hälfte zu liegen kommt,

so dass die Schweissung dem Auswalzen der Wellen nicht mehr ausgesetzt ist. Die Herstellungsweise, über welche uns noch keine Aufklärung vorliegt, soll sogar eine billigere sein, als die des ganz rundum gewellten.

Endlich dürfte nun hier auch nicht unbemerkt bleiben, dass übrigens eine Construction eines Einflammrohrkessels mit gewelltem Flammrohre schon seit dem Jahre 1853 bekannt ist. Ein französischer Ingenieur, Namens Rémond, erhielt schon in dem genannten Jahre ein Patent auf einen solchen Kessel, bei welchen sogar auch noch der Mantel bis auf den untersten Theil seiner Peripherie, das Flammrohr aber ganz genau wie die heute nach Fox benannten, angeblich von diesem erfundenen Wellrohr, gewellt ist.

Die Construction des Rémond'schen Wellrohrkessels findet sich illustriert auf Seite 119 im *Practical Treatise of Boiler and Boiler-Making* by N. P. Burgh, erschienen in London bei E. u. F. V. Spon, 48 Charing Cross, 1873.

Es muss daher sehr auffallen, dass Fox die Erfindung des Wellrohres beansprucht und solche alte Construction in Deutschland Patentschutz geniessen soll. Jedenfalls ist diese Thatsache beim Patentamt nicht in Erwägung gekommen.

Da man, wie früher schon erwähnt, mit hoher Dampfspannung vortheilhafter zu arbeiten im Stande ist, als bei niedrigerem Druck, und die Wellrohrkessel zu hohem Druck sich auch herstellen lassen, so werden dieselben auch meistens bis 6 Atmosphären Ueberdruck angewandt, wobei sich aber eine Wellblechstärke des Flammrohres von 15 bis 17 Millimeter ergibt, je nach dem Durchmesser des Wellrohres, wodurch aber nun das Wärmeleitungsvermögen keineswegs begünstigt wird, und müssen dann natürlich die übrigen Vortheile dieses Systemes diesen Nachtheil wieder einholen. Andererseits sind nun aber auch die Wellrohrkessel in der Anschaffung wesentlich theurer als Kessel mit zwei glatten Flammrohren; jedoch in dem Falle wohl nicht, wenn die glatten Flammrohre mit Galloy-Rohren (s. S. 43) durchsetzt werden.

Zu der Construction der Einmauerung des Wellrohr- oder Einflammrohrkessels übergehend, finden wir eine solche in Fig. 10 u. 11 dargestellt, welche aber von den sonst üblichen Einmauerungsarten dieser Kessel in einigen Punkten abweicht. Das Flammrohr als ersten Feuerkanal angesehen, werden die beiden übrigen Feuerkanäle in der Weise gebildet, indem mitten unter dem Kessel entlang eine Mauerwand von nur einem halben Stein, also 120 Millimeter stark, gezogen wird, so dass also links, nach welcher

Seite das Wellrohr hingerrückt ist, der II. Feuerkanal und rechts der III. zu liegen kommt. Um ein etwaiges Rosten des Mantels durch die Berührung mit dieser Mittelwand zu vermeiden, vermittelt man den Abschluss dieser Wand mit dem Kesselmantel durch Zwischenlegen von beispielsweise alten Eisenbahnschienen, wie in Fig. 11 angedeutet. Zu dem gleichen Zweck sind auch die Feuerkanäle II und III, welche vorne unter dem Kessel durch die in der Mittelwand gelassene Oeffnung *m* in Verbindung stehen, oben in ihrer Endhöhe durch gusseiserne Platten *kk* abgedeckt, indem sie auf den Mauerabsatz zu liegen kommen und unter sich in der Längsrichtung des Kessels mittels Falz mit einander verbunden werden und somit auch genügend dichten Abschluss zwischen Feuerkanal und dem oberen Raume bilden. Der Kessel selbst steht

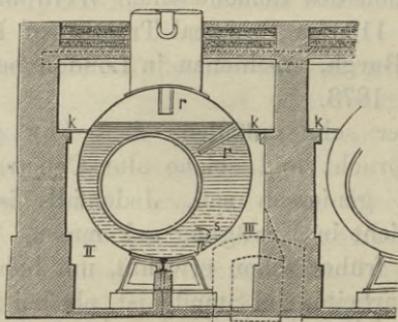


Fig. 11.

also nur an seinen äussersten Enden mit dem Mauerwerk in Berührung, so dass ein Rosten an keiner Stelle des Mantels zu befürchten ist. Ueber dem Kessel befindet sich ein luftdicht überwölbter Raum, wodurch die Abkühlung des Dampfraumes im Kessel verhindert wird. Die Platten *kk* von ca. 20 Millimeter Dicke lassen freilich Wärme aus den Feuerkanälen nach oben durchtreten, welche aber keineswegs verloren ist, sondern begünstigen sogar das Heisshalten des Dampfraumes, welcher Umstand noch den Vortheil bietet, dass dadurch der Dampf im Dampfraum trockner erhalten, wenigstens aber ein Abkühlen dieses Raumes vollständig vermieden wird.

Die innerhalb an einer Seite des Kessels angebrachten Leisten *s* dienen als Stütze beim Reinigen des Kessels.

Eine sehr sinnreiche Einmauerung des Seitenrohrkessels ist im vorigen Jahre von der Gewerkschaft Schulz-Knaut nach deren eigener Construction zum ersten Male zur Ausführung gebracht worden.

Das Neue und Eigenthümliche dieser Einmauerungsconstruction besteht in der Hauptsache darin, dass unmittelbar hinter dem Roste eine ganz in Chamotte ausgeführte Verbrennungskammer *k* errichtet und von hieraus das Wellblechflamrohr mittelst Chamottewänden und Gewölbe in drei Abtheilungen getheilt ist, und zwar

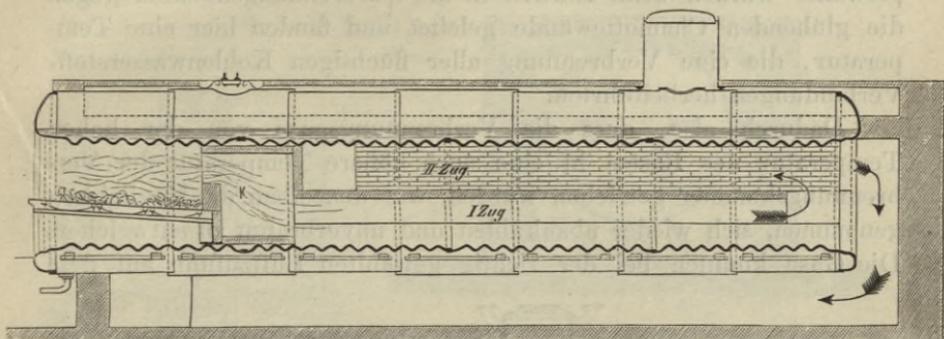


Fig. 12.

derart, dass der erste Zug, das untere Drittel, und die beiden anderen Zugkanäle die oberen zwei Drittel des Wellblechrohres einnehmen, wie in den Figuren 12 u. 13 durch *I* bis *III* angedeutet ist. Die Heizgase durchstreichen in den drei Abtheilungen das Flammrohr, kommen an der einen mit *IV* bezeichneten Kesselseite und Unterwand nach vorn und bestreichen die andere mit *V* bezeichnete Seite, um dann durch den Schornstein zu entweichen.

Durch einen gleichfalls im vorigen Jahre angestellten Versuch mit diesem Kessel von 86 qm Heizfläche wurden überraschend günstige Resultate erzielt.

Der günstige Effect dieser Anlage wird wohl hauptsächlich darauf beruhen, dass die Luftzufuhr sehr günstig gewählt worden

ist, und die Heizgase stets eine genügende hohe Entzündungstemperatur an den glühenden Chamottewandungen in dem Flammrohr finden.

Ferner konnte man, da der Schornsteinzug ein sehr starker war, mit hoher Brennschicht arbeiten. Hohe Brennschicht ist aber, ausser dem hierzu bedingten starken Zug, auch nur dann für den Betrieb günstig, wenn die brennende Schicht locker gehalten und

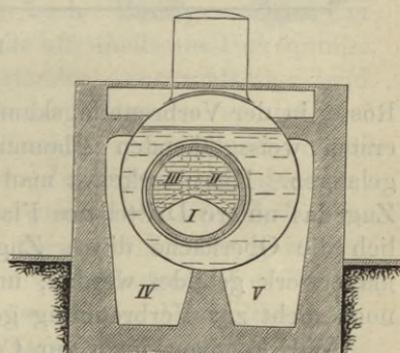


Fig. 13.

sehr häufig, etwa alle 5 Minuten beschickt wird, was bei diesem Versuch auch geschehen war. Dadurch fand eine regelmässige Gasentwicklung statt, und die flüchtigen Gase hatten Zeit genug, sich mit der atmosphärischen Luft zu mischen und zu verbrennen. Die auf dem Roste nicht zur Verbrennung gelangten Destillationsprodukte wurden beim Eintritt in die Verbrennungskammer gegen die glühenden Chamottewände geleitet und fanden hier eine Temperatur, die eine Verbrennung aller flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen herbeiführten.

Dadurch also, dass die Verbrennungsgase von der hohen Temperatur des Rostes in eine noch höhere Temperatur der Verbrennungskammer getrieben wurden, war denselben die Möglichkeit genommen, sich wieder abzukühlen und unverbrannt zu entweichen. Die Gase konnten bei der richtig gewählten Luftzufuhr auf dem

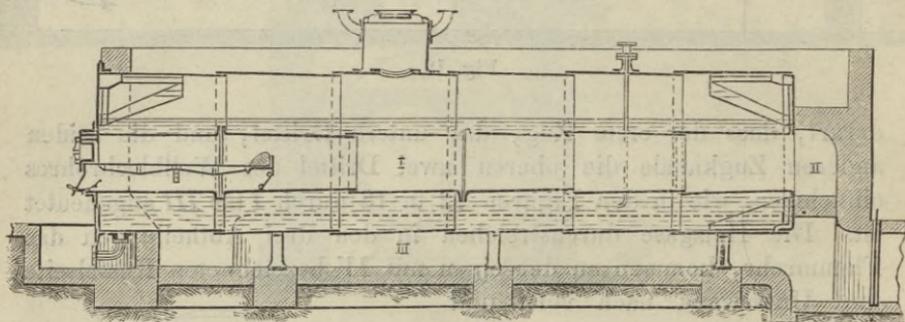


Fig. 14.

Roste, in der Verbrennungskammer*) und event. auch noch in dem ersten weissglühenden Flammrohrzuge sämtlich zur Oxydation gelangen. Hierin erkennt man auch den Grund, weshalb der erste Zug das untere Drittel des Flammrohres einnimmt. Es sollte nämlich die Oberfläche dieses Zuges durch weissglühendes Chamotte-mauerwerk gebildet werden, um etwa in der Verbrennungskammer noch nicht zur Verbrennung gelangte Gase hier zu entzünden.

Wir kommen jetzt zur Construction der Zweiflammrohrkessel, (Fig. 14, 15. und 16). Bei Besprechung dieser, handelt es sich in erster Linie wiederum um die wichtigsten Theile, die Flammrohre, welche ebenfalls derart construirt sein sollen, dass sie ausser einer genügenden Widerstandsfähigkeit auch einen grösstmöglichen Nutz-

*) Verbrennungskammer wird übrigens schon vom Verfasser dieses seit einigen Jahren an seinem eigenen Feuerungssystem mit dem durchschlagendsten Erfolge angewandt.

effect zu liefern im Stande sind, und von allen nach dieser Richtung hin gemachten Ausführungen haben wir nur einige als praktisch bewährte aufzuweisen. Ist die Wahl von zwei einfachen glatten Flammrohren festgestellt, so soll man, wenigstens bei Innenfeuerung, das vordere Drittel oder Viertel der Länge vom Flamm-

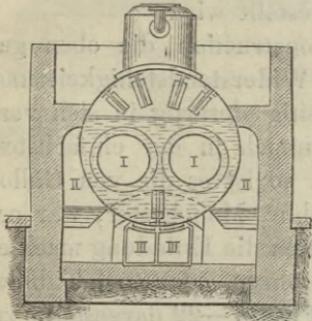


Fig. 15.

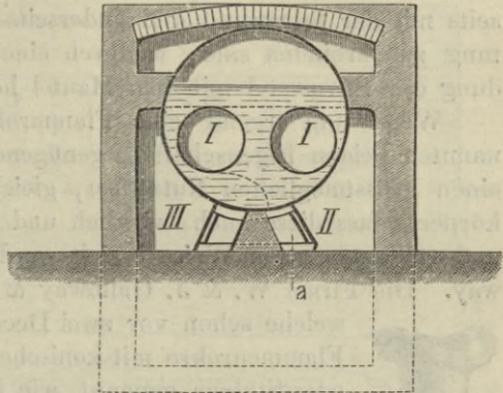


Fig. 16.

rohre möglichst weit herstellen lassen, um somit behufs besserer Flammenentwicklung auf dem Roste einen höheren Feuerraum zu bekommen.

Bei sehr langen Kesseln haben wir noch einen eigenartigen Umstand zu beachten, der noch immer sehr oft, theils aus Unkenntniss, theils aus Unterschätzung dieses Umstandes, vernachlässigt wird. Es ist dies der hydrostatische Auftrieb des Flammrohres, und einen solchen haben wir thatsächlich im Kessel, von dem Augenblick an, wo er mit Wasser gefüllt ist, da das Flammrohr als ein in Wasser eingetauchter hohler Körper anzusehen ist. Und diese Kraft, welche das Flammrohr nach oben drückt, ist gar nicht so gering, in Folge dessen die Endverbindungen der Flammrohre sehr zu leiden haben. Die Grösse dieser Kraft kann man sich sehr bald nach dem betreffenden Satz der Hydraulik ausrechnen. Andererseits findet nun aber auch wieder, in Folge der eigenen Schwere des Flammrohres, ein Durchbiegen desselben statt. Um diese Uebelstände zu vermeiden, bringt man einfach unterhalb am Flammrohre, zwischen diesem und dem Mantel eine Verbindung, resp. Stütze an, welche Anordnung wenigstens bei den grösseren Kesselfabriken wohl bekannt sein dürfte.

An Versteifungsringen, wie in Fig. 8 und 9 dargestellt, wähle man je nach Länge des Kessels 3 bis 4, und stets so zu vertheilen,

dass sie mitten zwischen den Quernietnähten des Flammrohres zu sitzen kommen.

Gegen Ausbiegung der Stirnplatten, hervorgerufen durch die bekannte Ausdehnung der Flammrohre, werden oberhalb der Flammrohre wenigstens zwei recht kräftige Flachanker, und unterhalb derselben zwei kleinere angebracht, welche mittelst Winkeleisen einerseits mit der Stirnwand und anderseits mit dem Mantel durch Nieten zu verbinden sind, wodurch eine sichere und festere Verbindung der Stirnwand mit dem Mantel hergestellt wird.

Wenn nun irgend eine Flammrohrconstruction die oben genannten beiden Eigenschaften, genügende Widerstandsfähigkeit und einen grösstmöglichen Nutzeffect, gleichzeitig derartig in sich verkörpert, dass diese auch wirklich und dennoch in der einfachsten und vollkommensten Weise erzielt werden, so ist es die von Galloway. Die Firma W. & J. Galloway & Söhne, Manchester, war es, welche schon vor zwei Decennien die Erfindung machte, Flammenrohre mit konischen Röhren, oder auch Tubben oder Stutzen genannt, wie in Fig. 17—22 dargestellt, zu durchsetzen. Schon nach den ersten Ausführungen fanden diese Kessel in kurzer Zeit eine ausserordentlich grosse Verbreitung in England, indem nicht nur eine bedeutende Anzahl neuer Kessel dieser Construction gebaut, sondern auch sogar eine Menge älterer Kessel nach derselben umgebaut wurden. Erst nach mehreren

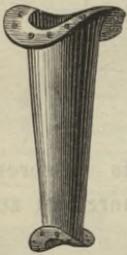


Fig. 17.

Jahren kamen sie, aber dennoch sehr spärlich, auch in Deutschland zur Ausführung, und heute finden wir sie nicht allein im Deutschen Reiche, sondern auch in anderen grösseren industriellen Ländern in einer grossen Zahl in Anwendung. Es liegt in diesem Umstande wohl der sprechendste Beweis von der Vorzüglichkeit dieses Systems, dass sich, worauf es uns hauptsächlich ankommt, durch Ersparnisse an Brennmaterial, wie auch durch grössere Verstärkung des Flammrohres gegen Zusammendrücken auszeichnet. Die letztere geht übrigens ohne weitere Erörterung schon sofort augenscheinlich aus den Figuren hervor.

Der bessere Nutzeffect erklärt sich namentlich dadurch, dass die Querrohre eine äusserst wirksame Heizfläche darbieten, indem dieselben auch die Wärme der inneren Schicht oder des Kerns der Heizgase im Flammrohr aufnehmen, die ja offenbar sonst im Flammrohr unausgenutzt mit aus demselben herausfliegen und in den Seitenkanälen mehr das Mauerwerk als die Kesselwände erwärmen; auch könnte von einer Mischung der Heizgase im Flammrohre durch angebliche Wirbelung in demselben kaum die Rede sein, so

dass also der Verlust der durch die Mitte des Flammrohres strömenden Wärme um so grösser sein würde, je grösser der Kern der Heizgase ist, oder mit anderen Worten, je grösser das Flammrohr ohne Gallowayrohre im Durchmesser ist. Daher ist auch er-

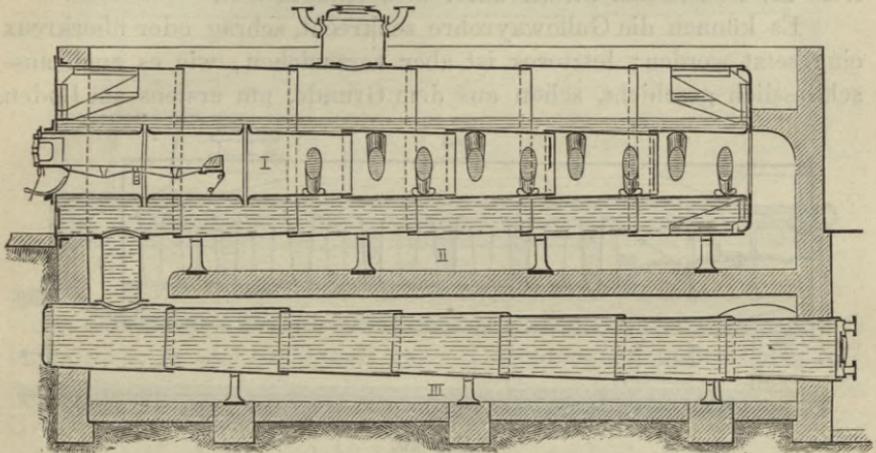


Fig. 18.

klärlich, dass die grossen Wellblechflamrohr keine grösseren Netzeffect zu liefern im Stande sein können, als die Galloway-Flammrohrkessel.

Was den Effect bei dieser Construction wesentlich begünstigt, das ist noch die lebhaftere Circulation, welche durch die Querrohre hervorgerufen wird, so dass diese Rohre stets mit Wasser in Berührung bleiben, die Dampfblasen sich also rapide nach oben begeben, während das Wasser um das Flammrohr läuft, wobei den kesselsteinbildenden Substanzen auch keine Zeit bleibt, sich anzusetzen. Durch den Wasserumlauf werden auch gleichzeitig Temperaturdifferenzen im Flammrohrblech vermieden und ist daher auch eine längere Lebensdauer desselben im Gefolge.

Fig. 18 und 19 zeigen gleichzeitig noch eine seit neuer Zeit von der Firma K. & Th. Möller getroffene Anordnung mit untergelegtem Sieder, in welchem die Speisung, sowie eine Ablagerung

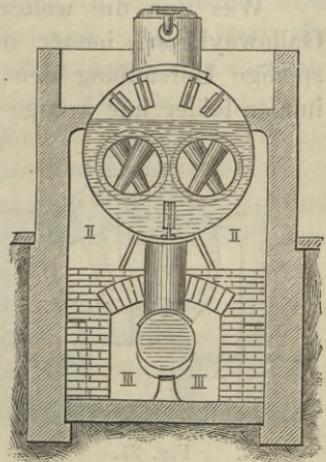


Fig. 19.

des Schlammes in demselben zum grössten Theile erfolgt, welcher hier an dieser Stelle um so weniger von schädlichem Einfluss sein kann, als dieser Sieder im *III.* Zug liegt.

Wesentlich von Vortheil ist hierbei der recht räumliche und freie *II.* Feuerkanal direkt unter dem Hauptkessel.

Es können die Gallowayrohre senkrecht, schräg oder überkreuz eingesetzt werden; letzteres ist aber vorzuziehen, wie es auch ausschliesslich geschieht, schon aus dem Grunde, um erstens am Boden

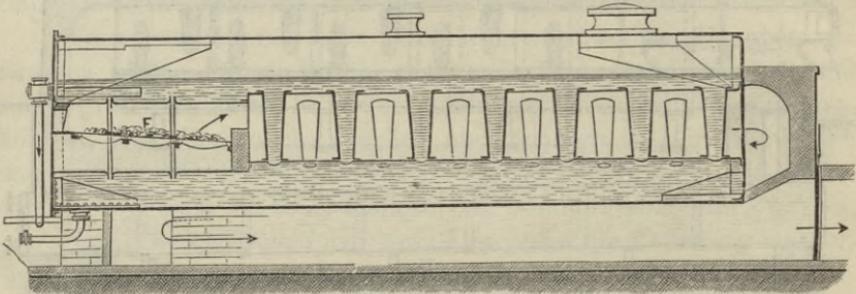


Fig. 20.

des Flammrohres einen freien Raum zur bequemen Entfernung der Flugasche zu haben, und zweitens, damit dieselben nicht gedeckt hintereinander zu stehen kommen, um von den Heizgasen besser getroffen werden zu können. Trotzdem bieten sie aber immerhin noch theilweise Hindernisse beim Herausziehen der Flugasche.

Was nun die weitere oder mehr allgemeinere Einführung der Gallowaykessel immer noch erschwert, das ist die etwas kostspielige Herstellung der Gallowayrohre selbst, worauf sich noch immer leider nur wenige Fabriken gelegt haben.

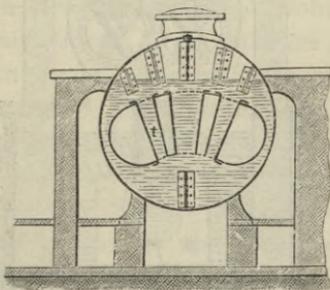


Fig. 21.

Um nun die mit diesen Gallowaykesseln erzielten Vortheile noch möglichst zu vergrössern, baute die Firma Galloway & Söhne bald darauf ein ellipsenförmiges Flammrohr, wie in Fig. 21 u. 22 dargestellt, wodurch die Möglichkeit geboten wurde, noch eine grössere Anzahl Querrohre in einem Kessel unterzubringen, und somit die vom ersten Feuer berührte Heizfläche wesentlich zu vergrössern, was gleich-

zeitig noch den Vortheil gewährt, dass die Länge und der Durchmesser des Kessels dementsprechend geringer werden können, bei ein und derselben Grösse der Heizfläche. Die Form des

ganzen Flammrohres ist nun aber derart, dass, so weit die Roste reichen, zwei getrennte kurze Feuerrohre mit dem Ellipsenrohr durch Nietung verbunden sind, wie in Fig. 20 u. 22 zu ersehen. Die Anwendung dieser getrennten Feuerrohre ist hierbei

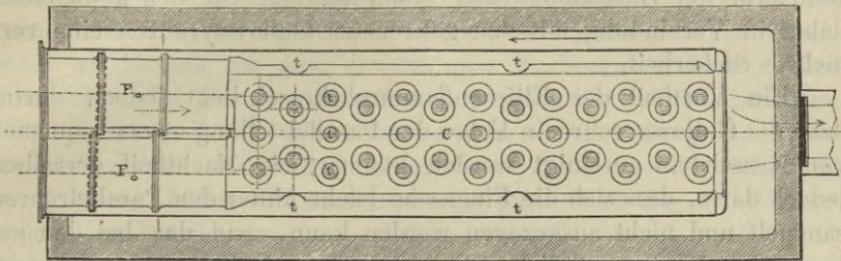


Fig. 22.

ein nothwendiges Erforderniss, weil ein ellipsenförmiges Rohr doch lange nicht so viel Steifigkeit gegen Durchbiegung besitzt, als kreisrunde Rohre, und Versteifungen der Feuerplatten aus bekanntem Grunde zu vermeiden sind; es können auch somit die Feuer abwechselnd beschickt und leichter bedient werden, als wenn sie eine doppelt so grosse Breite hätten.

Um der Flamme noch besonders ihren Weg zwischen den Gallowayrohren hindurch anzuweisen, sind an den Seiten des Ellipsenrohres Taschen t , Fig. 22, angebracht.

Dass ein solches Flammrohr sich noch wesentlich theurer stellt, als zwei solche, wie oben besprochen, ist einzusehen, dass damit aber auch ein noch höherer Nutzeffect sich erzielen lässt, ist jedenfalls nicht zu bestreiten, da auch schon durch die verticale Stellung der Querrohre eine noch lebhaftere Circulation hervorgerufen wird. Es beweisen auch dies schon in Deutschland mehrfach gemachte Nachahmungen dieser Ellipsenflammrohrkessel.

Ferner zeigen die Zweiflammrohrkessel mit Gallowayrohren und der Ellipsenflammrohrkessel noch folgende wesentliche Verschiedenheiten:

Bei gleichem Kesseldurchmesser bietet der Zweiflammrohrkessel einen grösseren Wasserraum und eine grössere Flammrohrheizfläche, jedoch einen kleineren Rohrquerschnitt als der Ellipsenflammrohrkessel, dagegen der letztere eine grössere Zahl von Gallowayrohren und die dadurch vermehrte Heizfläche.

Es wird deshalb der Zweiflammrohr-Gallowaykessel für continuirlichen Betrieb gleichmässigeren und trockneren Dampf als der Ellipsenflammrohrkessel liefern, der letztere dagegen etwas schneller Dampf erzeugen können. Alles unter sonst gleichen Verhältnissen.

Das Ellipsenflammrohr bedingt die Anwendung von Gallowayrohren als nothwendige Versteifung gegen Einbiegen und Zusammendrücken; es ist deshalb die Sicherheit und Dauer des Flammrohres von den Gallowayrohren abhängig. Die cylindrische Rohrform der Zweiflammkessel bietet an und für sich genügende, daher in Verbindung mit den gekreuzten Gallowayrohren eine vermehrte Sicherheit.

Ein Vorthail der Ellipsenflammrohrkessel liegt jedoch darin, dass die Gallowayrohre in Folge der Parallelstellung etwas bequemer von Kesselstein gereinigt werden können, ein Nachtheil derselben jedoch darin, dass sich die Flugasche leicht hinter den Parallelrohren sammelt und nicht ausgezogen werden kann, wie das bei den gekreuzten Rohren möglich ist. Ausserdem können die Ellipsenflammrohrkessel nur für grössere Heizflächen zweckmässig ausgeführt werden.

Gehen wir nun noch zu einer kurzen Besprechung der Einmauerung der Zweiflammrohrkessel über, gleichviel welcher Construction, so ist zunächst zu bemerken, dass hierüber die Ansichten der Fachmänner, namentlich über die Anordnung der Feuerkanäle, noch immer sehr verschieden sind und auch bleiben werden.

In der Regel wird man für eine vortheilhafte Erwärmung der äusseren Kesselflächen, um welche es sich nur bei der Einmauerung handelt, die zweckmässigsten Zugkanäle erhalten, wenn man die Feuergase nur zweimal und nicht dreimal oder sogar mehrere Male an dem Kessel entlang führt, und dabei vor Allem auf die passende Querschnittgrösse achtet. Zu weit können die Feuerkanäle nicht so leicht ausfallen, als zu eng; sind die Querschnitte zu klein, und der Schornstein zu eng und zu niedrig bemessen, also der vorhandenen Rostfläche nicht entsprechend, so fehlt es an dem nöthigen Zug; es entsteht eine unvollkommene Verbrennung und starker Rauch, und die Hitze drängt sich zum Theil nach der Feuerthür hin, wie auch nach unten in den Aschenfall.

Die Heizgase nehmen nach vollständig vollzogener Verbrennung im Durchschnitt nach angestellten Versuchen ein Volumen von ungefähr gleich dem vierfachen Volumen der zugeführten atmosphärischen Luft an. Wählt man nun die Querschnitte der Feuerkanäle, dass sie gleich sind dem Querschnitt der freien Rostfläche, dann ergibt sich für die Verbrennungsgase eine annähernde Geschwindigkeit von $1 \times 4 = 4$ Meter pro Sekunde, wenn mit dem Eintritt der Luft in den Rost mit einer Geschwindigkeit von 1 Meter pro Sekunde die entwickelten Gasmengen schlank ohne Stauung abgeführt werden sollen.

Sind dagegen aber, bei sehr reichlich bemessenen Schornstein-dimensionen, die Zugquerschnitte bedeutend kleiner, so ist sowohl die Geschwindigkeit der Gase in den Zügen, als auch die Temperatur derselben im Fuchskanal eine zu grosse. Diese hohe Temperatur im Fuchskanal kann uns gleichzeitig als ein Beweis für mangelhafte Abgabe der Wärme dienen; sie kann aber auch gleichzeitig als Beweis für eine erzielte gute Verbrennung dienen. Die Temperatur im Fuchskanal soll nicht mehr als 200 bis höchstens 300° C. betragen, da diese Temperatur zur Erzielung einer normalen Zugkraft, bei richtig bemessenem Schornstein, vollständig genügt, und höhere Temperaturen als diese sind nur als Wärmeverluste zu bezeichnen.

Man kann sich von der Temperatur der Gase sehr bequem und zu jeder Zeit eine hinreichende Ueberzeugung auf rein praktischem Wege verschaffen, indem man ein Stückchen Blei und ein solches von Wismuth gleichzeitig an einem Drahte befestigt und dann durch eine im Fuchsgewölbe hergestellte kleine Oeffnung in den Fuchs hineinhängt; es muss bei einer Dauer von einigen Minuten, wenn richtige Temperatur vorhanden ist, Wismuth schmelzen, dagegen das Blei unversehrt bleiben. Oder man bedient sich eines Pyrometers.

Von der Geschwindigkeit der Feuergase in den Zügen und in dem Schornstein kann man sich ebenfalls, wenn auch nur annähernd, jedoch für die Praxis vollständig genügend, sehr leicht in folgender Weise ein Urtheil verschaffen:

Beim Aufwerfen der Kohlen bildet sich bekanntlich in demselben Moment Rauch im Feuerraum, der selbst bei der allerbesten Feuerungsanlage gewöhnlicher Art von hier an mehr oder weniger unverbrannt durch die Feuerkanäle und den Schornstein hindurchgeht. Nun kann man die Zeit von da an, wo frische Kohle aufgeworfen wurde, bis da, wo der hierdurch entstandene Rauch aus der Schornsteinmündung heraustritt, mit Hilfe einer Uhr beobachten und darnach, wenn die gesammte Länge der Heizkanäle und die des Schornsteines bekannt ist, die Geschwindigkeit pro Sekunde berechnen.

Wir sehen also, dass die Ausnutzung der Wärme der Feuergase allein von der Geschwindigkeit der Feuergase abhängig ist, je länger sich dieselben in den Feuerkanälen aufhalten, um so mehr Wärme können sie natürlich durch die Kesselwandung in das Wasser transmittiren; jedoch sind hierbei Grenzen einzuhalten, um die nöthige Kraft des Zuges nicht zu beeinträchtigen. Haben wir z. B. einen Flammrohrkessel von 10 Meter Länge und eine Ge-

schwindigkeit der Feuergase bei demselben von 4,4 Meter pro Sekunde, und dabei eine normale Wärmeabgabe, dann stellt sich die Dauer des Aufenthaltes der Feuergase in den Feuerzügen pro Meter auf

$$\frac{3 \cdot 10}{4,4} \approx 7 \text{ Sekunden.}$$

Denn der ganze Weg der Gase beträgt bis da, wo sie den Kessel verlassen, dreimal die Kessellänge, weil wir drei Feuerkanäle angenommen haben; denn zu den Feuerzügen gehören auch natürlich die in den Kesseln liegenden Flammrohre.

Will man nun bei einem kürzeren Kessel und derselben feuerberührten Fläche die Zeitdauer, als anerkannt günstige, erreichen, dann müssen die Querschnitte der Feuerzüge auch entsprechend grösser gemacht werden.

Hat ein Kessel von 11 Meter Länge und 5 Meter Geschwindigkeit der Feuergase einen durchschnittlichen Zugquerschnitt von 0,6 Quadratmeter, dann würde ein Kessel von grösserem Durchmesser, aber mit derselben Heizfläche und nur 7,8 Meter Länge einen durchschnittlichen Zugquerschnitt erhalten, da die Geschwindigkeiten den Querschnitten umgekehrt proportional sind, von

$$11 : x \approx 7,8 : 0,6$$

$$x \approx 1,1$$

Quadratmeter Querschnitt des erwähnten Feuerkanales.

Betreffs der Anordnung der Feuerkanäle hat man im Allgemeinen für Zweiflammrohrkessel nur drei verschiedene Constructionsarten. Die älteste und noch wohl heute die gebräuchlichste, ist die in Fig. 14 und 15 Seite 40 u. 41 dargestellte. Die Heizgase ziehen, aus den Flammrohren tretend, durch die Seitenkanäle *II*, links und rechts gleichzeitig, nach vorn unter den Kessel in den *III*. Kanal, wo sie gemeinschaftlich hindurch nach dem Schornstein ziehen. Bei dieser Anordnung ist es von Wichtigkeit, namentlich wenn Braunkohlen verfeuert werden, den Seitenkanälen eine Vertiefung zu geben, in welcher sich die Flugasche vorerst in grosser Menge ansammeln kann, bevor sie die Heizfläche zum Theil in diesen Kanälen durch Anhäufen bedecken kann.

Eine noch wenig angewandte Anordnung der Feuerkanäle bei Zweiflammrohrkesseln zeigt Fig. 16. Hier sind nur zwei unter dem Kessel entlang gelegt. Beim Austritt der Heizgase aus den beiden Flammrohren ziehen sie gleich gemeinschaftlich erst durch den *II*, rechts, dann durch den *III*, links liegenden direkt nach dem Schornstein, ganz in derselben Weise wie bei Fig. 11.

Da hierbei die untere Hälfte des Mantels weniger mit Mauer-

werk in Berührung steht, sowie diese Kanäle ganz beliebig vertieft werden können, so ist diese Einmauerung der in Fig. 15 dargestellten entschieden vorzuziehen.

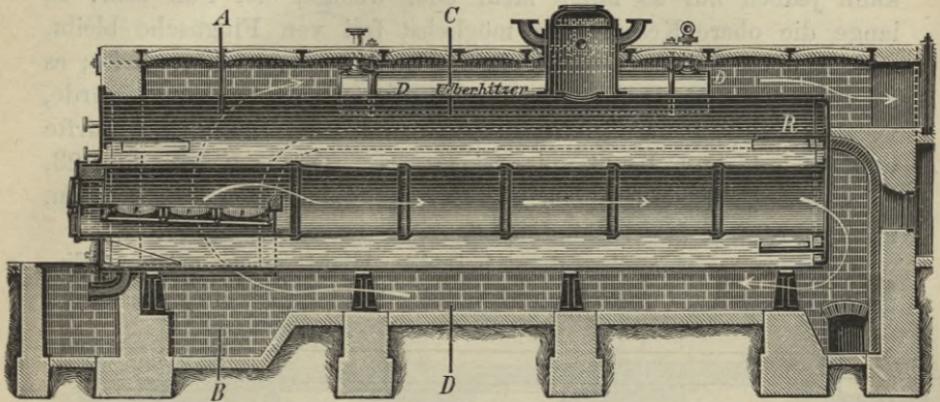


Fig. 23.

Ein noch viel weniger angewandtes als das eben beschriebene Einmauerungssystem zeigen die Fig. 23—25. Hierbei ist die ganze wasserberührte Mantelheizfläche in einem einzigen Feuerkanal untergebracht, so dass diese vom Mauerwerk ganz und gar isolirt liegt.

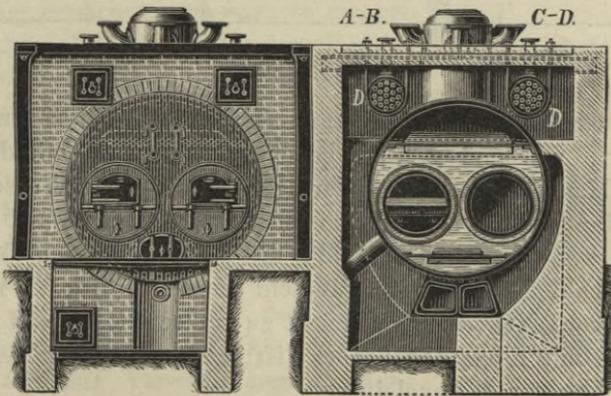


Fig. 24.

Fig. 25.

Die Heizgase, aus den Flammrohren tretend, bestreichen zuerst die ganze untere Hälfte des Kessels, von wo aus sie alsdann über den Dampfraum des Kessels, um diesen zu erhitzen, nach dem Schornstein geführt werden, wie die Pfeile in Fig. 23 andeuten.

In dieser Einmauerungsart ist wohl nur der eine Vortheil zu erblicken, dass die Berührung des Kessels mit dem Mauerwerk auf

ein Minimum gebracht ist. Jedenfalls hat man bei der Erhitzung des Dampfraumes auch wohl noch den Zweck im Auge gehabt, dadurch den Dampf im Dampfraume trockner zu erhalten. Dies kann jedoch nur so lange mehr oder weniger der Fall sein, so lange die obere Kesselfläche möglichst frei von Flugasche bleibt, andernfalls mehr das Gewölbe als der Dampfraum geheizt würde; es sei denn, dass ein Brennmaterial, gute Steinkohle, verwandt würde, welches nur ganz wenig Flugasche zurückliesse. Braunkohle dürfte wohl in keinem Falle hierzu geeignet sein. Dieser Kessel, Fig. 23, zeigt uns gleichzeitig noch Flammrohre nach Patent Prégardien, mit verkröpften Nietverbindungen.

Ferner muss auch schon bei der Wahl eines solchen Einmauerungssystems nach Fig. 23—25 der Kesselfabrikant noch darauf

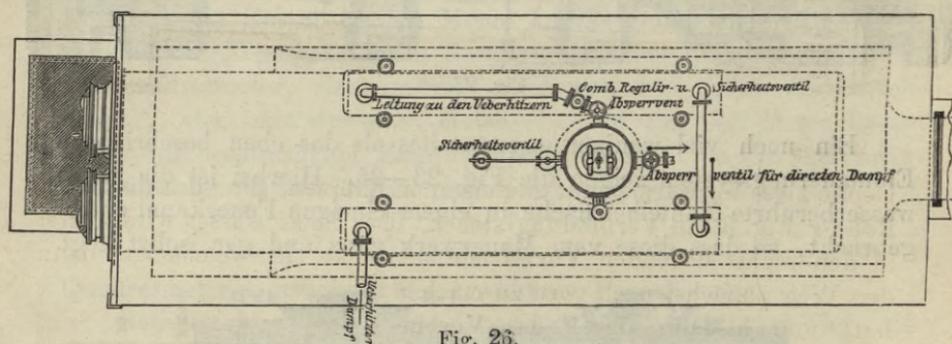


Fig. 23.

Rücksicht nehmen, dass die Verankerungen *R* nicht so angebracht sein dürfen, wie in Fig. 15 angegeben; also nicht mit der Oberfläche des Mantels, sondern in der Höhe des tiefsten Wasserstandes mit dem Mantel zu verbinden, wie in Fig. 23 und 25 bei *R* zu sehen, da sonst im ersteren Falle die Nietung an dem Mantel zu heiss und bald schadhaf und undicht werden würde. Freilich ist dies dann wohl nicht mehr so leicht zu befürchten, sobald die obere Kesselfläche mit Flugasche bedeckt ist; denn diese ist bekanntlich ein sehr schlechter Wärmeleiter.

Eine bessere Ausnutzung der Wärme der Heizgase im dritten Feuerzuge über dem Dampfraum wird jedenfalls erzielt werden durch die Anwendung von Dampfüberhitzern *D*, Fig. 23 und 25, bestehend aus einem Cylinder mit Röhrenbündel, durch welche gleichzeitig die Heizgase hindurchziehen, wie solche seit neuerer Zeit von der Firma J. Prégardien ausgeführt werden. Die Verbindung derselben mit dem Kessel einerseits und der Dampfmaschine etc. andererseits, ist in Fig. 26 zu sehen. Oder auch nicht minder

besser lassen sich die Heizgase durch die Construction von Sulzer, Fig. 27 — 30 ausnutzen. Ueber dem Kessel, ebenfalls zu beiden Seiten des Dampfdomes hängen an den Eisenträgern der gewölbten

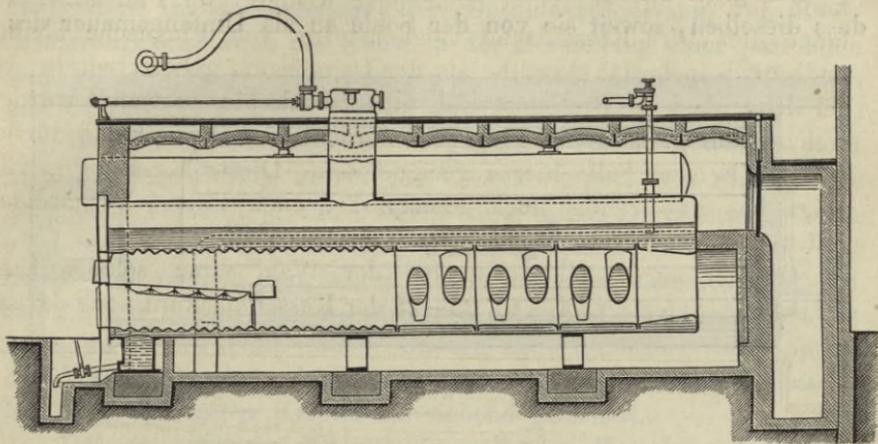


Fig. 27.

Decke zwei Vorwärmer mit gusseisernen Kröpfen, die vorn durch ein Rohr *r* Fig. 30 in Verbindung stehen. Das Speisewasser wird zuerst in den rechts liegenden Vorwärmer gedrückt, in welchem es dann den Weg zunächst nach vorn zu machen hat, und alsdann durch das Verbindungsrohr *r* in den links liegenden Vorwärmer geführt, aus welchem es, nachdem es den Weg nach dem hinteren Ende zurückgelegt hat, durch das Fallrohr, Fig. 27, nach dem Prinzip des Hebbers, in den Kessel fließt, und zwar mit Siedetemperatur. Die Rohre *r* und *o* sind gebogen, um die Spannung in denselben zu vermeiden. Die Vorwärmer können jedoch nicht mit zur Verdampfungsheizfläche des Kessels selbst gerechnet werden.

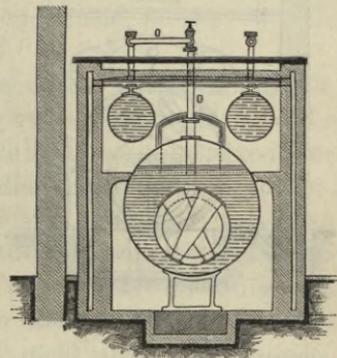


Fig. 28.

Das Flammrohr besitzt eine recht praktisch durchdachte combinirte Construction; indem die vordere Hälfte aus Wellblech nach Fox hergestellt, die hintere Hälfte mit Gallowayröhren durchsetzt ist. Durch die Combination ist die Möglichkeit erreicht, ein sehr weites Flammrohr mit genügender Verstärkung, selbst über dem Feuerherd, herzustellen. Dies ist auch der eigentliche Hauptvorteil der ganzen Kesselconstruction.

Die an den Seitenwänden gebildeten Luftisolirschichten tragen nicht wenig dazu bei, die Ausstrahlung der Wärme nach aussen zu vermeiden.

Bezüglich der Mauerstärken selbst ist es im Allgemeinen üblich, dass dieselben, soweit sie von der Sohle an als Umfangsmauer des

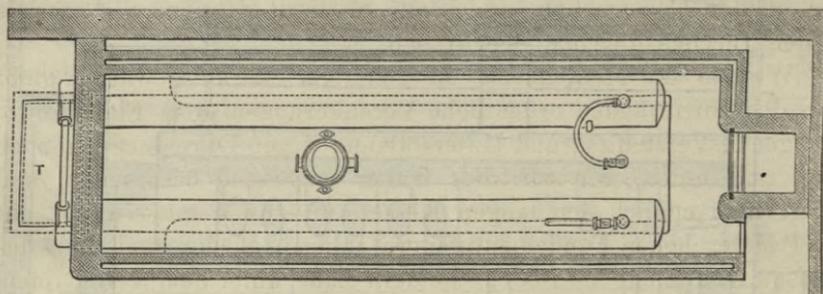


Fig. 29.

Kessels dienen, rundum 380 Millimeter, also $1\frac{1}{2}$ Ziegelsteine, stark ausgeführt werden.

Was man nun endlich noch beim Projektiren einer Kesselanlage in allen Fällen zu allererst berücksichtigen soll, das ist die Länge des Kessels, d. h. ob es richtiger ist, einen verhältnissmässig langen Kessel zu wählen oder nicht? Denn diese Frage wird noch oft, sowohl in Fachkreisen, als auch von Laien aufgeworfen.

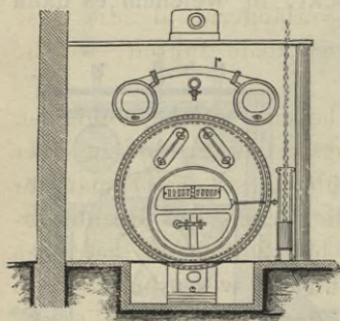


Fig. 30.

Es kann übrigens über den Werth der grösseren Länge eines Kessels kaum ein Zweifel aufkommen, wenn man sich von dem thörichten Gedanken loszumachen versteht, dass die Sicherheit des Kessels durch die Verlängerung gefährdet werde.

Trotz der gefürchteten Verschiedenheit der Temperaturen an verschiedenen Stellen im Innern bei ein und demselben Kessel kommen die Undichtigkeiten und Reparaturen nicht mehr und nicht weniger bei kurzen als bei langen Kesseln vor.

Es scheint dies einerseits zu zeigen, dass (gleich gute Arbeit vorausgesetzt) wenn Undichtigkeiten vorkommen, diese meistens Folgen unrichtiger Behandlungen sind, unter denen der kurze sowohl als der längere Kessel gleichartig zu leiden hat, dass, wenn

Feuerplatten durchbrennen, sich durchbeulen oder Kantenrisse entstehen, diese gar keine Beziehung zur Länge des Kessels haben, und anderseits zu beweisen, dass mit der in der That merkbar steigenden Inanspruchnahme der Dampfentwicklung der Zweiflammrohrkessel auch die Kunst in der Herstellung einer passenden und soliden Construction und eines elastisch dehnbaren Materials zu den Blechen gleichen Schritt hält.

Werden die Mantelbleche in gehöriger Stärke gewählt, giebt man den Stirnwänden ordentliche Verankerungen, dem Flammrohre genügende Versteifung und Unterstützung gegen Durchbiegung nach oben und unten, wie wir dies früher eingehend besprochen, und lagert man endlich den langen Kessel auf etwa 4 gusseiserne, auf ca. 1 Meter hohen Fundamentpfeilern ruhende Böcke, und führt das Speisewasser nicht am Boden, sondern nahe unter dem verdampfenden Wasserspiegel in den Kessel ein, so ist der Betrieb eines 12 bis 13 Meter langen Kessels hinreichend gesichert.

Der ökonomische Vorzug eines langen Kessels gegen einen kurzen ist aber auch nicht unerheblich. Der werthvollste Theil der Heizfläche ist derjenige der Flammrohre. Dieser Theil wird proportional der Verlängerung vermehrt und hat eine bessere Ausnutzung der Feuergase zur Folge. Man wird also zur besseren Ausnutzung der Heizgase lieber die Kessel verlängern, als die Gase mit einer hohen Temperatur in die Seitenkanäle führen, wo sie nur das Mauerwerk am meisten erhitzen.

Rechnet man die Grösse der Heizfläche aus, welche nöthig ist, um die Gase von einer bestimmten Anfangstemperatur bis zu einer gewissen niedrigen Endtemperatur abzukühlen, so erhält man für die Praxis viel zu kleine Kessel, weil die Praxis mit Recht verlangt, dass ein Kessel eine gewisse Zeit (6 bis 12 Wochen) betrieben werden kann, ohne seine Verdampfungsfähigkeit wesentlich zu verringern. Die Heizflächen werden von Tag zu Tag inwendig von Kesselstein und Schlamm, auswendig von Russ und Flugasche bedeckt, und deshalb muss man die Kessel nicht allein oft reinigen, sondern auch so gross machen, dass die Niederschläge eine gewisse, nicht zu schädliche Dicke nicht überschreiten.

Gleich gutes Speisewasser vorausgesetzt kann der lange Kessel eine entsprechend grössere Betriebsperiode von einer Reinigung zur anderen und doch dieselbe Ausnutzung der Feuergase gewähren.

Der lange Kessel hat einen grösseren Wasserinhalt, einen grösseren Dampfraum und eine grössere Oberfläche des verdampfenden Wassers. Da fast eine jede Feuerungsanlage von einer Beschickung zur anderen in Perioden arbeitet, nämlich kurz nach

einer jeden frischen Beschickung die höchste Menge Wärme producirt, welche bis zum Abbrennen der Kohle sich bis zum geringsten Maasse vermindert, so ist es nothwendig, zu Zeiten überschüssige resp. eine aufgespeicherte Wärme im Kessel zu haben, um sie zu anderen Zeiten wieder abgeben zu können. Dies geschieht, wie früher schon nachgewiesen, vor Allem im grossen Wasserraum. Je unregelmässiger die Dampfentnahme und je unbeständiger die Heizung, desto wichtiger ist es, Kessel von grossem Inhalte zu haben.

Ebenfalls von Wichtigkeit ist die Grösse des verdampfenden Wasserspiegels im Verhältniss zur Heizfläche, zur Erzielung eines trockenen Dampfes, d. h. die möglichste Verhinderung des Ueberreissens von Wassertheilchen mit dem Dampfe.

Schon vor einigen Jahren wurde vom Magdeburger Verein für Dampfkesselbetrieb ein vergleichsweiser Verdampfungsversuch mit

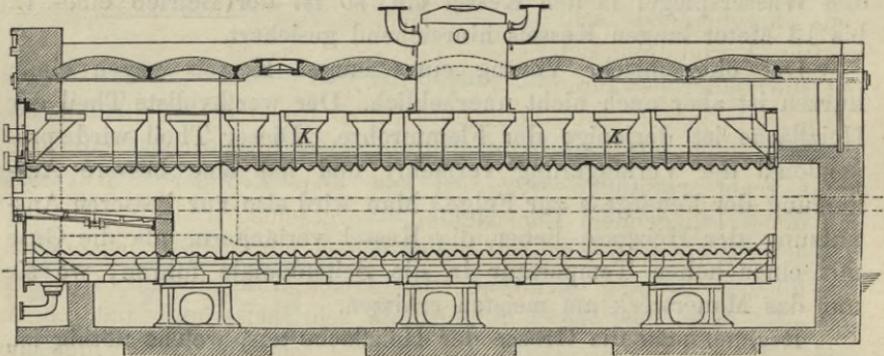


Fig. 31.

einem Kessel von 9 Meter und mit einem nach gleicher Construction von 12 Meter Länge vorgenommen, wobei sich herausstellte, dass mit dem langen Kessel ein 10 % höherer Nutzeffect erzielt worden war.

Das Bestreben nach dieser Richtung hin, also für grösseren und wechselnden Betrieb, Kessel mit grösserem Inhalt, behufs grösserer Verdampfungsfähigkeit, zu haben, führte auf mehrfache Neu-Constructions, von welchen wir einige solche, die sich bereits gut bewährt haben, in Erwägung ziehen wollen.

Eine dieser Neu-Constructions, welche den obigen Anforderungen bezüglich der Leistung wenigstens entsprechen dürfte, ist das Patent Främbs, Fig. 31 u. 32. Wie wir früher schon erwähnten, wird die Wandstärke bei grossem Durchmesser und hoher Dampfspannung eine so bedeutende, dass der Gewinn an Heizfläche zur Gewichtsvermehrung in ein äusserst ungünstiges Verhältniss tritt,

während die Heizfläche selbst verschlechtert wird. Dieses System, Fig. 31 u. 32, bei welchem das Neue nur in einer anderen Form des Mantels besteht, indem derselbe durch zwei sich schneidende Cylinder oval gebildet ist, gestattet nun bei mässiger Wandstärke einen grösseren Umfang des Mantels als die gewöhnlichen Zweiflammrohrkessel, ohne dabei im Geringsten die anerkannten Vorzüge desselben einzubüssen.

Wie aus der Fig. 31 u. 32 zu ersehen, sind die Schnittlinien des Mantels mit senkrechten Ankern *K* miteinander verbunden. Wie diese, übrigens anscheinend sehr kräftige Verbindung sich auf die Dauer bewähren

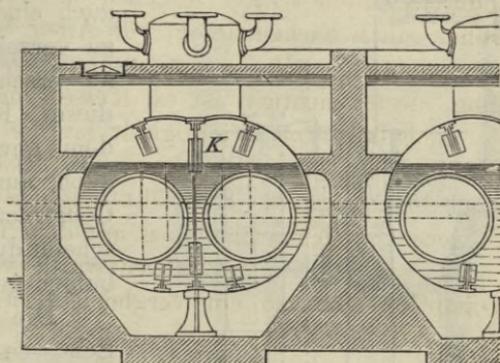


Fig. 32.

wird, muss jedoch erst eine längere Praxis bestätigen. Jedenfalls erscheint uns die Führung des dritten Zuges über den Dampfraum nicht recht rathsam, wie dies von dem Erfinder, wenigstens in der vorliegenden Construction, vorgeschlagen ist, weil dadurch, wie wir früher schon bei dem Kessel mit Oberzug bemerkten, die hier nothwendig anzuwendenden vielen Ankernietungen in der ganzen Länge der oberen Schnittlinie sehr heiss und dadurch zu leiden haben werden, falls dieselben nicht schon bald mit Flugasche bedeckt werden. Dieselben vielen Vernietungen an der unteren Schnittlinie dürften wohl nicht minder in Leidenschaft gezogen werden, sobald Schlamm und Kesselstein am Boden des Mantels sich ansammelt, indem dann diese Stellen, da sie der zweiten Zughitze ausgesetzt sind, überhitzt werden würden. Auch dieser Uebelstand liesse sich durch vorheriges Reinigen des Speisewassers vermeiden.

Dagegen wird dies System aber folgende Vortheile bieten: Anwendung von zwei weiten Flammrohren, insbesondere Wellblechrohren, und somit die guten Eigenschaften des gewöhnlichen Zweiflammrohrkessels mit denen des Schulz-Knaut'schen Seitenrohrkessels zu vereinigen möglich, wobei dann natürlich gleichzeitig die an dem einen oder anderen haftenden weniger guten Eigenschaften mit in den Kauf genommen werden müssen; Unterbringung grösserer Heizfläche als bei runden Zweiflammrohrkesseln, bei verhältnissmässig geringer Blechstärke des Mantels, und endlich lässt sich da-

bei die erforderliche Heizfläche, da wo mehrere Kessel vereinigt werden müssen, auf eine geringere Anzahl Kessel vertheilen, daher die Bedienung einfacher.

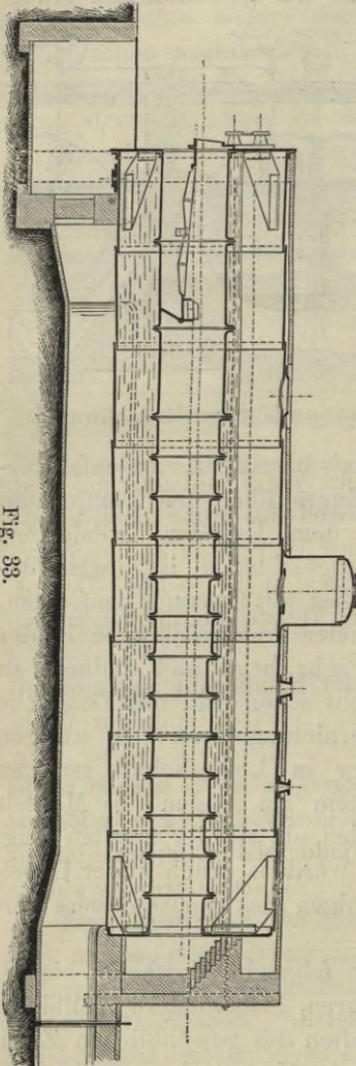
Während wir es oben mit einer Kesselconstruction mit Patentmantel zu thun hatten, haben wir nun auch eine solche mit Patentflammrohr zu verzeichnen, wie in Fig. 33 u. 34 zu ersehen. Es unterscheidet sich dieses Flammrohrkesselsystem von dem gewöhnlichen Flammrohrkessel auch nur durch die eigenthümliche Construction des Flammrohres, und scheint dem Wellrohrkessel als Nebenbuhler gegenübergestellt zu sein.

Die Flammrohre, aus mehreren Schüssen nach der Adamson'schen Verbindung vernietet, bestehen aus dem vorderen glatten Ende, welches bis ca. 1,25 Meter hinter der Feuerbrücke von gleichem Durchmesser ist; an dieses reihen sich die kurzen Schüsse von je 0,5 Meter Länge, deren Durchmesser um 50 Millimeter differiren, und die je nach Bedürfniss eine Verengung oder Erweiterung derart herstellen, dass die Schüsse unten in einer Flucht zu liegen kommen, während sie oben sichelförmige Stirnflächen, die Verbreiterung der Börtelung, dem Gasstrom entgegenstellen.

Diese Anordnung soll den Zweck haben, die Heizgase während ihres Durchganges durch die Flammrohre in stark wirbelnde Bewegung zu versetzen und so die Gase möglichst durcheinander zu mischen und allen

Gastheilchen Gelegenheit zu geben, sich an den Flammrohrwandungen abzukühlen.

Während bei glatten Flammrohren zunächst nur die äussere Schicht der Heizgase an den Heizflächen sich hinzieht, wo sie bald nur noch mit geringer Temperaturdifferenz Wärme abzugeben ver-



mag, die mehr von der Rohrwand entfernt strömenden Gastheile aber, weil keine Wirbelung stattfindet, im Flammrohr gar keine Wärme durch Berührung abgeben, kommen bei dem Paucksch'schen Patentrohre auch die anfänglich im mittleren Theile des Rohrquerschnittes strömenden Gasmengen nach aussen zur Berührung mit den Rohrwänden, indem sie durch die Durcheinanderwirbelung an die Stelle der schon abgekühlten treten. Infolge dieser Einwirkung aller heissen Gastheilchen auf das Flammrohr ist anzunehmen, dass dasselbe mehr Wärme transmittirt als ein glattes Rohr von gleicher Fläche, und es wird dabei jedenfalls die Wärmetransmission mit mehr gleichbleibender Temperaturdifferenz zwischen den Gasen und dem Kesselinneren stattfinden können.

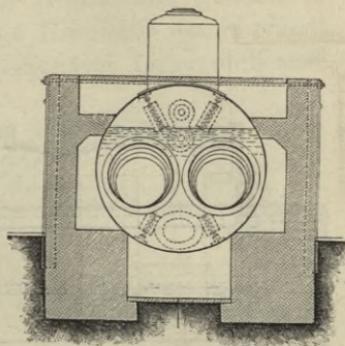


Fig. 34.

Ausserdem wird diese gleichmässige Wärmeabgabe auf eine ruhigere Dampfentwicklung hinwirken, weil das Rohr doch ziemlich auf der ganzen Länge gleichmässige Wärme aufnimmt, und bei einer gleichmässigeren Verdampfung aber auch trockner Dampf erzielt wird, als bei einer mehr auf einzelne Heizflächentheile concentrirten Verdampfung.

Die wirbelnde Bewegung der Gase im Flammrohr muss offenbar auch dementsprechend auf die weitere Verbrennung der noch unverbrannten Gase von Einfluss sein. Da die Gase hinter der Feuerbrücke sehr hohe Temperatur besitzen, aber sicherlich noch nicht völlig gemischt sind, so muss durch die Wirbelung eine Nachverbrennung herbeigeführt werden, was jedenfalls in einem glatten Rohre wohl nicht in einem solchen erheblichen Maasse stattfinden kann.

Dass dem Rohre durch die grosse Zahl der Krepfenbiegungen eine Längselasticität gegeben werden soll, ist zwar nicht zu bestreiten, aber wie die Compensationsarbeit mit der Zeit auf die schon bei der Arbeit in der Kesselschmiede gelittenen Krepfen einwirken und diese in Anspruch nehmen wird, das muss erst eine längere Dauer des Betriebes zeigen.

Endlich finden wir noch seit neuerer Zeit einen Flammrohrkessel mit drei Flammrohren in der Praxis in Anwendung, Patent Weinlig. In den Fig. 35—38 ist dies eigenthümliche, übrigens sehr einfache System dargestellt. Die drei Flammrohre *I*, *II* u. *III* von verschiedener Weite sind derart mit ihrem Inneren durch die Rauchkammern

k und k_1 in Verbindung gebracht, dass somit eine Einmauerung zur Bildung der sonst üblichen äusseren Feuerkanäle ganz in Wegfall

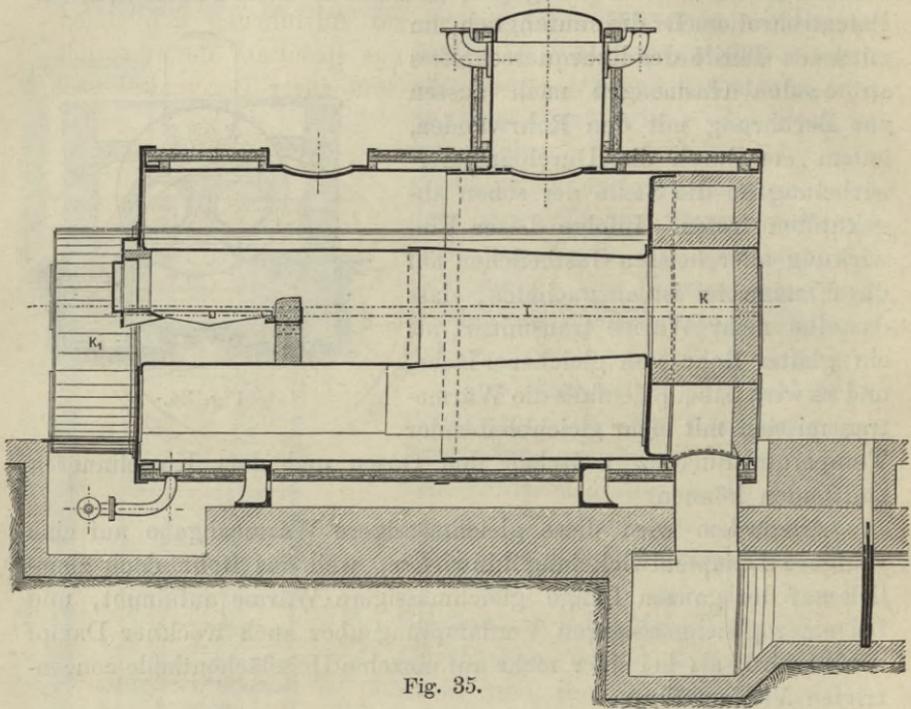


Fig. 35.

kommt. Die Heizgase ziehen von dem Feuerherd f aus durch I nach hinten, kehren durch II zurück und gelangen durch III in den Schornstein, ohne den Mantel zu berühren.

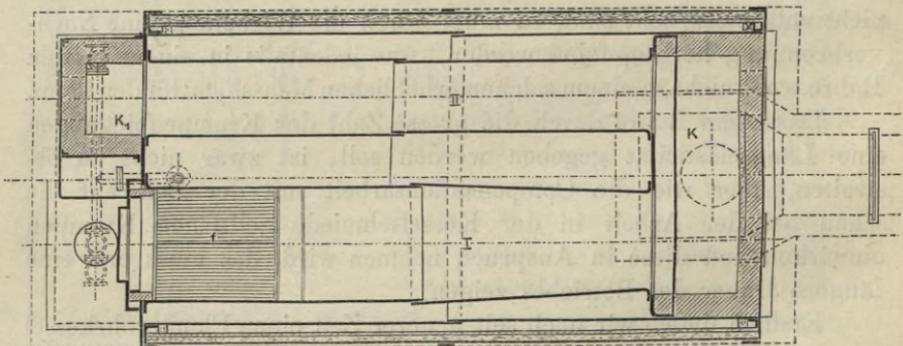


Fig. 36.

Auch können die drei Flammrohre durch Stützen miteinander verbunden und so in den Mantel eingebaut werden, dass sie ein

zusammenhängendes Ganze bilden, um als solches herausgezogen werden zu können, in welchem Falle auch noch die gemauerten Rauchkammern k und k_1 überflüssig gemacht werden. In beiden Anordnungen ist dies Dreiflammrohrsystem zur Ausführung gekommen, und sind auch bereits schon sehr günstige Resultate damit erzielt. Aufgestellt wird dieser Kessel, wie ein stationärer Locomobilkessel,

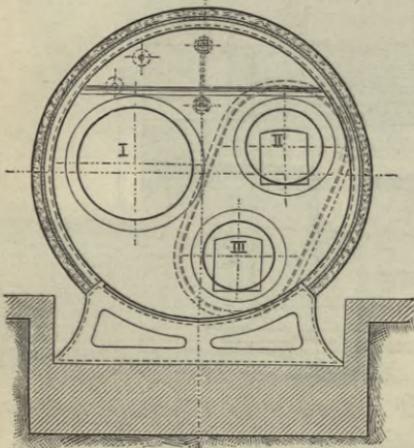


Fig. 37.

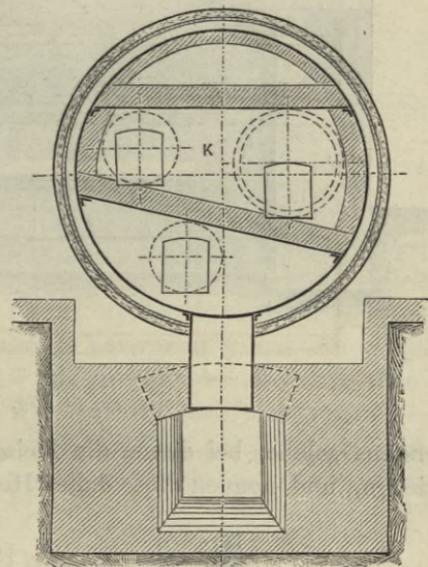


Fig. 38.

auf 2—3 Tragfüßen, wie aus den Fig. zu ersehen ist. Um die Wärmeausstrahlung möglichst zu verhindern, wird der Mantel mit Holz und schlechtem Wärmeleiter umhüllt; ausserdem kann er noch mit einem lackirten Blechmantel versehen werden.

Bis jetzt ist dies System jedoch nur in kleineren Dimensionen zur Ausführung gekommen; für sehr grosse Dimensionen wird es jedenfalls nicht geeignet sein, wenigstens nicht mit Innenfeuerung, da die Roste derselben ganz ungewöhnlich lang ausfallen und daher schwer zu bedienen sein würden.

Sämmtliche bis jetzt besprochene Kesselsysteme bezeichnet man auch mit dem Namen Grosswasserraumkessel, weil der Rauminhalt derselben im Verhältniss zur wasserberührten Heizfläche ein sehr grosser ist, im Gegensatze zu solchen Kesselsystemen, bei welchen der Rauminhalt im Verhältniss zur wasserberührten Heizfläche ein sehr kleiner ist, und welche daher auch Kleinwasserraumkessel genannt werden; mit diesen letzteren wollen wir uns nunmehr beschäftigen.

Alle Kleinwasserraumkessel sind engröhrige Dampfkessel; wir unterscheiden zwei Gruppen von engröhrigen Kesseln, und zwar:

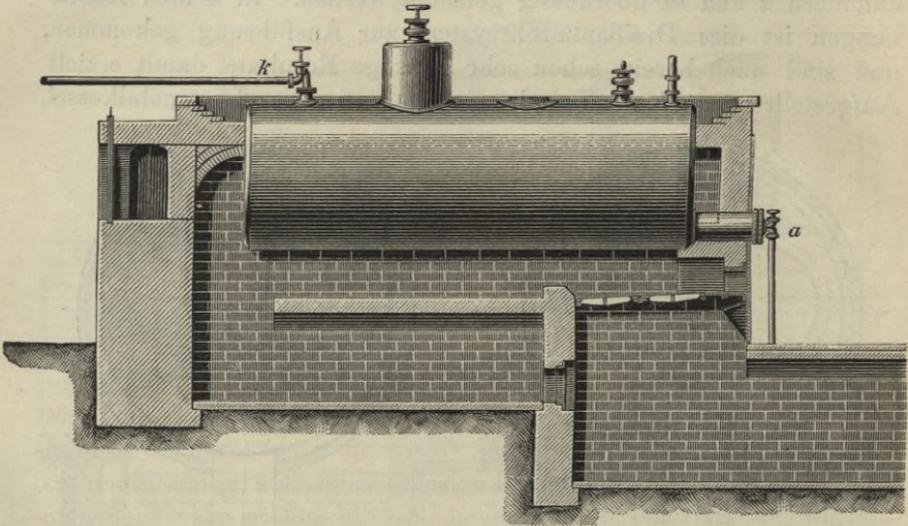


Fig. 39.

erstens solche, bei denen die Heizgase durch die Röhren hindurchziehen, und nennen diese daher Heiz- oder auch Rauch-Röhrenkessel, und zweitens solche, bei denen die Röhren mit dem zu verdampfenden Wasser gefüllt sind, also die Heizgase um dieselben geführt werden. Wir beginnen zunächst mit den

Heiz- oder Rauchröhrenkesselsystemen.

Das erste dieser Art und auch bis jetzt noch einzig und allein in seiner Art gebliebene stationäre Rauchröhrenkesselsystem ist der einfache Walzenkessel mit durchgezogenen engen Röhren. Wir geben dasselbe, wie es schon vor einigen Decennien von Paucksch eingeführt und heute noch vielfach angewandt wird, in den Fig. 39—41 getreu wieder.

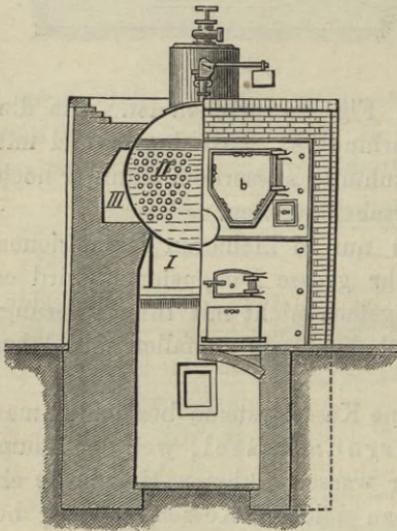


Fig. 40.

Wie aus den Abbildungen schon zu ersehen ist, besteht der eigentliche Kessel aus einem Blechmantel, welcher mit ca. 55 Milli-

meter weiten schmiedeeisernen geschweiften Röhren in der Längsrichtung zum Theil durchgezogen ist. Diese Röhren tragen an ihren Enden konische Verstärkungen, Fig. 42, deren Konicität ca. 1 Milli-

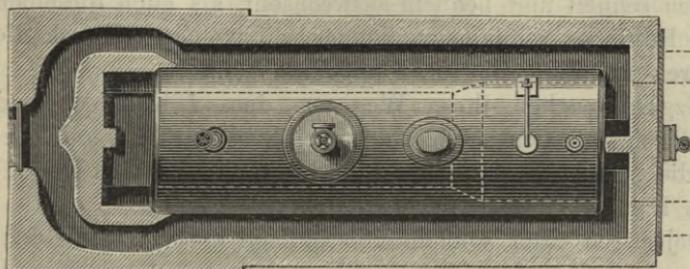


Fig. 41.

meter beträgt, mittelst welcher sie in den Kesselstirnwänden eingedichtet werden. Diese Art Röhren wurden von Paucksch zuerst angewandt und daher auch dieser Kessel oft Paucksch'scher Röhrenkessel genannt. Die hintere konische Verstärkung hat einen ca. 2 Millimeter geringeren Durchmesser als die andere, also auch dementsprechend die betr. Löcher in den Stirnwänden sehr genau gebohrt sein müssen, um so von der vorderen Seite, also vom Heizerstande aus, die Röhren einziehen resp. auswechseln zu können. Das Auswechseln der Röhren kommt, je nach den verschiedenen ob-

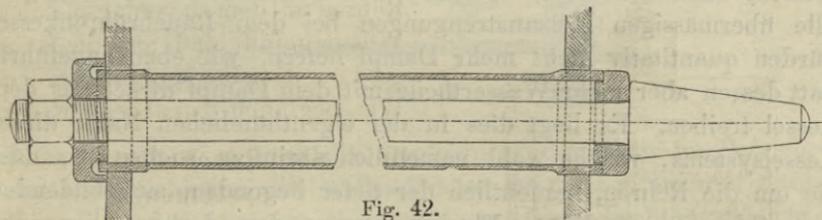


Fig. 42.

waltenden Umständen, bald früher, bald später, bald mehr oder weniger vor, und müssen daher mit dem Kessel eine Anzahl Reserveröhre gleich mitgeliefert werden, deren Konicitäten aber ganz genau mit denen der Löcher in den Stirnwänden passen müssen, wovon man sich schon beim Montiren des Kessels überzeugen soll, um sich vor etwaigen langen Betriebsstörungen zu sichern.

Das Einziehen der Röhren wird mittelst der in Fig. 42 dargestellten Vorrichtung bewerkstelligt.

Die Röhren sind in eine links und rechts liegende Abtheilung eingezogen, zwischen welchen sich an der tiefsten Stelle des Kessels der Reinigungsstutzen mit dem Ablassventil *a* befindet. Die Spei-

sung erfolgt durch das Rohr *k*, welches ziemlich bis auf den Boden des Kessels verlängert ist.

Die Feuerung wird ausschliesslich unter dem Kessel angebracht, um die Röhren schnell und bequem auszuwechseln, als auch dieselben während des Betriebes reinigen zu können, zu welchem Zweck die verschliessbaren Reinigungsthüren *b* angebracht sind.

Die Heizgase machen ihren Weg aus dem *I* Kanal tretend durch die Röhren (als den *II* Kanal angesehen) zurück, und alsdann durch die beiden Seitenkanäle *III* oder auch über den Dampfraum, wie in Fig. 31 u. 32, nach dem Schornstein hin.

Beim Projectiren einer solchen Kesselanlage muss darauf Rücksicht genommen werden, dass zwischen Kesselstirnwand und Kesselhauswand so viel Raum bleibt, um auch die Röhren reinigen und namentlich aber auch diese auszuwechseln zu können.

Wegen seines geringen Wasserinhaltes im Verhältniss zur Heizfläche ist dieses Kesselsystem für sehr wechselnde Betriebe nicht recht geeignet, da durch mehrfache Verdampfungsversuche festgestellt ist, dass es in der quantitativen Leistung allen übrigen Kesselsystemen sehr nachsteht, indem man es, wenn es ökonomisch arbeiten soll, nur so weit anstrengen darf, dass pro Quadratmeter Heizfläche und Stunde höchstens 10 Kilo Wasser zur Verdampfung kommen, während alle übrigen Systeme bequem das Doppelte liefern können, ohne dabei den ökonomischen Betrieb zu beeinträchtigen. Alle übermässigen Heizanstrengungen bei dem Rauchröhrenkessel würden quantitativ nicht mehr Dampf liefern, wie eben angeführt; statt dessen aber mehr Wassertheile mit dem Dampf direct aus dem Kessel treiben. Es liegt dies in der eigenthümlichen Natur dieses Kesselsystems, welche wohl namentlich darin zu suchen ist, dass die um die Röhren, namentlich der tiefer liegenden, sich bildenden Dampfblasen von diesen Flächen wegen der darüber liegenden Röhren und der zu geringen Wasseroberfläche nicht in dem Maasse nach dem Dampfraum entweichen können, als sie entstehen, und somit eine schlechtwärmeleitende Schicht um die Röhren bilden, welche sich endlich dann mit der Gewalt nach oben freimacht, und in dieser gewaltsamen Kraft und Geschwindigkeit aus dem Kessel tretend, Wassertheile mitreisst, und zwar noch um so mehr, wenn die Heizgase eine sehr hohe Hitze besitzen wie bei Steinkohlen.

Wird die obige maximale quantitative Leistung nicht überschritten, so arbeitet dieser Kessel qualitativ bei gleichmässigem Betriebe sehr ökonomisch, d. h. mit 1 Kilo Brennmaterial verdampft er dann ganz bequem ebensoviel Wasser als jedes andere gute System; namentlich wird es vorzüglich arbeiten bei Verwendung von geeignetem

Brennmaterial, z. B. erdige Braunkohle. Man erhält unter diesen Umständen grosse Mengen Heizgase von niedriger Temperatur, welche wenig Russ absetzen und denen die Wärme durch die verhältnissmässig sehr grosse Heizfläche aufs Beste entzogen wird.

Steinkohlen würden am vortheilhaftesten als trockener Gries in ganz dünner Beschickung, oder mit Sägemehl vermengt, verwendbar sein.

Bei genügend reinem Wasser und häufiger Reinigung der Röhren wird der Nutzeffect dann ein ganz guter sein. Das Reinigen der Röhren von seinem Kesselstein ist übrigens eine sehr schwierige und stellenweise unmögliche Arbeit.

Ferner ist die Länge dieser Kessel eine sehr beschränkte; sie darf nur 4—4,5, allerhöchstens 5 Meter sein; denn je länger die

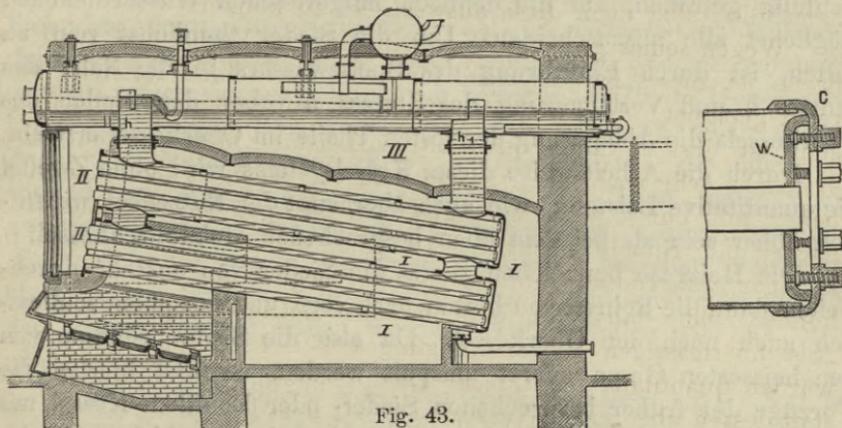


Fig. 43.

Röhren, um so grösser die Ausdehnung derselben im Betriebe in der Längsrichtung, die schliesslich so weit gehen könnte, dass die Konuse in der vorderen Stirnwand von ihren Dichtungsflächen abgeschoben werden könnten.

Um die oben genannten Uebelstände des Rauchröhrenkessels, namentlich das erschwerende Aufsteigen der Dampfblasen nach dem Dampfraum und Mitreissen von Wassertheilen mit dem Dampfe aus dem Kessel möglichst zu vermeiden, construirte J. L. Piedboeuf den in Fig. 43 dargestellten Rauchröhrenkessel. Derselbe besteht aus zwei oder mehr geneigten, unter einander liegenden Kesseln (Sieder), welche je ein ausziehbares Heizröhrenbündel enthalten und mittelst der Stützen h und h_1 mit einem wagerechten Oberkessel verbunden werden. Während die vordere Rohrwand in gewöhnlicher Weise mit Flansche aufgeschraubt ist, wird die hintere nach aussen umgekrempte Rohrwand w mit einem angedrehten Ring in eine ent-

sprechende Nute des an den Kessel angenieteten Bodenkranzes gepresst. Durch diese Kesselconstruction wird ein lebhafter Wassercirculation in dem ganzen System erzielt, indem das Wasser in den Stutzen h steigt und in h_1 wieder in die Sieder fällt, und somit die sämtlichen Dämpfe mit dem aufsteigenden Wasser in dem Maasse, wie sie sich entwickeln, ohne Aufenthalt und Hemmung in den Dampfraum des Oberkessels befördert. Je stärker die Circulation, um so weniger wird das Wasser in dem Oberkessel aufwallen, da ein schnelleres Fliessen resp. horizontale Strömung des Wassers im Oberkessel die Wallungen in sich aufnimmt, folglich wird um so weniger Gelegenheit geboten sein, dass Wassertheile von dem Dampfe aus dem Kessel mit fortgerissen werden; ausserdem ist an der Stelle auf dem Oberkessel, wo der Dampf entnommen wird, eine Vorrichtung getroffen, um die dennoch mitgerissenen Wassertheilchen möglichst alle auszuschneiden. Um die Sieder thunlichst rein zu halten, ist durch Einführung des Speisewassers in die Nähe des Stutzes h und Verlängerung des Stutzes h_1 über dem Boden des Oberkessels die Ablagerung der festen Theile im Oberkessel erstrebt.

Durch die Arbeitsweise dieses Kesselsystems wird ohne Zweifel die quantitative Leistung, wie auch überhaupt der Nutzeffect wesentlich höher sein als bei dem oben besprochenen Heizröhrenkessel.

Die Heizgase bestreichen zuerst die Sieder von aussen, durchziehen dann die Röhren von hinten nach vorn und umspülen schliesslich auch noch den Oberkessel. Da also die Sieder rundum von den heissesten Gasen zuerst umspült werden, so sind hierbei die Vorzüge der früher besprochenen Sieder- oder Bouilleur-Kessel mit den Vorzügen des Rauchröhrenkessels in sehr geschickter Weise mit einander verbunden, so dass hiermit die Nachteile des letzteren gern mit in den Kauf genommen werden können. Nur die Schrauben mit ihren Ueberwurfmutter an der hinteren Rohrwand werden sehr heiss werden und dann die Dichtung lockern, wenn nicht gar in kurzer Zeit bei Steinkohlenfeuerung verbrennen.

Da wir nun weiter keine Rauchröhrenkesselsysteme, die für uns von Interesse oder Wichtigkeit sein können, aufzuweisen haben, so kommen wir jetzt zu der etwas mehr ausgedehnten Gruppe der

Wasserröhrenkessel.

Diese Art Kessel haben also ebenfalls, wie bereits erwähnt, im Verhältniss zu ihrer Heizfläche einen sehr kleinen Wasserinhalt, weshalb man sie auch Kleinwasserraumkessel nennt. Je grösser der Wasserraum im Verhältniss zur Heizfläche, um so grösser auch die Wärmeeinspeicherung im Kessel, um so mehr kann auch bei plötz-

lich grösserer Dampfentnahme, wie dies bei Dampfkochheizungen in grossem Massstabe der Fall ist, von der aufgespeicherten Wärme in Form von Dampf frei werden, in welchen Momenten gewissermassen eine natürliche Verdampfung eintritt, die der künstlich, also durch Wärmezuführung, erzeugten Dampfentwicklung zu Hülfe kommt und somit die Druckdifferenz mehr oder weniger ausgleicht. Je weniger nun diese Druckdifferenz ausgeglichen wird, um so mehr fällt der Dampfdruck, und die Folge ist auch in diesem Falle das Mitreissen von Wassertheilchen. Daher sind die Wasserröhrenkessel für Kochzwecke nicht recht geeignet. Dagegen bewähren sie sich aber für Dampfmaschinenbetrieb, namentlich bei solchem mit geringen Füllungen, wie Condensations- und Compound-Maschinen ganz ausgezeichnet, weil sie eben zu hohem Druck, 8—10 Atmosphären hergestellt werden, und bieten trotzdem noch eine weit grössere Sicherheit gegen Explosionsgefahren als die Grosswasserraumkessel; daher dürfen erstere auch unter bewohnten Räumen aufgestellt werden, sofern sie aus Röhren von weniger als 10 cm Durchmesser hergestellt sind. Wir finden sie auch schon in einer grossen Zahl und Verschiedenartigkeit in Anwendung, die aber alle speciell zu beschreiben, hier erstens der Raum mangelt und zweitens insofern unnütze Mühe verursachen würde, als unter diesen sich nur einige Stamm-Constructionen befinden, welche wir als praktisch brauchbar bezeichnen können und auch eine entschiedenen grosse Zukunft haben werden. Diese wollen wir nun etwas näher beleuchten.

Viele Constructionen von Wasserröhrenkesseln sind schon fast ganz verschwunden, da sie eben den Anforderungen, die man an sie stellte, nicht genügten; sie unterlagen im Streite mit den Grosswasserraumkesseln, weil sie sich diesen gegenüber nicht als vortheilhaft erwiesen. Die Vorzüge der damaligen Wasserröhrenkessel, hauptsächlich bestehend in der Sicherheit gegen Explosionsgefahr, wurden fast ganz aufgehoben durch die vielen Reparaturen, denen sie unterworfen waren, und durch die damit verbundenen grossen Kosten.

Die Construction war eben eine mangelhafte. Die Dampfentwicklung geschah in einer Weise, die ein schnelles Zerstoren der Rohre und der Dichtungen bedingte. Die Kessel waren nur für eine bestimmte geringe Leistung eingerichtet, die, wenn sie überstiegen wurde, die Ausserbetriebsetzung derselben herbeiführte. Es fehlte diesen Kesseln an der nöthigen Dampf- und Wasserreserve, um einem Betriebe mit veränderlicher Dampfentnahme zu genügen, sie rissen eine Menge Wasser über, wodurch häufig Reparatur der Betriebsmaschine herbeigeführt und diese einer raschen Abnutzung unterworfen wurde. Kurz, es ist nicht zu verwundern,

dass man die damaligen Wasserröhrenkessel mit immer misstrauischen Augen ansah und man schliesslich nichts davon wissen wollte. So wurden sie in mehreren Ländern, Amerika und England besonders, darum eine Zeitlang vollständig durch Grosswasserraumkessel verdrängt.

Erst in neuerer Zeit, d. h. in den letzten 10 bis 15 Jahren, traten Wasserröhrenkessel wiederum in den Vordergrund, und finden wir sogar die alten Constructionen mit mehr oder weniger Verbesserung, wie Alban, Sinclair, Belleville, Root und Howard, wieder. Letztere sind allerdings in der Construction nicht mehr völlig dieselben; man hat wohl eingesehen, dass ein grösserer Dampf- und Wasserraum für einen wechselnden Betrieb absolut für sie erforderlich ist; andererseits ist man auch durch die Erfolge, die man mit dem einen oder anderen System erzielte, dazu veranlasst worden, z. B. den Original-Rootkessel mit einem Oberkessel zu versehen, wodurch derselbe zwar brauchbarer für die Praxis geworden ist, im Uebrigen aber dennoch die oben erwähnten Fehler- und Uebelstände behalten hat, da es nicht möglich ist, die Construction rationell umzugestalten, ohne das ganze Princip dieses Kessels zu verlassen, d. h. die Arbeitsweise total zu verändern.

Es ist nachgerade ein Bedürfniss geworden, Angesichts der vielen Unglücksfälle, die andauernd, trotz der grössten Vorsichtsmassregeln und Gründung von Dampfkesselvereinen, in der schrecklichsten Weise auftreten, die grossen Ballaste von Cylinderkesseln, unter welchen ohne Zweifel die so viel verbreiteten Flammrohrkessel die gefährlichsten sind, wo nur eben möglich durch eine Construction zu ersetzen, die eine grössere Sicherheit für das Leben der Arbeiter bietet. Diese Gefahr, die jede Kesselanlage, welche aus Grosswasserraumkesseln besteht, bietet, kann nicht vermindert werden, selbst nicht durch die grössten Vorsichtsmassregeln und Tausende von Kesselrevisoren in einem Lande. Abgesehen davon, dass viele Explosionen dieser Kessel noch gar nicht vollständig aufgeklärt worden sind, hängt die Sicherheit doch nur von der Achtsamkeit eines oder auch einiger Menschen ab, und wie wenig diesen zu trauen ist, ersehen wir gerade bei Anlagen von Dampfkesseln fast täglich. Ausserdem hat sich das Bedürfniss herausgestellt, mit höherer Dampfspannung zu arbeiten, weil sich dies, wie oben schon bemerkt, bei Dampfmaschinenbetrieb als sehr vorthellhaft erweist, und unsere neuen vorzüglichen Dampfmaschinen sämmtlich für einen höheren Druck construirt werden. Wenn nun heute Flammrohr- und Siederkessel für einen Ueberdruck von sechs und mehr Atmosphären gebaut werden, so ist dies, wie früher schon erwähnt, höchst unrathsam. Abgesehen davon, dass diese Kessel sehr explosionsgefährlich

und theuer sind, ist auch der Betrieb derselben ein kostspieliger, weil die Wärme durch die dicken Blechwandungen, welche der hohe Druck bedingt, nicht vortheilhaft ausgenutzt wird und der Kohlenverbrauch daher ein übermässig grosser ist.

Alles dies hat augenscheinlich unsere heutigen Ingenieure veranlasst, sich damit zu beschäftigen, Kesselsysteme zu construiren, welche die oben erwähnten Uebelstände nicht besitzen und den Anforderungen, die man an eine gesunde vortheilhafte Kesselconstruction stellen muss, genügen. Es sind nun auch in neuerer Zeit vielfach neue Wasserröhrenkesselconstructions aufgetaucht, ohne dass man daran gedacht oder gewusst zu haben scheint, dass man aus früherer Zeit doch noch ein sehr praktisches Wasserröhrenkesselsystem aufzuweisen hatte. Man hat trotzdem neue zweifelhafte Constructions in den Vordergrund geschoben und angepriesen, die eine complicirter als die andere, die nicht nur den alten Original-Systemen gegenüber keine Vorzüge aufzuweisen haben, sondern diesen noch bedeutend nachstehen. Die Folge davon war, dass diejenigen, die das Unglück hatten, einen solchen Kessel zu besitzen, überhaupt gegen Wasserröhrenkessel eingenommen waren und dadurch der Einführung der wirklich guten Wasserröhrenkessel Schwierigkeiten in den Weg gelegt wurden. Nach mehrfachen, zum Theil mit Glück ausgeführten Constructions und mit Benutzung der einschlagenden Litteratur, in welcher schliesslich noch, wie oben erwähnt, ein sehr praktisches nachahmenswerthes System entdeckt wurde (von den Nachahmern aber erst nicht genannt wurde), kam man zu der Ueberzeugung, dass allein ein Circulations-Wasserröhrenkesselsystem Anspruch auf Leistungsfähigkeit machen könne, dass dieses allein im Stande sei, den an eine gute Dampfkesselanlage, speciell für Dampfmaschinenbetrieb, zu machenden Ansprüchen zu genügen, und dass Kessel dieser Art in der That, wie jetzt bereits jahrelange Betriebe mit diesen ergeben haben, sich ausgezeichnet bewähren.

Es ist nun die Beantwortung der Frage — was ist nun ein Circulationsröhrenkessel —, für manche vielleicht nicht ganz leicht. Das Grundprincip einer gesunden lebhaften Wassercirculation besteht einzig und allein darin, dass man dem in den Röhren erzeugten Dampf Gelegenheit giebt, sofort nach dem Dampfraum oder Dampfsammler entweichen zu können, ohne erst lange und vielfach gewundene und enge Wege passiren zu müssen, wie es bei dem Sinclair-, Belleville-, Root- und Howard-Kessel der Fall ist, um das zum Ersatz des gebildeten Dampfes erforderliche Wasser eben so schnell den Röhren und gleichfalls ohne Hindernissen zu begegnen, zuzuführen. Und dennoch finden wir heute in der Praxis die mehr oder weniger grossen Modificationen der Original-, Belleville- und

Root-Kessel stark vertreten, die in ihren engen Kappenverbindungen fast absichtlich dem entweichenden Dampf Hindernisse in den Weg legen und eine Circulation des Wassers vermindern, wodurch das häufige Undichtwerden der Röhrenverbindungen und das Durchbrennen derselben bei etwas forcirtem Betriebe seine Erklärung findet.

Andere Constructeure greifen auf das alte Field'sche System (S. 112) zurück, mit der einzigen Abänderung, dass sie die Field'schen Rohre schräg legen und dieselben in einer Wasserkammer vereinigen. Es weisen die Kessel zwar Vortheile auf vor dem Original-Fieldkessel, aber von rationeller Circulation kann keine Rede sein. Die Folge davon ist, dass sich die Field'schen Rohre an ihren geschlossenen Enden mit Schlamm und Kesselstein zusetzen, jede Wasserbewegung, welche den Schlamm und die kesselsteinbildenden Substanzen nur angeblich mit aus den Röhren nehmen soll, in denselben daher aufhört und diese durchbrennen.

Ein wirklicher Circulationsröhrenkessel besteht nun im Allgemeinen aus zwei Wasserkammern, in welchen ein System oder Bündel schrägliegender Rohre communiciren, und diese Wasserkammern sind wiederum mit einem Oberkessel derart verbunden, dass die vordere, höher gelegene Kammer mit dem Vordertheil und die hintere tiefer liegende Kammer mit dem hinteren Ende des Oberkessels verbunden ist. Durch die schräge Lage der Rohre wird einerseits das Entweichen des Dampfes nach dem Oberkessel noch beschleunigt und andererseits das rasche Nachströmen des Wassers in die hinteren Enden der Rohre durch die dichtere resp. schwerere Wassersäule im Vergleich zu der mit Dampf gemischten aufsteigenden Wassersäule in den vorderen Theil des Kessels befördert.

Ein solches Wasserröhrenkesselsystem mit allen diesen Eigenschaften finden wir nur allein verkörpert in einer seiner letzten Constructionen von Dr. Alban aus Plau (Mecklenburg). Derselbe hat schon in den Jahren zwischen 1820 und 1825 in London eine Hochdruckmaschine aufgestellt, welche mit dem dazu von ihm construirten eigenthümlichen Kessel mit einer Dampfspannung von 20 Atmosphären arbeitete.

Die Schwierigkeit aber, welche der sehr hohe Dampfdruck verursacht, veranlasste ihn, von demselben bis auf 10 Atmosphären herabzugehen.

Nach einigen später gemachten Constructionen, bei denen die Kessel aus mehreren engen Rohren bestanden, baute Alban im Jahre 1840 einen Dampfkessel, bestehend aus einer Anzahl schräg gelagerter kupferner Röhren, welche mit ihrem höher liegenden Ende an die Wand einer verticalen flachen Wasserkammer geschraubt waren, während das tiefer liegende Ende derselben geschlossen und frei

gelagert war. Zur Vergrößerung des Wasserraumes als auch des Dampfraumes dienten zwei kleine Oberkessel.

Dr. Alban hatte nun diese Röhren nur deshalb an dem einen Ende angeschraubt, resp. nur mit einer Wasserkammer verbunden, weil er die schädliche Einwirkung der Ausdehnung der Rohre vermeiden wollte, welche zwischen Kupfer und Eisen entstehen könnten. Als jedoch die geschweissten schmiedeeisernen Röhren aus England zu uns kamen, änderte Alban seine Construction dahin ab, dass er zwei Wasserkammern anwandte, welche durch nur 50 Millimeter weite, ebenfalls schräg liegende Röhren und oben durch einen cylindrischen Kessel mit einander verbunden waren. Die äussere Wand jeder Wasserkammer war zum Abschrauben eingerichtet, so dass man nach Entfernung derselben bequem zu dem Innern der sämtlichen Rohre gelangen konnte. Ein solcher Kessel wurde zuerst im Jahre 1845 gebaut und hat sich in Bezug auf Verdampfungs-fähigkeit und Dauerhaftigkeit sehr gut bewährt; er hatte nur noch den einen kleinen Fehler, dass die einzelnen Rohrreihen zu nahe übereinander lagen, weshalb die Zwischenräume nur durch sehr häufiges Reinigen der Röhren von Russ für den nöthigen Zug frei gehalten werden konnten. Bei den späteren Ausführungen wurde dieser Uebelstand durch die bald gefundene richtige Entfernung der Röhren vollständig beseitigt, und der Kessel war, trotzdem die Röhren nur sehr wenig schräg gelagert waren, überall da vorzüglich, wo es sich um einen nicht zu ungleichmässigen Dampfverbrauch handelte.

Mit dieser Construction hat Alban gleich eine gesunde Grundlage geschaffen für den Bau der Wasserröhrenkessel, eine Grundlage, welche den seit neuerer Zeit wieder aufgenommenen Kampf mit den Grosswasserraumkesseln, wenigstens in der Zukunft, wesentlich erleichtern wird und welcher gerade in den letzten Jahren von vielen Constructeuren von Wasserröhrenkesseln benutzt worden ist; selbst sogar von solchen, die vorher jahrelang nur Belleville- und Root-Kessel bauten.

Aber warum fand denn dieses Kesselsystem nicht schon viel früher mehr Eingang? wird man fragen. Dafür haben wir nur die Erklärung, dass zuerst der kleine Wirkungskreis Albans eine schnellere Verbreitung seiner Erfindung verhinderte; dass man ferner die Vortheile einer höheren Dampfspannung weniger erkannte und deshalb lieber zu den grossen und einfacheren Kesseln griff, die ja für die geringeren Spannungen vollständig genügten. Endlich haben aber auch einige nicht mit der grössten Sorgfalt und dem richtigen Verständniss ausgeführte Nachbildungen dem Princip Schaden gethan.

Nachdem die Gebr. Sachsenberg vor ca. 15. Jahren zum Versuch Albankessel ausführten, aber bald diese Sache wieder fallen liessen, trat bald darauf Steinmüller mit einem wesentlich verbesserten Albankessel auf, sogar mit einer ihm patentirten Neuerung, welche Construction heute noch mit gutem Erfolge von demselben ausgeführt wird, und bereits eine solche allgemeine günstige Verbreitung gefunden hat, dass wohl fast sämmtliche Wasserröhrenkessel-fabriken seit neuerer Zeit denselben Albankessel bauen. Nur mit dem einzigen Unterschiede, dass jeder seine eigene, meist patentirte Vorrichtung zum Entwässern des Dampfes, bevor derselbe aus dem Kessel tritt, in dem Oberkessel anbringt.

Wir wollen nun den von Steinmüller verbesserten Albankessel, da diesem unstreitig die Priorität der ersten Vervollkommnung des Original-Albankessels zusteht, hier näher besprechen, und haben wir dann diesen eingehend kennen gelernt, so kennen wir auch sofort alle übrigen Circulationswasserröhrenkessel, die nach dem Princip des Albankessels gebaut werden, ohne dieselben, an Zahl jetzt nicht mehr gering, noch näher erörtern zu brauchen.

Der **Alban-Steinmüllerkessel** Fig. 44 besteht aus zwei schmiedeeisernen geschweissten Wasserkammern *KK*, in denen ebenfalls schräg gelagerte Rohre von ca. 90 Millimeter Weite communiciren, verbunden mit einem Oberkessel, der durch Einmauerung von den Feuerzügen getrennt ist. Die vordere Wasserkammer liegt fest auf einem Rahmwerk, worin gleichzeitig sich das Feuergeschränk befindet, während die Hinterkammer derart auf einem Kesselträger gelagert ist, dass sich dieselbe beim Ausdehnen und Zusammenziehen der Rohre frei bewegen kann, zu welchem Zweck in eine kleine flache Vertiefung des Kesselträgers runde Eisenstäbchen gelegt sind, auf denen die Verschiebung erfolgt.

Der aufsteigende Dampf- und Wasserstrom wird durch ein Steigrohr *a* vom Wasserinhalt des Oberkessels mittelst desselben Rohres *a* getrennt gehalten und in horizontalen Röhren oder Kästen *x*, die je nach Erforderniss verschiedene Länge, Form und Querschnitt haben, auch gewellt sein können, über den Wasserspiegel fortgeführt. Aus diesem Rohre *x* läuft das Wasser durch in dem Boden desselben befindliche Löcher, so lange diese nicht vom Kesselstein verstopft werden, ab, während der Dampf am äussersten Ende in den Dampfraum tritt, nachdem er alle Wassertheilchen an den Wandungen abgestreift hat, und somit trockenen Dampf erzielt.

Zur Dampfantnahme dient ein an der Oberfläche des Oberkessels liegendes Rohr *y*, dessen obere Seite der Länge nach mit Löchern versehen ist, um dadurch endlich noch die letzten Wassertröpfchen zurückzuhalten.

Das Speisewasser wird im Oberkessel unmittelbar da, wo das Circulationswasser, welches eben noch mit dem Dampfe in Berührung war, also das heisseste im Kessel befindliche Wasser ist, abfließt, eingeführt und sofort stark erwärmt.

Nach Beobachtungen war an einem **Betriebskessel** die Temperatur des Speisewassers 62° C., die des vorderen Circulationsstromes 172° C. und die des hinteren 165° C. Da nun im Oberkessel und hinteren Zulaufrohre *h* keine Wärmezufuhr durch Heiz-

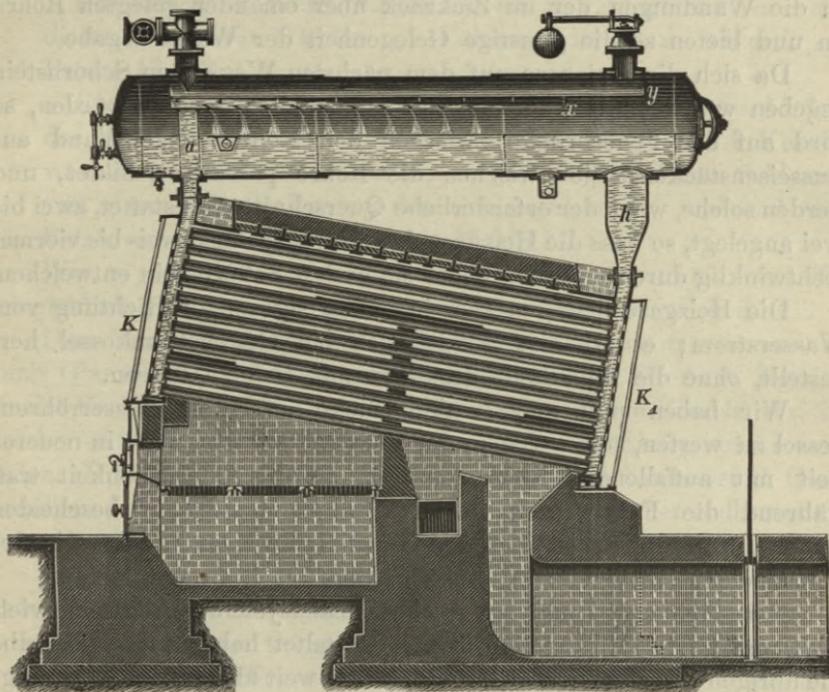


Fig. 44.

gase stattfindet, ist die rasche Temperaturzunahme des Speisewassers im Oberkessel um ca. 100° C. anzunehmen.

Die Erfahrung an mehreren Kesseln, bei welchen unreines Speisewasser benutzt werden musste, hat ergeben, dass die meisten Niederschläge an dieser Stelle entstehen, ferner, dass sie sich überall da ansetzen, wo gar keine oder nur geringe Wassergeschwindigkeit vorhanden ist, also im Oberkessel und an dem Boden der Wasserkammer, die ausser dem Bereiche der Feuergase liegen, somit auch vor dem Durchbrennen geschützt. Dieser Umstand trägt also wesentlich dazu bei, die Reinheit der inneren Rohrwände zu erhalten und ein Durchbrennen derselben zu verhüten.

Dasselbe Princip der möglichsten Zertheilung ist auch auf die

Heizgase angewandt. Es wird aber auch ausserdem möglichst consequent die normale Richtung derselben gegen die Heizfläche erstrebt. Zu dem Zwecke werden die Rohre so gelegt, dass jedesmal eines derselben mitten über die Fuge zwischen zwei darunter befindlichen zu liegen kommt.

Die Heizgase können also das Röhrensystem nicht in parallelen Streifen durchstreichen, sondern sie müssen sich beim Durchgang durch das Röhrenbündel zertheilen und mischen. Sie prallen daher an die Wandungen der im Zickzack über einander gelegten Rohre an und bieten so die günstige Gelegenheit der Wärmeabgabe.

Da sich die Heizgase auf dem nächsten Wege zum Schornstein begeben würden, wenn ihnen keine Hindernisse geboten würden, so wird auf der Feuerbrücke zwischen den Rohren eine Wand aus Gusseisenstücken, die zwischen die Rohre passen, gebildet, und werden solche, wenn der erforderliche Querschnitt es gestattet, zwei bis drei angelegt, so dass die Heizgase das Röhrensystem zwei- bis viermal rechtwinklig durchstreichen, bevor sie in den Schornstein entweichen.

Die Heizgase bewegen sich in entgegengesetzter Richtung vom Wasserstrom; es ist also somit auch ein Gegenstromkessel hergestellt, ohne die Nachteile desselben mit sich zu führen.

Wir haben nun noch einige Blicke auf einen Wasserröhrenkessel zu werfen, mit welchem der Constructeur desselben in neuerer Zeit mit auffallenden Reklamemitteln an die Oeffentlichkeit trat, während die Fabrikanten desselben anscheinend sehr bescheiden damit auftreten. Es ist dies der Alban-Heine-Kessel, oder wie der Constructeur ihn nennt: Wasserrohrdampfkessel Patent Heine.

Herr Heine will nun ein solches Kesselsystem durch seine vielseitig patentirte Construction derart gestaltet haben, dass dasselbe alle übrigen Circulationswasserröhrenkessel weit überragen soll, wenigstens scheint dies aus den seiner Zeit von ihm verbreiteten Flugblättern hervorgehen zu sollen. Herr Heine sagt nämlich in einem dieser Flugblätter u. a. wörtlich:

„An den Wasserrohrdampfkesseln, Patent Heine (Deutsche Reichspatente Nr. 751, 2258, 5113, 7364, 9302 und 15 983), sind folgende wesentliche Details, ohne welche ein allen Anforderungen der Praxis entsprechender Wasserrohrkessel mit Endkammern nicht vorhanden, durch Patente geschützt:

Die inneren runden Verschlussdeckel mit äusseren Gegendeckeln mit mechanisch bearbeiteten Auflagerflächen. — Patent 5113.

Die Deflectionsplatte über dem Anschluss der Vorderkammer an den Oberkessel. — Patent 5113.

Die Hohlanker, welche ein Abrussen der Heizfläche von den Kopfenden aus gestatten. — Patent 9302.

Die relative Anordnung der Hohlanker und Rohre, so dass jedes Rohr resp. das Zugangsloch desselben durch 2 Anker gehalten wird. — Patent 15 983.

Die auswechselbaren Einlegestücke zwischen je 2 Rohren der untersten Rohrreihe, mit diesen eine continuirliche Decke über dem Feuerraum bildend. — Patent 15 983.

Die durch 3 Rohre eingeschlossenen Einlegeschiene, mit diesen die obere Decke zur Führung der Gase bildend. — Patent 15 983.

Die Schlammtrummel im Oberkessel, für welche die Aktion des eintretenden Speisewassers und die Circulation des Kesselwassers nutzbar gemacht wird, um den abgesonderten Schlamm von dem tiefsten Punkte der Schlammtrummel während des Betriebes abzulassen. — Patent 15 983.“

Wie es sich mit diesen Patenten nun übrigens verhält, ist s. Zt. gelegentlich von anderer Seite früher schon erörtert worden.

Dem Verfasser dieses liegt jedoch noch eine Constructionszeichnung (Pause) eines vor ca. zwei Jahren von der Firma A. Borsig, Moabit-Berlin, nach Breslau gelieferten Alban-Heine-Kessels vor, in welcher sich nur die unter Nr. 15 983 patentirten Einlegestücke vorfinden. Diese Construction kommt demnach dem Albankessel II. Construction fast vollständig gleich (siehe Handbuch über vollständige Dampfkesselanlagen von L. H. Thielmann, Seite 84).

Dass die Firma Jacques Piedbœuf, Aachen, die Fabrikation dieses Kessels längst aufgegeben hat, ist uns ebenso erklärlich, als dass Dr. Alban diese Construction bald selbst wieder verliess.

Die in der vorliegenden Zeichnung angegebenen, unter Nr. 15 983 patentirten, „auswechselbaren Einlegestücke zwischen je 2 Rohren der untersten Rohrreihe, mit diesen eine continuirliche Decke über dem Feuerraum bildend“, finden wir in Fig. 45 dargestellt, in welcher *r* die Rohre und „Patent-Heine“ die auswechselbaren Einlegestücke bedeuten.

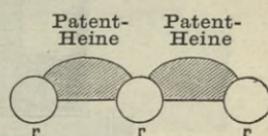


Fig. 45.

Die in derselben Zeichnung angegebenen, ebenfalls unter Nr. 15 983 patentirten, „durch 3 Rohre eingeschlossenen Einlegeschiene, mit diesen die obere Decke zur Führung der Gase bildend,“ finden wir in Fig. 46 dargestellt, in welcher wiederum *r* die Rohre und „Patent-Heine“ die Einlegeschiene bedeuten.

Welche Vortheile mit so geformten „Einlegestücken“ und „Einlegeschiene“ erreicht werden sollen, muss jedenfalls dem erfahrensten

Fachmanne unverständlich bleiben, um so mehr, als alle übrigen Wasserröhrenkessel-Fabrikanten die Führung der Heizgase durch Zwischenschieben von einfachen Gussplatten erzielen, wie in Fig. 47

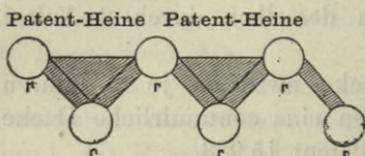


Fig. 46.

angegeben, oder auch wie in Fig. 48 dargestellt, sowie auch eine Decke unterhalb der untersten Rohrreihe hergestellt werden kann, wie es z. B. bei gleichen Kesseln von Hose (Berliner Rohrenkesselfabrik) und Huld-

schinsky und Söhne ausgeführt wird, welche Einrichtung noch den sehr wichtigen Vortheil bietet, dass bei Ablagerung von Schlamm und Kesselstein die untersten Rohre nicht so leicht durchbrennen können.

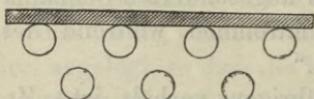


Fig. 47.

Eine vernünftigere und sehr praktische Verbesserung an Circulationswasserrohrenkesseln finden wir dagegen in der Einrichtung von Breda & Co., Fig. 48, welche darin besteht, dass dieselben am hinteren Ende des Kessels

einen Apparat zwischen dem Oberkessel und dem Röhrensystem einschalten, und zwar in der Weise, dass während des Wasserumlaufes in dem Kessel der Schlamm und kesselsteinbildende Substanzen

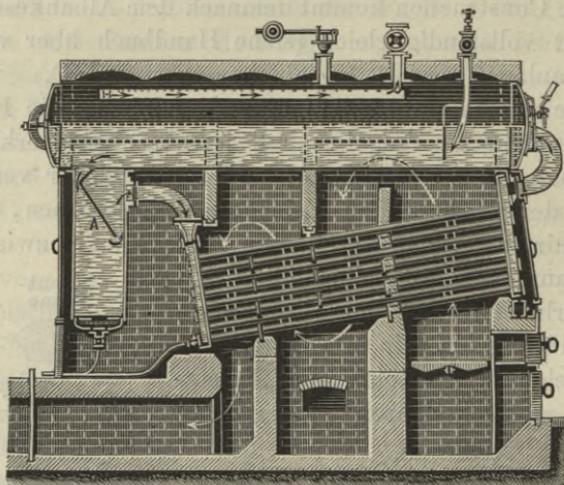


Fig. 48.

in diesem Apparat A aufgefangen und hin und wieder abgelassen werden können. Die festen Bestandtheile sammeln sich am Boden dieses Apparates an, während das mehr oder weniger gereinigte Wasser aus dem oberen Ende desselben in das Röhrensystem weiter

läuft. Um dies nun auch möglichst vollkommen zu erzielen, ist in der oberen Hälfte des Apparates eine schräge Scheidewand angebracht, wie in Fig. 48 zu ersehen, wo auch die Wasserbewegung in dem Apparate durch Pfeile angedeutet ist.

Um nun auch noch die oben erwähnten Wasserröhrenkessel

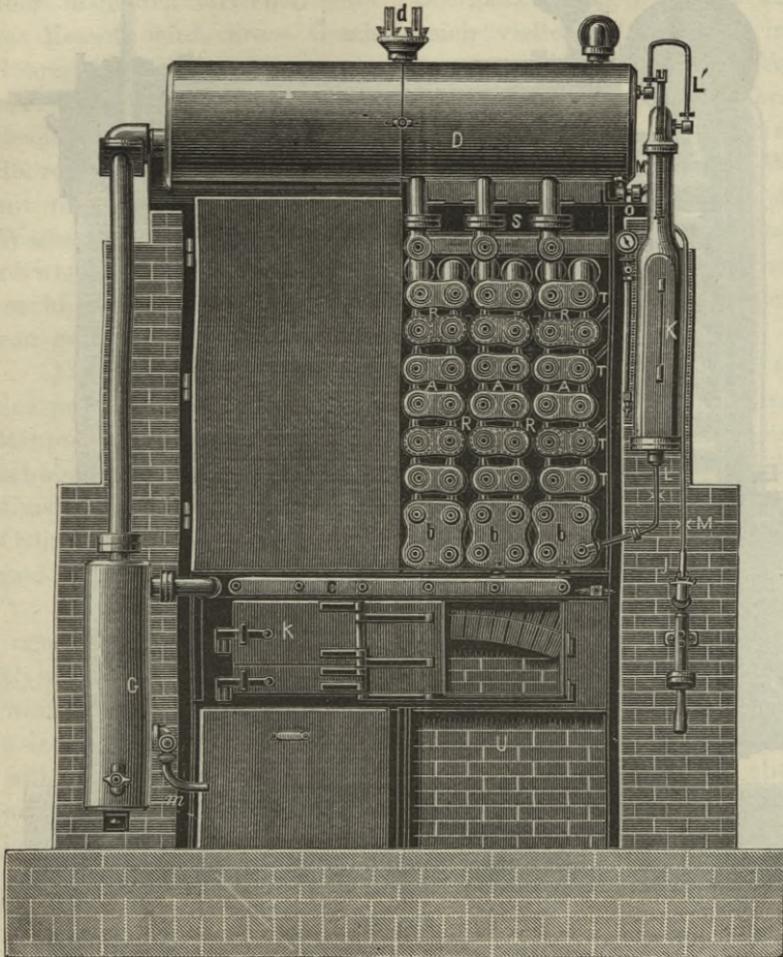


Fig. 49.

von **Belleville, Root, Howard** und **Sinclair** etwas näher kennen zu lernen, wollen wir uns dieselben in möglichst kurzen Umrissen vergegenwärtigen.

Der Erstling von diesen vier verschiedenen Systemen war wohl der von dem Franzosen Belleville, Fig. 49 und 50. Belleville baute in den Jahren von 1860—1877 etwa sechs verschiedene

Kesselconstructions nach seinem Systeme, und wird es für uns vollständig genügend sein, wenn wir nur die letzte, also die neueste Construction in unsere Betrachtung ziehen, da diese von den vor-

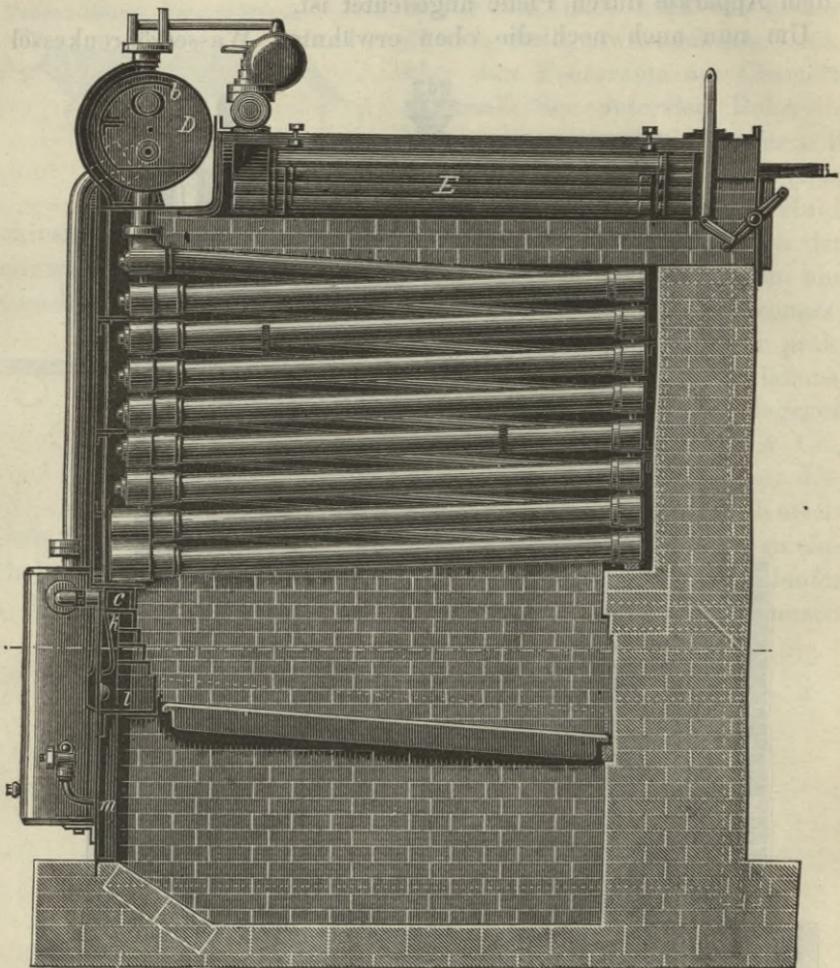


Fig. 50.

hergegangenen, nach Ansicht von Belleville selbst, als vollkommenste Construction abgeleitet wurde.

Das Röhrensystem besteht aus mehreren vertical neben einander aufgestellten sog. Elementen, deren Zahl sich nach der Grösse des Kessels richtet, und jedes Element aus einer Anzahl horizontal über einander gelagerter Rohre. Die Verbindung eines Elementes unter sich erfolgt abwechselnd vorne und hinten, so dass sie eine geschlossene Schlangenlinie bilden; die oberen Enden der Elemente

stehen mit dem Dampfsammler *D* in Verbindung, während die untersten Röhren eines jeden Elements in je einen schmiedeeisernen vier-eckigen Speise-Sammler *b* münden. Diese Art der Verbindung der Röhre eines Elements unter sich bedingt, dass das in den unteren Röhren producirte Gemisch von Dampf und Wasser durch die darüber liegenden streichen muss. Bei ganz mässiger Beanspruchung des Kessels wird dieses Gemisch sich vielleicht über dem in den Röhren befindlichen Wasser hinbewegen und der Dampf das Wasser nur blasenförmig mitreissen, wie Belleville annimmt; bei normaler Beanspruchung aber schon nicht mehr; denn der in den unteren Röhren producirte Dampf wird dann das vor ihm liegende Wasser mit nach oben reissen, so dass stets ein Gemisch von Dampf und Wasser in den Dampfsammler treten muss, welches als solches nicht verwendbar ist und eine Ausscheidung des Wassers nothwendig macht, deren Einrichtung, gleichviel welcher Art, hierbei auch nur von geringer Wirkung sein kann.

Eine weitere Folge des scharfen Mitreissens von Wasser seitens des producirten Dampfes ist das zeitweise Entleertsein der unteren Röhren von Wasser, wenn nicht ein ganz intensiver Wassernachschub in dieselben vorhanden ist. Belleville hat nun diesen beiden Umständen Rechnung getragen, indem er neben dem Kessel einen Cylinder *G* senkrecht aufstellt, der oben mit dem Dampfsammler und unten mit dem Speisesammler in Verbindung steht.

Gespeist wird in den verticalen Cylinder so, dass das Speisewasser, gemischt mit dem aus dem Röhrensystem mitgerissenen, im Cylinder *G* ausgeschiedenen Wasser und in Folge dessen auch erwärmt, in den Speisesammler und von da in die einzelnen Elemente gelangt. Somit würde denn auch hierbei, wenn man es so nennen will, eine Wassercirculation vorhanden sein. Nehmen wir aber einmal an, der verticale Cylinder sei nicht angebracht, so müsste das in den unteren Röhren producirte Gemisch von Dampf und Wasser so lange in den oberen Röhren künstlich zurückgehalten werden, bis alles Wasser verdampft, d. h. der nach dem Dampfsammler gelangende Dampf brauchbar gemacht ist, was unter Umständen längere Zeit beanspruchen dürfte. Mittlerweile würden die unteren Röhren das etwa in ihnen noch zurückgebliebene Wasser oder in der Zwischenzeit eingespeiste Wasser längst verdampft haben, und somit gänzlich oder fast ganz wasserentblösst dem directen Feuer oder den Heizgasen ausgesetzt sein, so dass diese Rohre bald verbrennen würden.

Die starke Erwärmung, welche das Speisewasser durch die innige Berührung mit dem aus dem Kessel überströmenden Gemisch

von Dampf und Wasser erfährt, hat eine Fällung der doppeltkohlensauren Kalke als einfach kohlensauren Kalk zur Folge, die sich im unteren Theile des Cylinders ablagern können und so aus dem Kessel fern gehalten werden. Die sich hierbei entwickelnden kohlensauren Gase sollen durch ein Röhrchen abgeführt werden, damit sie nicht als die specifisch schwereren allmählich den für den Dampf bestimmten Raum des Cylinders einnehmen und so die Berührung des eingepumpten Wassers mit dem Dampf verhindern.

Der aus dem in dem Dampfsammler *D* angebrachten Dampftrockner tretende Dampf wird dann erst noch durch den Ueberhitzer *E* nach dem Absperrventil geführt. Der Dampftrockner besteht einfach aus einer Blechwand, welche an einem Ende der Länge nach dampfdicht mit dem Cylindermantel *D* verbunden und in einem gewissen Abstand parallel mit diesem Mantel auf etwa $\frac{3}{4}$ des Umfanges gebogen und in zwei Theile getheilt ist. Das andere Ende der Blechwand stösst unter spitzem Winkel gegen den Mantel des Cylinders *D* und ist dort mit eingefassten Ausschnitten versehen, so dass eine Anzahl Rinnen entstehen. Bei den Stellen *b* tritt das Gemisch von Dampf und Wasser in den Zwischenraum zwischen Blechwand und Cylinderwand und strömt an den Ausschnitten aus. In Folge der auf dem Wege vom Eintritt zum Austritt erhaltenen Centrifugalkraft wird das Wasser des Gemisches entlang der Cylinderwand laufen und sich im unteren Theile derselben ansammeln, während der Dampf in den oberen Theil des inneren Raumes strömt, und durch das darin angeordnete Dampfentnahmerohr nach dem Ueberhitzer geleitet wird, wo die etwa noch mitgerissenen Wassertheilchen zur Verdampfung kommen sollen.

Nachträglich führte Belleville, wie bei einer früheren Construction, auch bei diesem neuen Kessel das Speisewasser bei *o* in den Dampfsammler, indem es gegen die an der Kopfplatte desselben befestigte horizontale Platte spritzte, von wo es in einer grösseren Zahl Strahlen in das auf dem Boden des Dampfsammlers bereits angesammelte ausgeschiedene Circulationswasser zurückgeworfen wird. Das Gemisch fliesst durch ein Rohr dem Schlammsammler *G* wieder zu und gelangt von dort in den Kessel. Besonderen Werth legt Belleville bei dieser neuen Construction auf die Speisung und zwar in Form eines selbstthätigen Speiseregulators. In dem Wasserstandsgehäuse *K*, welches mit dem Dampf- und Wasserraum des Kessels in Verbindung steht, befindet sich ein Schwimmer, welcher auf einen im Innern des auf dem Wasserstandsgehäuse gesetzten Aufsatzes befindlichen doppelarmigen Hebel wirkt, der seinerseits, drehbar auf einer Stahlschneide, mittelst Frictionsrolle an

einem ausserhalb des Gehäuses liegenden doppelarmigen Hebel angreift. Der andere Arm dieses Hebels trägt das Regulirventil, welches in die Druckleitung der Pumpe eingeschaltet ist. Sinkt der Schwimmer, so öffnet das Ventil den Durchgang, und das Speisewasser kann in den Kessel eintreten. Bei normalem Wasserstand ist das Ventil geschlossen. Bei Grosswasserraumkesseln finden wir ja auf demselben Princip beruhende Apparate, die zum grössten Theil noch einfacher sind und deshalb sicherer functioniren als diese Belleville'sche Vorrichtung, welche zum Theil dem Verschlammen durch Speise- und Kesselwasser ausgesetzt ist.

Wir kommen nun zu dem sehr verbreiteten **Root-Kessel**; derselbe ist amerikanischen Ursprunges und findet sich in verschiedenen Detailausführungen vor. Für unseren Zweck wird es aber genügen, wenn wir nur die Original-Root-Construction hier vorführen, wie solche heute noch von der in diesem Kesselbau rühmlichst bekannten Firma A. Büttner und Co., aber mit wesentlichen Verbesserungen vielfach zur Ausführung gebracht wurden und noch werden, Fig. 51 und 52.

Die Röhren *a* desselben bestehen ebenfalls aus Schmiedeeisen von meistens ca. 100 Millimeter Durchmesser, welche mit Wasser und Dampf gefüllt sind. Diese Rohre sind an beiden Enden mit Kopfstücken *bb* unwandelbar fest verbunden, welche wiederum durch die hohlen gusseisernen Kniestücke *cc* mit einander verbunden sind, und zwar derart, dass der in den Rohren sich entwickelnde Dampf durch diese Kniestücke nach oben in die Dampfrohre entweichen kann. Die Dichtung der Kniestücke in den Kopfstücken ist eine elastische, mittelst Asbest etc., so dass sich die Rohre unabhängig von einander ausdehnen können. Das Speisewasser wird zuerst in das Querrohr *W*, aus diesem durch die unteren Kniestücke in die Rohre der untersten Schicht geführt, verwandelt sich in diesen zum Theil in Dampf und strömt vermisch mit diesem durch die Kopfstücke *b* und die Kniestücke *c* aufwärts. Die Gestalt dieser Kniestücke ist sorgfältig ausprobiert und derart construirt, dass bei jedem Uebergange des Wasser- und Dampfgemisches in ein nächst höheres Kopfstück ein Zurückschleudern des Wassers in das betr. Kesselrohr stattfindet, um somit dem gewaltigen Mitreissen des Wassers nach oben zu begegnen, also in dem gemeinschaftlichen Dampfrohr *D* möglichst trocknen Dampf zu bekommen. Um nun auch für Ausnahmefälle gesichert zu sein, ist in diesem noch ein Entwässerungsapparat *E* angebracht, welcher das etwa vom Dampf mitgerissene Wasser durch Centrifugalkraft ausscheidet und ohne Wärmeverlust dem Kessel wieder zugeleitet, zu welchem Zweck auch gleichzeitig der seitlich angeordnete Wassersammler *R* dient, der

an seinem hinteren Ende gleichzeitig durch ein weites Rohr mit dem gemeinschaftlichen Speisesammler in Verbindung steht, ausser-

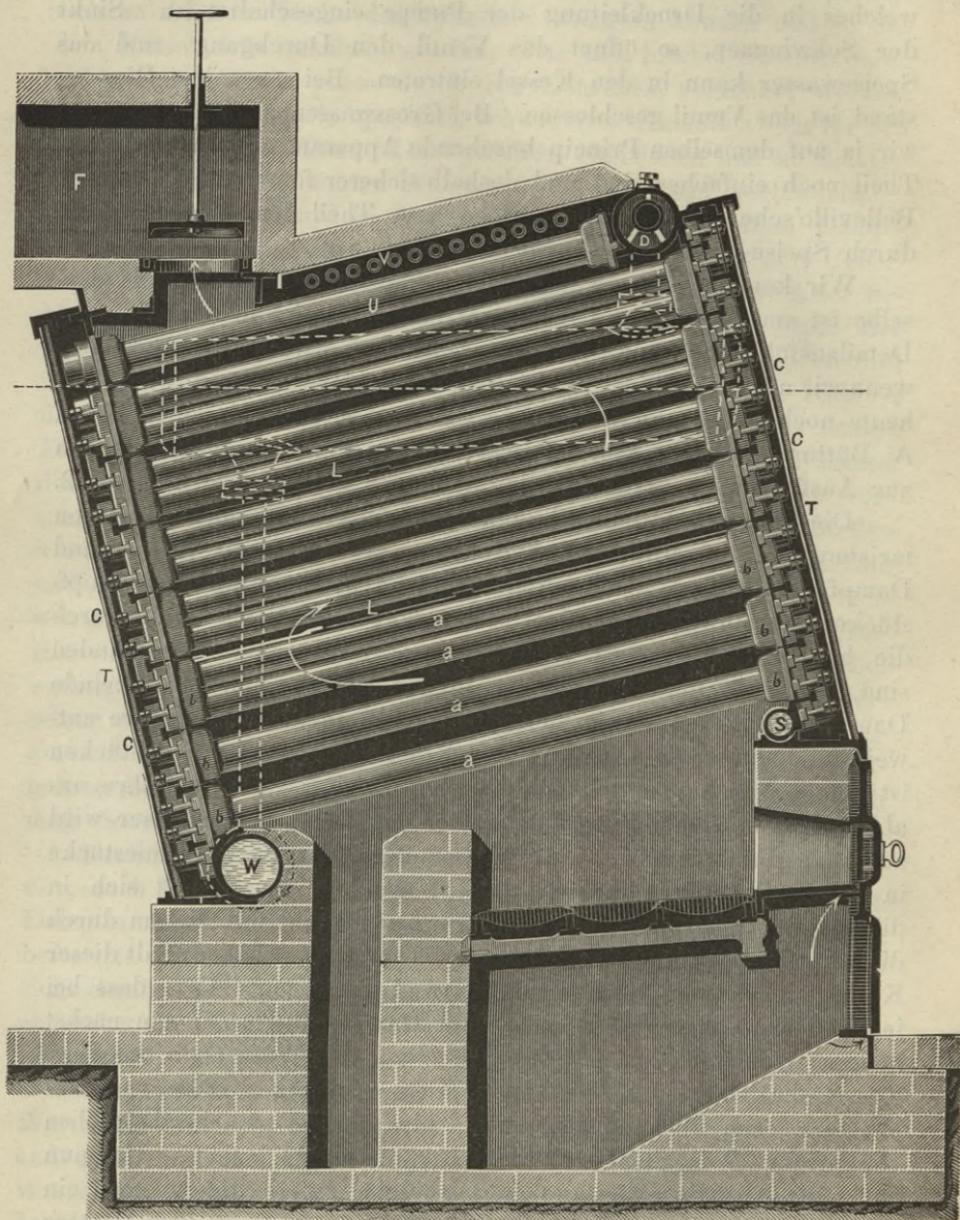


Fig. 51.

dem vorne mit seinem oberen Theile mit dem Dampfabgangsrohr communicirt.

Die unteren und mittleren Kesselrohre sind im Innern noch mit sog. Circulationsröhren ausgerüstet, welche dazu dienen sollen, die Circulation im Innern des Rohres zu fördern. Die Arbeitsweise des Kessels wird, wie sie in dem Original-Rootkessel vor sich geht, dadurch nicht sehr geändert werden, wohl aber wird eine lebhaftere Strömung des Dampf- und Wassergemisches in den Röhren in der Richtung nach den vorderen Köpfen zu erzielt, und ferner werden Ablagerungsflächen für den sich ausscheidenden Kesselstein dadurch geschaffen. Diese lebhaftere Strömung kann jedoch immerhin in Bezug auf die Arbeitsweise des Kessels als eine Verbesserung angesehen werden.

Ferner ist noch ein Dampfüberhitzer *U* angebracht, bestehend aus einer Anzahl über dem Röhrenbündel neben einander gelagerter Rohre, in welche nach Belieben der Dampf an einem Eckrohr eingelassen, am anderen entnommen werden kann.

Die vordere und hintere Begrenzung des Kessels wird durch die dicht auf einander schliessenden Köpfe *bb*, sowie durch die Mantelthüren *TT*, die seitliche durch zwei gerade Mauern gebildet. Die auf dem untergelegten Rost erzeugten Feuergase umspülen in schlangenförmigem Zuge die Rohre und gelangen endlich in den Fuchskanal *F*, von wo sie entweder direct in den Schornstein oder zunächst durch einen aus Rippenrohren gebildeten Patent-Vorwärmer geführt werden. Dieser Patent-Vorwärmer nutzt die sonst verlorene Wärme der Gase, wie früher schon hervorgehoben, in sehr vollkommener Weise zur Vorwärmung des Speisewassers aus.

Die Firma A. Büttner & Co. baut gleichfalls Rootkessel mit darüber der Länge der Rohre nach gelagertem grossen Dampf- und Wassersammler, als Patent-Circulationskessel. Je nach der Grösse des Kessels wird die Zahl der Dampf- und Wassersammler von 1 bis 4 gewählt. Das Röhrensystem bleibt dasselbe; nur die eingelegten Circulationsröhren kommen in Wegfall. Der niedrigste Wasserstand liegt in der Höhe des horizontalen Durchmesser der horizontal gelagerten Dampf- und Wassersammler, in welche die einzelnen, vorderen verticalen Rohrelemente direct das in ihnen producirt Gemisch von Wasser und Dampf ergiessen, während das Wasser durch die hinteren Verbindungsrohre wieder in das Röhrensystem fällt. In dem Dampf- und Wassersammler scheidet sich das Wasser aus dem Gemisch, indem der Dampf durch ein im Scheitel der Sammler angebrachtes, oben durchlöcherteres Rohr nach dem schneckenförmigen Dampftrockner *E*, wie ein solcher in Fig. 52 dargestellt, strömt, und alsdann, befreit von dem etwa noch mitgerissenen Wasser nach dem allen Sammlern gemeinschaftlichen

Dampfrohr tritt, auf welches letzterem sich das Absperr- und Sicherheitsventil befindet.

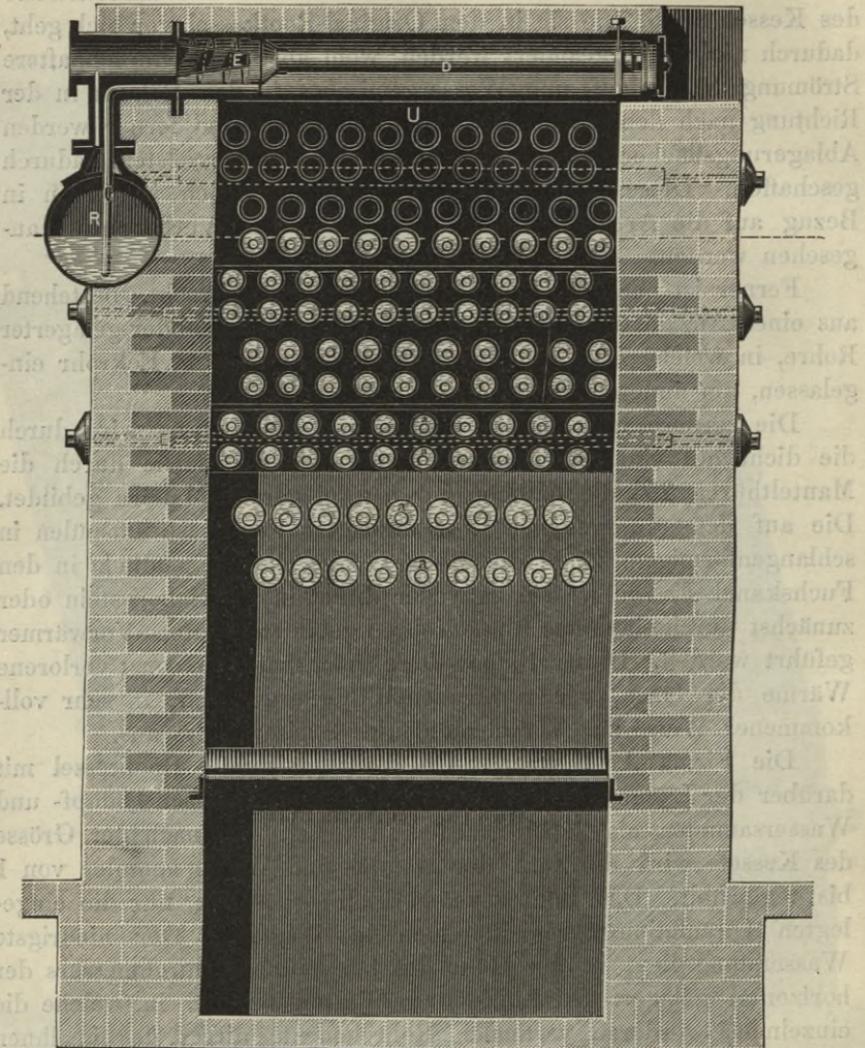


Fig. 52.

Gespeist wird in den gemeinschaftlichen Speisesammler, also am tiefsten Punkt des Kessels, oder auch mit Benutzung des hinter dem Kessel stehend angeordneten Patent-Rippenrohr-Vorwärmers. Die Dampf- und Wassersammler werden von den Feuergasen erst dann berührt, nachdem diese das ganze Rohrsystem passirt haben.

Noch sei bemerkt, dass die Firma A. Büttner und Co. seit neuerer Zeit auch noch Circulationswasserröhrenkessel nach dem System Alban baut.

Zu dem **Howard-Kessel**, Fig. 53 und 54, übergehend, haben wir über diesen zunächst zu bemerken, dass derselbe mehr durch die vielen Unglücksfälle, welche durch ihn passirt sind, bekannt ist, als durch seine auffallende Einfachheit. Nach den englischen Ex-

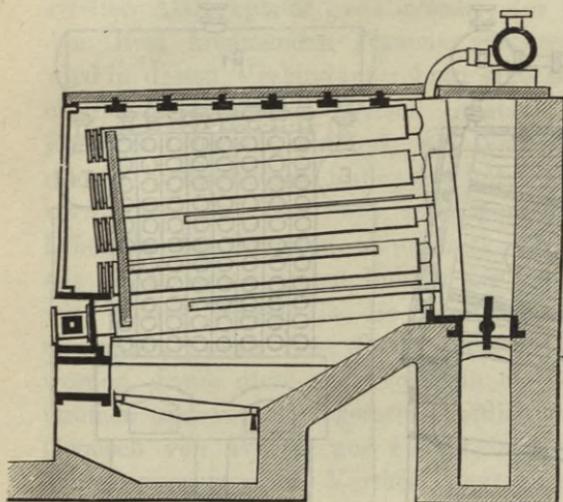


Fig. 53.

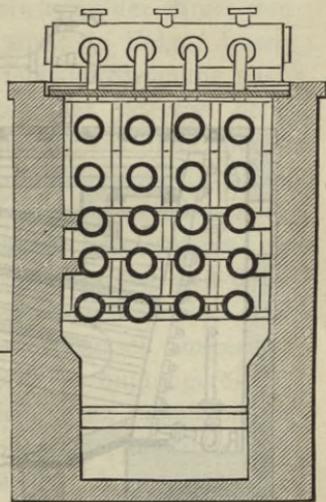


Fig. 54.

plosionsberichten fanden im Jahr 1873 nicht weniger als 7 Explosionen solcher Kessel statt. Professor Radinger spricht in seinem Werke: „Die Dampfkessel der Weltausstellung in Philadelphia“ von 11 Explosionen solcher Kessel, wodurch allein 13 Menschen getödtet wurden. In allen diesen angeführten Explosionsfällen, zu denen sich noch die in Salzuflen im Jahre 1880 gesellt, ist stets als Ursache verzeichnet: Mangelhafte constructive Ausführung. Jedenfalls wird aber auch zu diesen vielen Explosionsfällen die ungesunde Arbeitsweise des Kessels mit beigetragen haben.

Aus den Fig. 53 und 54 ist schon zu ersehen, dass von einer Circulation in dem Kessel keine Rede sein kann; doch soll eine solche, durch die in die Hauptrohre eingelegten engeren, vorn und hinten offenen Röhren nach Field'schem System angestrebt sein. Hiermit hätten wir jedenfalls über diesen „Unsicherheitskessel“, wie er anderwärts genannt wird, wohl schon genug gesagt; nur mag noch erwähnt werden, dass Howard selbst das gänzlich Ungesunde seiner Construction eingesehen und die Rohre an beiden Enden mit verticalen Röhren versehen hat, womit selbstverständlich die ein-

gelegten engeren Röhren in Wegfall kamen. Diese Zugabe ist jedoch mehr eine System- als eine Constructionsänderung und mag in Folge dessen auch wohl ein Theil explosions sicherer gestaltet sein, als vorher.

Als weitere Folge hätten wir nun noch einige Blicke auf die Construction des **Kessels von Sinclair**, Fig. 55 und 56, zu werfen.

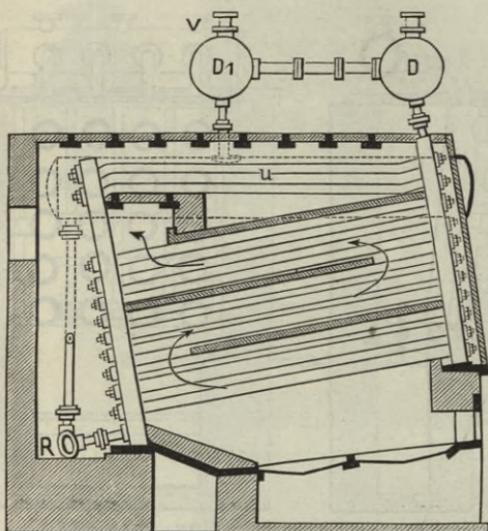


Fig. 55.

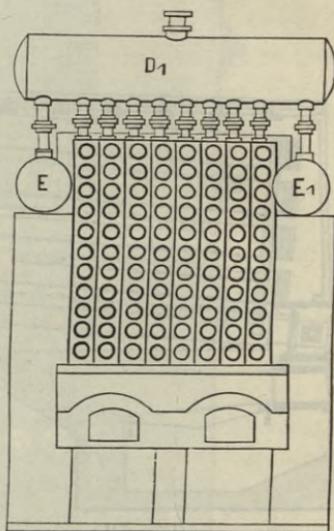


Fig. 56.

Das ganze Röhrensystem dieses Kessels ist in ein grösseres unteres mit schräg gelegten und in ein kleineres oberes mit zwei horizontal gelegten Rohrreihen *u* getheilt. Diese Röhren münden mit ihren Enden in verticale neben einander stehende Röhren von elliptischem Querschnitt. Die verticalen Röhren der Vorderreihen stehen mit einem Dampfsammler *D* in Verbindung und dieser communicirt seinerseits mit einem gleichen Behälter *D*₁, welcher als Wasserscheider dient. Der Dampf wird durch das Ventil *v* abgeführt, während das abgeschiedene Wasser in die seitlich gelagerten Cylinder *E* und *E*₁ fliesst, welche etwa bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt sind und mit dem unten quer hinter dem Kessel liegenden Speiserohr *R* in Verbindung stehen, wie in Fig. 55 zu ersehen. Durch diese Wassercylinder *E* und *E*₁ und den Dampfsammler *D* sollen die Schwankungen im Dampf- resp. Wasserverbrauch ausgeglichen werden, was wohl nur in einem gewissen Maasse der Fall sein kann.

Sinclair behauptet ferner, dass das aus den vorderen ellip-

tischen verticalen Verbindungsrohren sich oben ausscheidende Wasser durch die oberen den Feuergasen nicht ausgesetzten horizontalen Röhren *u* in die hinteren elliptischen Verbindungsrohre und von dort in das gemeinschaftliche Speiserohr *R* gelange. Dies wird aber aus folgendem Grunde nicht eintreten können: Die Führung der Heizgase bringt es hier wie beim Rootkessel mit sich, dass die hinteren elliptischen Verbindungsrohre bis zur Höhe der zweiten Abdeckplatte ganz intensiv der Einwirkung der direct von dem Rost kommenden Flamme ausgesetzt sind; in Folge dessen wird in diesen Verbindungsrohren eine sehr lebhafte Strömung nach oben hin stattfinden. Dieser Umstand unterstützt ja, wie beim Rootkessel bereits erwähnt, die Wasserzuführung aus dem Speiserohr *R* in die oberen Rohre der unteren Röhrenabtheilung; aber es wird auch ein Theil des aufsteigenden Wassers zweifellos noch höher in den hinteren elliptischen Verbindungsrohren steigen als nur bis zu den obersten Röhren der unteren Abtheilung und dann wird dieses Wasser in die horizontalen Röhren *u* eintreten und namentlich, wenn diese Rohre auch noch den Heizgasen ausgesetzt werden, durch diese nach vorne in die vorderen Verbindungsrohren strömen und von dort gemeinschaftlich mit dem vorne aufsteigenden Gemisch von Wasser und Dampf in den ersten Dampfsammler *D*. Ein nennenswerther Vortheil liegt also in der Anordnung der oberen horizontalen Röhren *u* nicht.

Trotz der mehr oder weniger erheblichen Nachtheile der eben besprochenen Röhrenkesselsysteme, namentlich von Belleville, Howard und Sinclair, werden diese Systeme immerhin noch in der einen oder anderen Modification fleissig nachgebaut; freilich aber auch nur von Anfängern von Wasserröhrenkessel-Fabrikanten, und auch nur so lange, bis sie ihre Blindheit in ihrem Geldbeutel endlich entdeckt haben. So werden schon seit Jahresfrist, die erst so sehr angepriesenen neuen Kessel, Patent Horn und Patent-Doppelröhrenkesselsystem nicht mehr gebaut, und wird es mit manchen ähnlichen patentirten bald ebenso ablaufen, gleichviel, ob sie „Sektional“ oder „Simplex“ genannt werden.

Wesentlich von den bis jetzt sämmtlich beschriebenen Wasserröhrenkesseln unterscheiden sich die beiden folgenden Systeme von Willmann und Schmidt.

Der **Patent-Circulationsröhrenkessel von Willmann**, Fig. 57—62, besteht aus einem Röhrensystem, welches vorne mit einer Doppelkammer, die in zwei Oberkessel einmünden, vereinigt ist, während am hinteren Ende die Röhren desselben durch Deckel mit Bügel, wie Fig. 59 zeigt, geschlossen und in einem gusseisernen Gestelle ge-

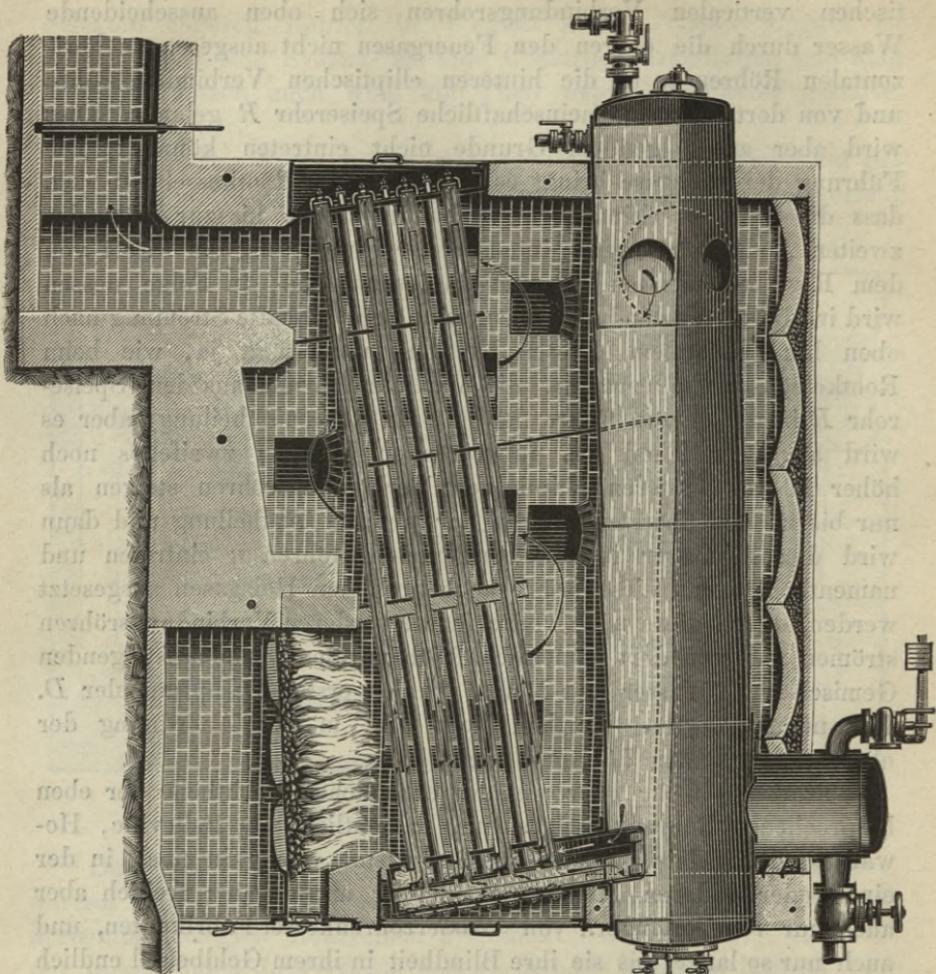


Fig. 57.

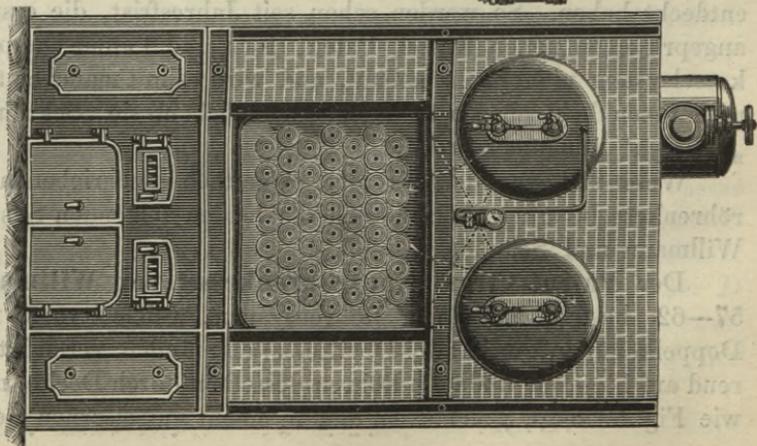


Fig. 58.

lagert sind. Hierdurch kann die Ausdehnung der Röhren durch die Wärme ungehindert erfolgen, was bei sehr langen Röhrenkesseln, bei denen die Röhren an beiden Enden fest verbunden sind, nicht erfolgen kann, ohne dass sie sich krumm werfen, wodurch die Dichtungen an den Enden der Röhren leiden müssen. Daher ist die Länge der oben besprochenen Röhrenkessel eine beschränkte, und soll dieselbe 4 Meter nicht überschreiten.

Die Oberkessel sind an ihrem hinteren Ende durch einen schmiedeeisernen Stutzen und an den vorderen Enden mit der Rohr- resp. Doppelkammer verbunden. In der dem Feuer zugewandten Wand der Rohrkammer befindet sich eine Anzahl konisch ausgebohrter Löcher zur Aufnahme der Siederöhren, welche an ihrem vorderen Ende mit abgedrehtem Konus versehen sind, wie Fig. 59

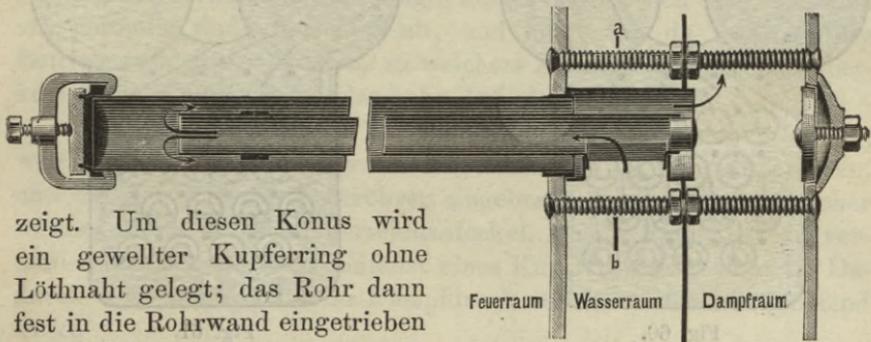


Fig. 59.

zeigt. Um diesen Konus wird ein gewellter Kupfering ohne Löthnaht gelegt; das Rohr dann fest in die Rohrwand eingetrieben und hierdurch absolut gedichtet. Diese Dichtungsart kann als eine sehr gute bezeichnet werden, die zudem eine Beseitigung einer etwa vorhandenen Undichtigkeit leicht ermöglicht.

Zur Vermittelung der Circulation ist in jedem Siederohre ein engeres Speiserohr mit kleineren Ansätzen, um stets in der Mitte zu bleiben, angebracht.

Die Rohrkammer ist durch eine parallel der Rohrwand gehende Scheidewand in zwei Kammern getheilt, von denen die eine Wasser- und die andere Dampfkammer ist. Auf den aus der Rohrwand etwas vorstehenden Konus der Siederöhren wird ein Verlängerungsstück gesetzt, welches durch die Scheidewand durchreicht. Die in den Siederöhren liegenden Speiseröhren sind am vorderen Ende durch einen Stopfen verschlossen. In den Verlängerungen der Siederöhren und in den Speiseröhren befinden sich übereinanderliegend correspondirende Löcher, und sind diese durch ein Zwischenstück, welches den Durchgang für das Wasser freilässt, gegen den Raum zwischen den Röhren abgeschlossen. Die als Dampfraum an der

dem Feuer abgewendeten Seite der Rohrkammer liegende Kammer steht nur mit einem der beiden Oberkessel, die andere Wasserkammer an der vom Feuer berührten Rohrwand nur mit dem anderen Oberkessel in Verbindung.

Durch die oben beschriebene Anordnung der Siederöhren wird nun erreicht, dass der aus den Siederöhren austretende Dampf in die Dampfkammer tritt, während das erforderliche Wasser aus der Wasserkammer durch die Verbindungsstücke in die Speiseröhren und durch diese bis nach dem hinteren Ende der Siederöhren geführt wird. Aus der Dampfkammer muss der Dampf durch den

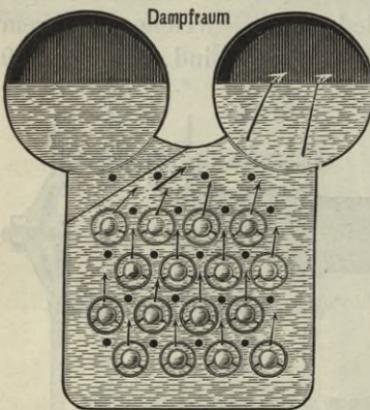


Fig. 60.

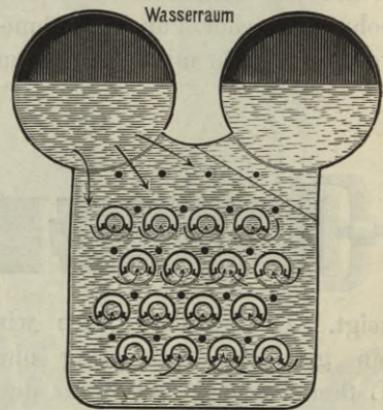


Fig. 61.

Stutzen in den einen Oberkessel treten, während das Wasser nur aus dem anderen Oberkessel in den Wasserraum der Rohrkammer treten kann. Durch die in Fig. 59 angegebenen Pfeile ist die Strömung des Wassers, resp. des Dampfes genau ersichtlich.

Die Fig. 60 zeigt einen Schnitt durch den Wasserraum der Doppelkammer und den Weg, den das Wasser in den Speiseröhren nimmt. Dieser Wasserraum ist oben gegen den zweiten Oberkessel, in welchen der Dampf tritt, abgeschlossen.



Fig. 62.

Die Fig. 61 zeigt einen Schnitt durch den Dampfraum der Doppelkammer und den Weg des Dampfes aus den Röhren nach dem Oberkessel. Dieser Dampfraum ist oben gegen den ersten Oberkessel, aus welchem das Wasser tritt, abgeschlossen. Wasser- und Dampfwege

sind daher räumlich vollständig getrennt, die Circulation also erscheint nur eine vollkommene zu sein.

Damit der Dampf nach dem Dom resp. Dampfaustrittsventil gelangen kann, muss derselbe den ersten Oberkessel, dann den Verbindungsstutzen und den zweiten Oberkessel passiren, auf welchem langen Wege sich sämmtliche Wassertheilchen ausscheiden sollen.

Die Speisung des Kessels geschieht am hinteren Ende einer der geneigt liegenden Oberkessel.

Die Dampfentwicklung findet natürlich hauptsächlich in den Siederöhren statt, und muss das Speisewasser, um bis zu diesen zu gelangen, erst den hinteren Theil des einen Oberkessels, den Verbindungsstutzen und dann den anderen Oberkessel passiren, an dessen vorderem Ende es in den Wasserraum der Doppelkammer durch den Stutzen tritt. Die Ausscheidung der Schlammtheile erfolgt demgemäss durch die allmähliche Erwärmung schon in den geneigt liegenden Oberkesseln. In Folge dessen lagert sich der Schlamm am hinteren Ende derselben ab, und kann von da während des Betriebes abgelassen werden, zu welchem Zweck sich an jedem Oberkessel ein Stutzen mit Ablasshahn befindet.

In der vorderen Wand der Doppelkammer befinden sich Löcher, welche den in der Rohrwand angeordneten Löchern entsprechen, und durch welche die Siederöhren eingebracht werden. Diese Löcher werden durch konische Verschlussdeckel, welche durch das zu verschliessende Loch gehen, mittelst eines Kupferringes gedichtet. Dadurch wird erzielt, dass der Dampfdruck auf den Verschluss dichtend wirkt.

Die in den Siederöhren liegenden Speiseröhren sind gezogene Röhren, welche bei einer Revision leicht herausgenommen werden können.

Ein gleiches Kesselsystem baut auch die Firma Dürr & Co., nur mit den Unterschieden, dass bei diesem der Raum der Doppelkammer, in welcher der Dampf aufsteigt, an der vom Feuer berührten Rohrwand und der Wasserraum auf der anderen Seite liegt, während diese Anordnung bei dem Willmann'schen Kesselsystem umgekehrt ist, was uns wegen der besseren Erhaltung der Rohrdichtungen in der Rohrwand auch richtiger zu sein scheint. Ferner sind bei dem Dürr'schen Systeme am Konus der Röhren und den Verschlussdeckeln keine Kupferringe zum besseren Abdichten angewandt.

Der **Kessel Patent Schmidt**, Fig. 63—68, ist ebenfalls aus einzelnen schmiedeeisernen Röhren von ca. 100 Mill. Durchmesser und $4\frac{1}{2}$ Mill. Wandstärke zusammengesetzt. Die Rohre sind horizontal gelegt, mittelst aufgeschraubter Rohrköpfe und Verbindungsbogen *i*, Fig. 67 und 68, aus schmiedebarem Guss schlangenförmig zu zwei

Systemen vereinigt und bilden so einen Vorder- und einen Hinterkessel. Ausserdem ist noch ein Dampf- und Wassersammler C

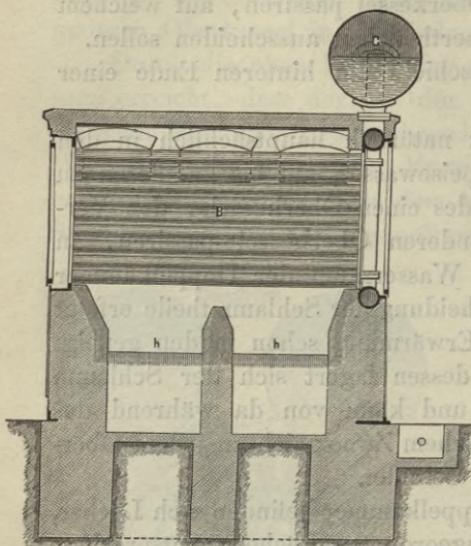


Fig. 63.

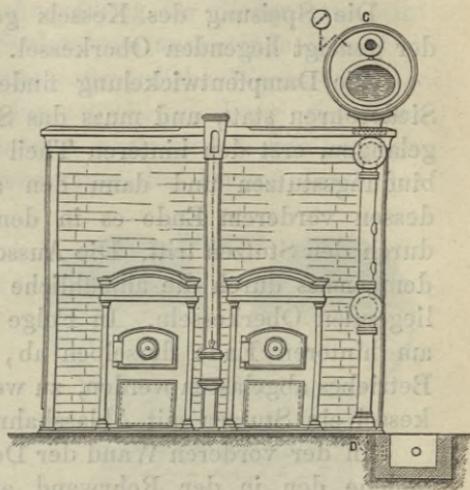


Fig. 64.

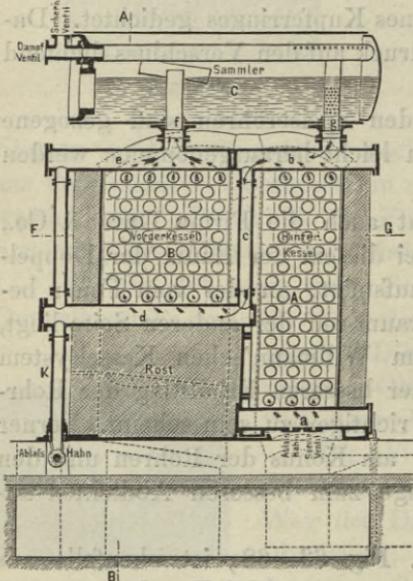


Fig. 65.

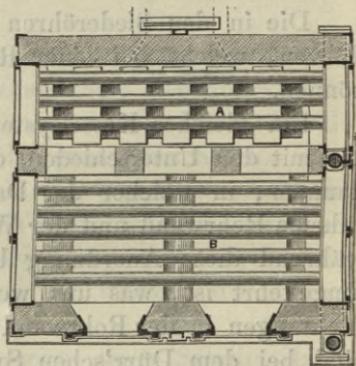


Fig. 66.

oben aufgelegt. Die horizontale Lage der Röhren dürfte die Strömung in denselben wohl keineswegs begünstigen.

Der Hinterkessel A dient eigentlich nur zur Vorwärmung resp. Erhitzung des Speisewassers. Das Speisewasser tritt hier in die untersten Röhren ein und geht schlangenförmig durch alle Röhren des Hinterkessels, entgegengesetzt der Bewegungsrichtung der Feuer-gase, nach oben in das obere Sammelrohr *b* des Hinterkessels in

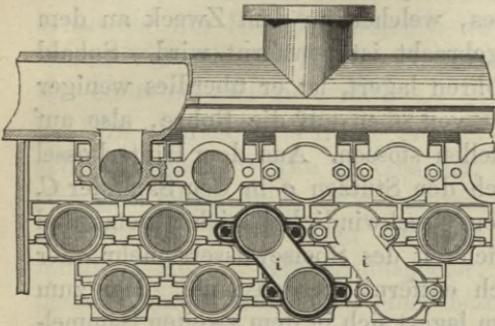


Fig. 67.

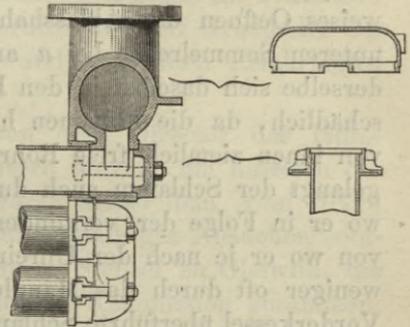


Fig. 68.

den Rohrstützen *g* und durch diesen in den Wasserraum des Dampf- und Wassersammlers *C*, von wo dasselbe durch *c* und den unteren Sammler *d* des Vorderkessels stark vorgewärmt in den Vorderkessel gelangt, wo die Verdampfung stattfindet, indem das Gemisch von Dampf und Wasser hier ebenfalls schlangenförmig die Röhren von unten nach oben zu passirt und sich mehr oder weniger in Dampf verwandelt. Der so producirte Dampf, gemischt mit dem etwa übergerissenen Wasser, strömt durch das obere Sammelrohr *e* des Vorderkessels in den mit Deflectionsplatten versehenen Verbindungsstützen *f*, und von da in den Dampfraum des Sammlers *C*, wo die Dampfentnahme und die Ausscheidung des mitgerissenen Wassers erfolgt, welches dem oberen Sammelrohre *b* des Hinterkessels durch den Verbindungsstützen *g* wieder zufließt und sich dort mit dem eingespeisten Wasser mischt und von Neuem den Weg durch das Röhrensystem des Vorderkessels antritt. Dem in den obersten Röhren des Hinterkessels etwa producirten Dampf gestattet das Verbindungsrohr *g* zwischen Dampfsammler und diesem Kesseltheile, welches bis in den Dampfraum des Sammlers reicht, Abzug, während dasselbe Rohr durch Bohrungen in seinem untersten Theile dem aus dem Vorderkessel mitgerissenen, im Dampfsammler ausgeschiedenen Wasser den Rücklauf in das obere Sammelrohr des Hinterkessels ermöglicht. Der Kessel arbeitet somit auch als Circulationskessel, und der Wasserstand wird dabei bis zur halben Höhe des Dampf- und Wassersammlers gehalten.

Unterhalb des Vorderkessels befindet sich der Rost *h*, also auch die Entwicklung der grössten Hitze dort, wo eben die grösste Wärmemenge wegen der nöthigen latenten Wärme bei Umwandlung des heissgewordenen Wassers in Dampf gebraucht wird.

Die Ablagerung von Schlamm findet namentlich im Hinterkessel statt, von wo derselbe bei unreinem Speisewasser täglich durch zeitweises Oeffnen des Ablasshahnes, welcher zu dem Zweck an dem unteren Sammelrohre bei *a* angebracht ist, entfernt wird. Sobald derselbe sich daselbst in den Röhren lagert, ist er überdies weniger schädlich, da die Flammen hier von oben auf die Rohre, also auf von innen ziemlich freie Rohrstellen stossen. Aus dem Hinterkessel gelangt der Schlamm auch durch den Stutzen *g* in den Sammler *C*, wo er in Folge der verminderten Geschwindigkeit sich absetzt und von wo er je nach der Unreinlichkeit des Speisewassers mehr oder weniger oft durch das Mannloch entfernt werden muss. Der zum Vorderkessel überführte Schlamm lagert sich in dem zweiten Sammelrohr *d*, wie auch in den, ausserhalb der Wassercirculation liegenden Enden des Rohres *k*, dem Schlammsackrohr *k*, an dessen unterem Ende sich ebenfalls ein Ablasshahn befindet, welcher jedenfalls häufig genug geöffnet werden muss, damit der Schlamm entfernt wird, bevor sich das Schlammsackrohr verstopft.

Der feste Kesselstein, welcher ja bekanntlich durch keine Strömung und Kesselform sich verhindern lässt, kann nach Abnahme der Verbindungsköpfe *i* aus den Röhren des Kessels entfernt werden.

Es sind bei diesem Kessel zwei Wasserstandzeigeeapparate angebracht, wovon der obere den Wasserstand im Sammler *C* die Wasserhöhe im Kessel bei normalem Betriebe anzeigt, während der untere in der Höhe zwischen der dritten und vierten Rohrlage des Vorderkessels die zulässig niedrigste Wasserhöhe zeigt.

Sehr interessant und lehrreich scheinen uns die von Seiten der Firma Huldshinsky & Söhne seiner Zeit mit einem solchen Schmidtschen Kessel vor einer Commission von unparteiischen Sachverständigen angestellten eingehenden Explosionsversuche zu sein.

Wir geben daher das von der Commission am Schlusse der Versuche aufgestellte Schlussprotokoll, welches resumirend die Versuche und das in Folge derselben gewonnene Urtheil zusammenstellt, nach seinem Wortlaut in Folgenden wieder, und bemerken nur noch, dass ein ausführlicher Bericht hierüber in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure Nr. 17, Jahrg. 1886, sich befindet.

„In dem Bestreben, einen Dampfkessel zu schaffen, welcher sowohl rationell arbeitet, als auch Garantie dagegen bietet, dass selbst

bei schlechtester Beaufsichtigung und Bedienung eine verheerende Explosion nicht eintrete, hat die Firma S. Huldsky & Söhne in einer im Frühjahr 1885 bei Gleiwitz errichteten besonderen Versuchstation in der Zeit vom 1. bis 6. Juni, 25. bis 27. Juni und 17. Juli 1885 eine Reihe von Versuchen angestellt, um die nach dem Patent Schmidt construirten Kessel auf ihre Sicherheit gegen die bekannten Ursachen der Kesselexplosionen zu prüfen und auf Grund der bei diesen Versuchen erlangten Resultate und gemachten Erfahrungen das erstrebte Ziel zu erreichen.

Die Versuche wurden geleitet von dem Director der Huldsky'schen Werke zu Gleiwitz, Herrn Meyer; um indessen die strengste Objectivität zu garantiren, waren ausser dem, vom Herrn Minister für Handel und Gewerbe auf desfallsiges Ansuchen committirten Königl. Kreisbauinspector, Herrn Stenzel zu Gleiwitz, die nachbenannten Herren zu einer besonderen Kommission zusammengetreten:

1. der Königl. Gewerberath für den Regierungsbezirk Oppeln, Herr Dr. Bernoulli aus Oppeln,
2. der Königl. Berg-Revierbeamte, Herr Bergrath Schubert aus Beuthen,
3. der Oberingenieur des schlesischen Ueberwachungsvereins, Herr Minsen aus Breslau.

Die Versuche erstreckten sich auf folgende Punkte:

1. Abreissen von Schrauben,
2. Defectwerden von Rohren,
3. Wassermangel,
4. Drucksteigerung bei verkeilten Sicherheitsventilen,
5. Siedeverzug und plötzliche Entlastung.

Die gewonnenen Resultate sind gemäss den umfangreichen Specialprotokollen in gedrängter Kürze folgende:

1. Das plötzliche Abreissen von Schrauben an den Verbindungsbögen der Rohre bringt keinerlei Gefahr für den Kesselwärter hervor; bei den mehrfachen Versuchen trat keinerlei Störung des Betriebes ein.
2. Die nur bei grosser Nachlässigkeit in der Beaufsichtigung mögliche unbemerkte starke Korrosion eines Rohres kann zwar die Veranlassung zu einem Zerplatzen des betreffenden Rohres werden, indessen ist die Wirkung der dann eintretenden partiellen, sich lediglich auf das platzende Rohr beschränkenden Explosion, wie die Versuche zeigten, eine derartige, dass das Kesselhaus nicht in Gefahr ge-

bracht wird und der Kessel in kurzer Zeit wieder betriebsfähig hergestellt werden kann.

- 3 a. Bei Wassermangel und dem in Folge dessen eingetretenen Dunkelglühen der Rohre vermochte selbst eine plötzliche Speisung des Kessels mit kaltem Wasser keinerlei Explosion hervorzurufen, und es erfolgte bei dem betreffenden Versuche nur eine theilweise Lockerung der Packungen an den Verschlusskappen und eine Verbiegung einzelner Rohre.
- 3 b. Bei einem zweiten sich diesem anschliessenden Versuche über die Wirkung bei Wassermangel, wurden die Rohre, wie durch eingelegte Schmelzproben erwiesen, bis auf über 1000° C. (reines Silber geschmolzen) erhitzt, wobei ein Aufreissen von 2 Rohren und langsames Ausströmen des Dampfes ohne Explosion stattfand.
4. Nachdem durch einen Hochdruckversuch mit zugekeilten Sicherheitsventilen, bei einem Ueberdruck von 35 Atmosphären der Dampfsammler explodirte und hierdurch nachgewiesen war, dass selbst bei dem verhältnissmässig hohen Druck von 35 Atmosphären nicht die vom Constructeur vorausgesetzten Undichtigkeiten der Rohrverbindungen eintraten, um die erforderliche Entlastung des Kessels zu bewirken und eine Explosion zu verhindern, wurden bei den am 25. Juni fortgesetzten Versuchen von dem Herrn Director Meyer geänderte Rohrverschlüsse eingeführt und mit diesen die Versuche fortgesetzt. Hierbei ergab sich, dass bei verkeilten Sicherheitsventilen eine Steigerung des Druckes in einem Falle nicht über 16 Atmosphären, in einem zweiten Falle nicht über 17 Atmosphären und in einem dritten nicht über $19\frac{3}{4}$ Atmosphären möglich wurde, da die erwartete Undichtigkeit der Rohrverschlüsse und damit sofortige Entlastung des Kessels eintrat. Der aus 15 Millimeter starken Blechen gefertigte, doppelt genietete Dampfsammler wurde dadurch in keiner Weise überansprucht, und es gelang nicht, eine Explosion hervorzurufen.
5. Zur Feststellung der Wirkungen des sogenannten Siedeverzuges wurde der Kessel auf den Normaldampfdruck gebracht und ohne irgend welche Störung der Feuerung und ohne Dampfentnahme eine halbe Stunde in völliger Ruhe gelassen; dann wurde plötzlich ein speciell für diesen Zweck hergestelltes auf dem Dampfsammler an-

gebrachtes Ventil von 100 Millimeter Durchmesser voll geöffnet. Die hierdurch etwa zu befürchtenden Wasser-schläge erwiesen sich, bei mehrfacher Wiederholung des Versuches, als wirkungslos gegen den Kessel selbst.“

Nachdem hierdurch sämtliche bekannten Möglichkeiten einer hervorzurufenden verheerenden Kesselexplosion erschöpft waren, musste die unterzeichnete Kommission als Endresultat ihrer durch die Versuche gemachten Erfahrungen Folgendes aussprechen:

Die von der Firma S. Huldshinsky & Söhne, Gleiwitz, erzeugten Röhrenkessel nach dem Patent Schmidt sind bei ihrer jetzigen Construction, selbst bei schlechter Behandlung als sicher gegen gefahrbringende Explosion zu bezeichnen.

Ganz besonders bemerkenswerth ist endlich noch ein **Wasser-röhrenkessel von Gebr. Stollwerck**, Fig. 69 bis 71 (siehe die besondere Tafel); nicht gerade wegen seiner Eigenthümlichkeit und Neuheit, sondern namentlich seiner riesenhaften Grösse und enormen Complicirtheit halber; ein wahres Unicum in dieser Beziehung und womöglich der grösste Dampfkessel der Welt. Er repräsentirt nicht weniger als 680 Quadratmeter Heizfläche, und einen Wasserinhalt von 39 Kubikmeter und 20 Kubikmeter Dampfraum, mit 12 Atmosphären Ueberdruck. Zu seiner Construction hat ebenfalls als Grundlage das Alban-kesselsystem gedient. Wir sehen in Fig. 69 die mit k und k_1 bezeichneten bekannten Wasserkammern, von welchen 3 Paar nebeneinander liegen, wie in Fig. 70 zu ersehen, und je durch 207 Röhren von 60 Millimeter und 30 unteren Röhren von 102 Millimeter Durchmesser mit einander verbunden, so dass das Gesamttröhrensystem in 3 Abtheilungen getheilt ist, zu welcher je ein Oberkessel D gehört, welche unter sich mit dem Rohre d verbunden sind, und mit diesen wieder die beiden Dampfsammler S_1 und S_2 durch das Rohr e verbunden. Die Wasserkammern stehen jedoch nicht mit dem Paar der Oberkessel in Verbindung; es wird vielmehr die Wassercirculation in einer anderen Weise erzielt, wie wir aus Folgendem ersehen werden.

Das frische Speisewasser (Condensationswasser der Dampfmaschinen) tritt in einen der 6 durch Rohre r verbundenen und im Rauchkanal liegenden Vorwärmer V ein und durchläuft diese sämtlich, um am 6. mit einer Temperatur von 70—85° C. aus und in den Oberkessel D_1 einzutreten, wo es sich mit dem Circulationswasser mischt. Die Oberkessel D_1 und D_2 sind durch eine Blechwand w 200 Millimeter bis über den normalen Wasserstand in zwei Theile getheilt, so dass das durch den Verbindungsstutzen t aus den Röhrensystemen aufsteigende Wasser hin und her laufen muss, auf welchem Wege der Schlamm und die kesselsteinbildenden Sub-

stanzen zum grossen Theile von den in diesen Oberkesseln vertical aufgestellten durchlochtem Platten $p p$ aufgefangen werden und erst nach einigen Monaten herausgeholt zu werden brauchen. In dem Oberkessel D_3 ist eine solche Scheide- oder Mittelwand nicht vorhanden und wird von hieraus das Wasser durch das Abführungs- oder Fallrohr R nach dem Schlammssammler M abgeführt und von hier durch das zweiarmige Kupferrohr U , welches mittelst einer Reihe kleiner Stützen o mit der Wasserkammer k_1 in Verbindung steht, in ziemlich gereinigtem Zustande dem Röhrensysteme wieder zugeführt. Durch diese Arbeitsweise des Kessels wird das Ansetzen resp. die Bildung des Kesselsteins in den Röhren fast ganz vermieden, indem sich der Schlamm und die kesselsteinbildenden Substanzen in den Oberkesseln, Vorwärmern und Schlammssammlern ansammeln. So wurde nach einer Betriebszeit von 21 Monaten, bei dreimonatlicher Reinigung des Kessels, 10179 Kilo Ausscheidung aus den Oberkesseln herausgeholt. Von dieser Ausscheidung fanden sich 3—5% als lose Schalen in den Rohren selbst vor; ein grosser Theil der oberen Röhren soll während dieser Betriebszeit von 21 Monaten gar nicht geöffnet worden sein. Aus den Vorwärmern wurden nach 18 Monaten ca. 900 Kilo und aus dem sogenannten Schlammssammler nur ca. 200 Kilo Schlamm bei der Reinigung herausgeholt. Doch ist hierbei noch zu bemerken, da dem Kessel täglich vorläufig 60 Kubikmeter Speisewasser zugeführt wurden, dass aus den Oberkesseln täglich zweimal je $\frac{1}{2}$ Kubikmeter Wasser abgelassen wird, um so die leichtlöslichen Koch- und Schwefelsauresalze zu entfernen.

Wegen der colossalen grossen Heizfläche des Kessels musste sowohl am hinteren, als auch am vorderen Ende desselben eine Feuerung angebracht werden, und zwar befindet sich vorne der altbekannte Langen'sche Etagenrost, dessen Rostträger durch Röhren i gebildet und durch Wassercirculation gekühlt werden, was eben neu an diesem Roste ist, und hinten die weniger bekannten Schulze-Röver'schen Roste mit einer Kohlentransportschnecke. Die Feuergase vertheilen sich vom Rost aus gleich nach oben, indem sie durch Platten hin und her geführt werden, durch das ganze Rohrsystem, um links und rechts durch die schmiedeisernen Abzugskanäle Z nach den Vorwärmern geführt zu werden. Die Heizgase werden hier durch die Anwendung der Vorwärmer besser und vollkommener ausgenutzt, als bei allen den übrigen besprochenen Wasserröhrenkesseln.

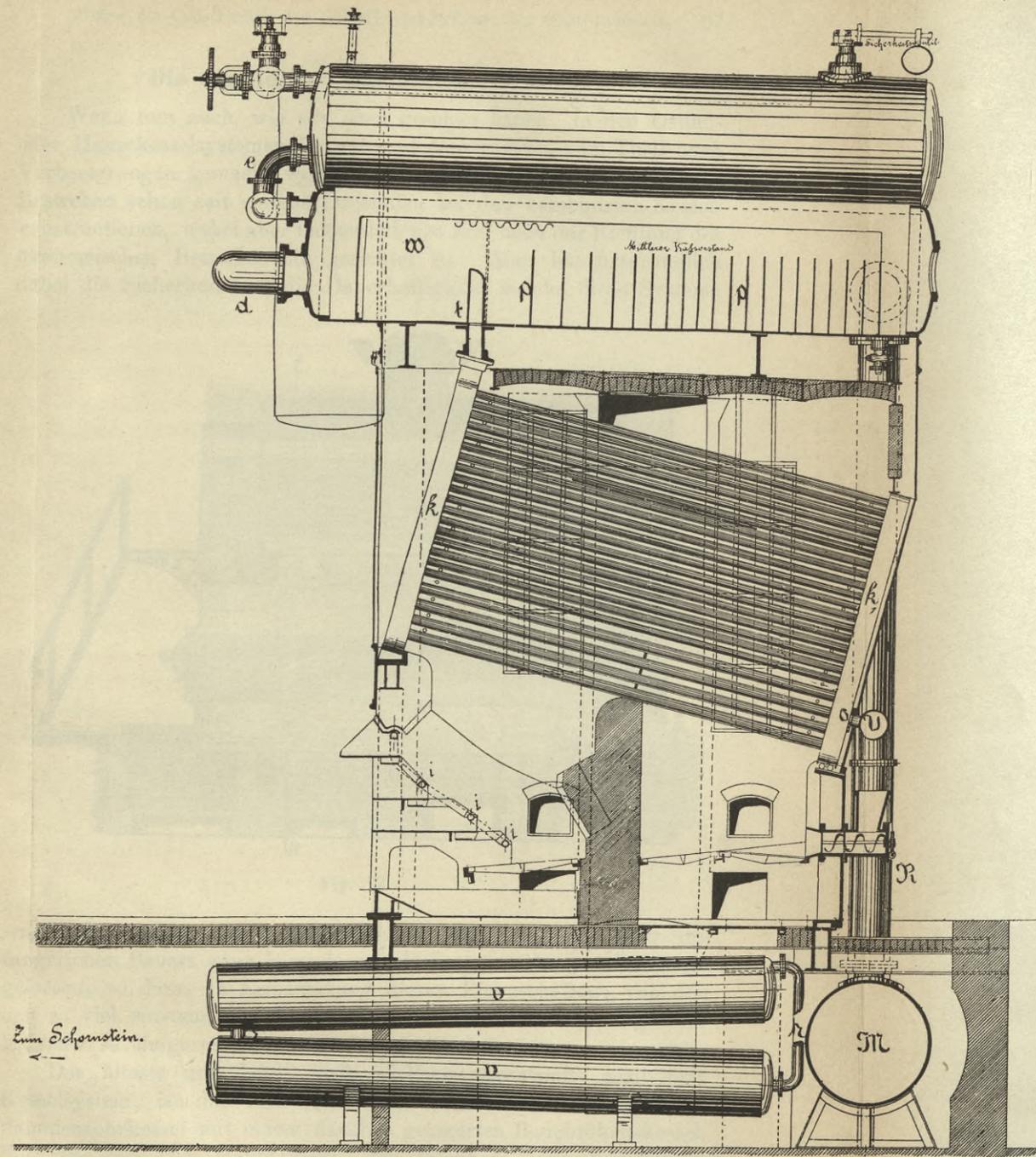
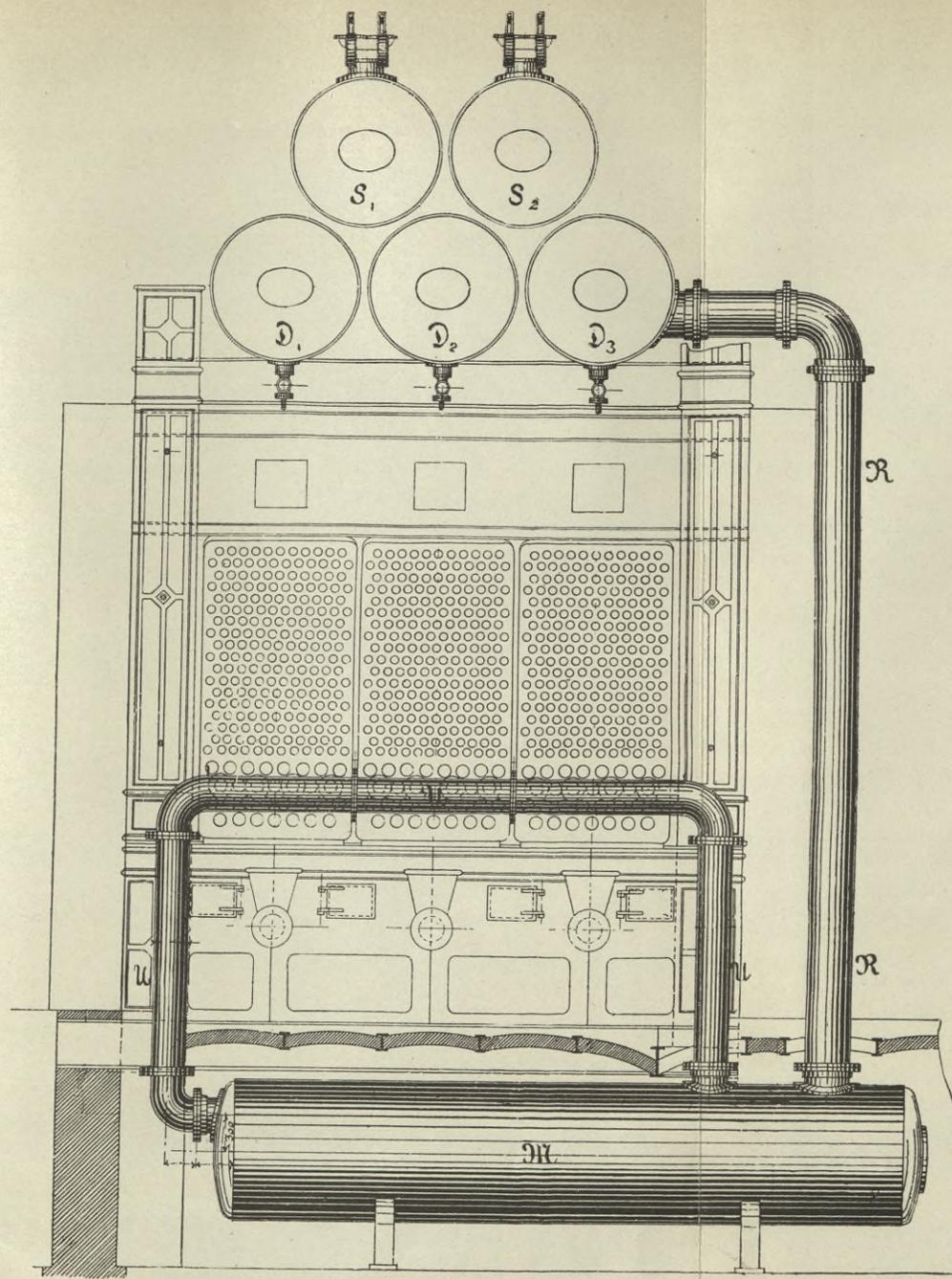


Fig. 69.



Hinterer Ansicht.

Fig. 70.

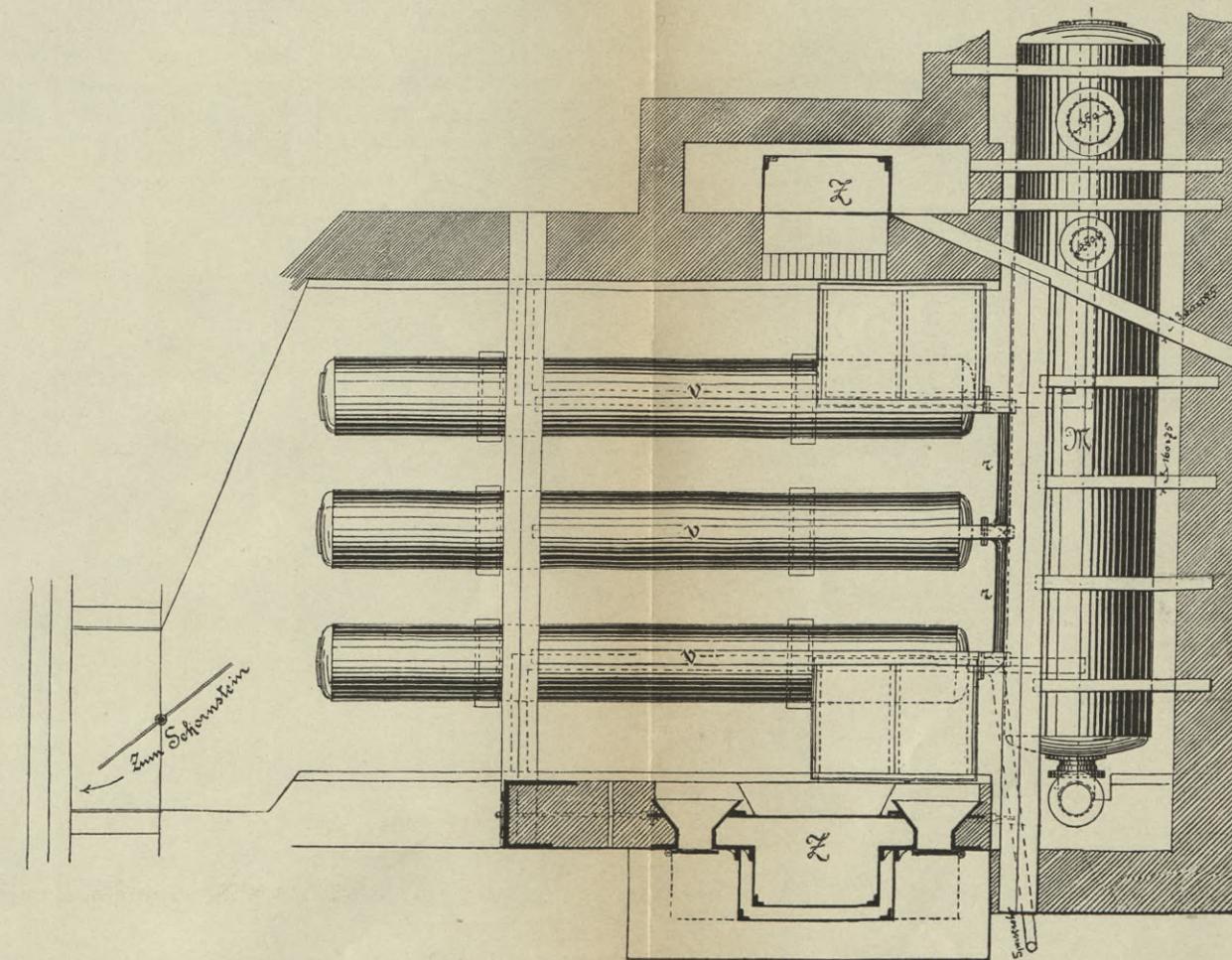


Fig. 71.

Riesen-Kessel von Gebr. Stollwerk in Köln.

Die combinirten Dampfkessel-Systeme.

Wenn nun auch, wie wir oben gesehen haben, in den Grund- oder Hauptkesselsystemen fortwährend Neuerungen, zum Theil auch Verbesserungen gemacht werden, so beobachten wir fast das gleiche Bestreben schon seit einigen Decennien bei den combinirten Kesselconstructions, wobei aber namentlich das Ziel nach der Richtung des ökonomischen Betriebes hin gerichtet ist. Man hat ursprünglich dabei die Sicherheit und die Dauerhaftigkeit, welche diese Systeme

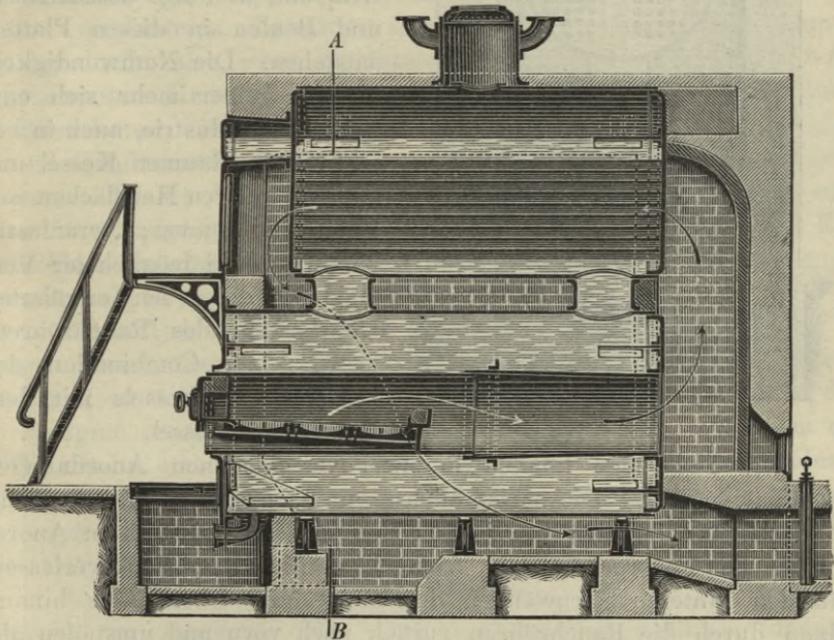


Fig. 72.

wegen ihrer ungeheueren Kostspieligkeit und der Natur ihrer umfangreichen Bauart ganz besonders bedürfen, zu sehr aus dem Auge gelassen, so dass, in Ermangelung dieser Eigenschaften, von den erst so viel entstandenen Systemen dieser Art nur noch einige ihre Existenz so einigermaßen haben behaupten können.

Das älteste und heute noch vielfach angewandte combinirte Kesselsystem, ist das von Tischbein, bestehend aus einem Zweiflammrohrkessel mit einem darüber gelagerten Rauchröhrenkessel, Fig. 72--75. Der Hauptzweck, den Tischbein hiermit verfolgte, ist folgender:

Der Flammrohrkessel bedingt bei grösserer Heizfläche sehr

grossen Raum, während bei dem Rauchröhrenkessel der Uebelstand unvermeidlich ist, den Kesselmantel von den Feuergasen zuerst umspülen zu lassen, also eine Fläche, welche an und für sich aus

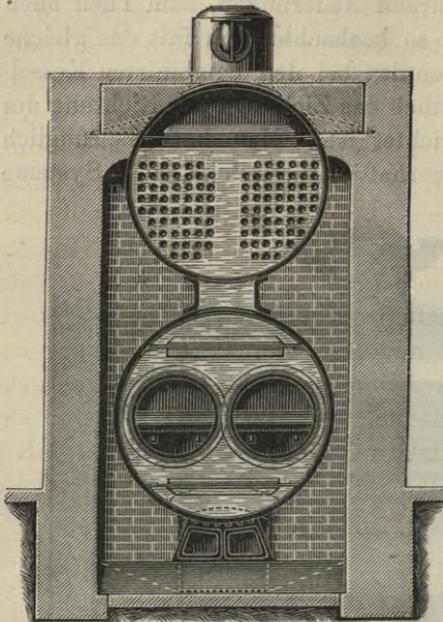


Fig. 73.

starkem Bleche hergestellt und auch noch durch Schlamm und Kesselstein leicht verunreinigt wird, wodurch bei solchen Kesseln in zahlreichen Fällen Erglühen der unteren Mantelplatten eintritt, und in Folge dessen Risse und Beulen in diesen Platten entstehen. Die Nothwendigkeit für die immer mehr sich entwickelnde Industrie, auch in beschränkten Räumen Kessel mit grossen inneren Heizflächen anlegen zu können, veranlasste Tischbein, bei möglichster Vermeidung der oben erwähnten Uebelstände des Rauchröhrenkessels, zur Combination des Zweiflammröhrenkessels mit dem Rauchröhrenkessel.

Die Feuerzüge können in zwei verschiedenen Anordnungen geführt werden. Die meistüblichste und auch wohl die vortheilhafteste ist die nach der in den Fig. 72—75 dargestellten Anordnung. Die Feuergase ziehen, nachdem sie die Flammrohre verlassen, an den hinteren Stirnwänden des Unter- und Oberkessels hinauf, dann durch die Rauchröhren zurück nach vorn und umspülen alsdann von da an die beiden Kesselmäntel entweder einschliesslich oder auch ausschliesslich des Dampfraumes, um unterhalb des Unterkessels durch den Fuchskanal nach dem Schornstein zu entweichen, wie die Pfeile in den Figuren dies andeuten. Das ganze Umfangsmauerwerk ist, wie aus den Figuren schon zu ersehen, sehr einfach und kommt mit dem Kessel auch nur sehr wenig in Berührung, so dass die ganze wasserberührte Fläche des Kessels als Heizfläche zu Nutze gemacht wird, und zudem rundum leicht befahren und von Russ und Flugasche auch gründlich gereinigt werden kann, wie es wohl bei keinem anderen Kesselsystem leichter ausführbar ist.

Angewendet wird dieses System in Grössen bis zu 200 Quadratmeter Heizflächen und darüber, und ist in diesen Dimensionen sogar schon in einer grossen Zahl in Anwendung.

Zu berücksichtigen ist aber bei der Anschaffung eines solchen combinirten Kessels, dass die quantitative Verdampfungsfähigkeit des Ober- resp. Rauchröhrenkessels im allergünstigsten Falle nur die Hälfte von dem des Unter- resp. Flammrohrkessels beträgt; denn wie wir früher schon bei der Besprechung des Rauchröhrenkessels darlegten, darf dieser Kessel, wenn er einigermassen ökonomisch arbeiten soll, nur bis zu einer quantitativen Leistung von 10 Kilo Wasser pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche Verdampfung in Anspruch genommen werden, während die Siede- und Flammrohrkessel das Doppelte bequem leisten können, ohne dabei an der qualitativen Leistung etwas einzubüssen. Somit können oder dürfen also, wenn ökonomisch gearbeitet werden soll, mit der gesammten Heizfläche des combinirten Flammrohr- und Rauchröhrenkessels im Durchschnitt nur 15 Kilo Wasser pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche verdampft werden, anderenfalls geht, wenn also die Kesselanlage mit solchem Systeme zu klein oder unrichtig angelegt ist, die qualitative Leistung, d. h. die mit 1 Kilo Kohle zu verdampfende grösste Wassermenge, der Ueberanstrengung entsprechend zurück.

Zwei Uebelstände haften jedoch dem System Fig. 74 und 73 an. Durch die geringe Verdampfungsoberfläche, d. i. der Wasserspiegel im Oberkessel, im Verhältniss zur Heizfläche und zu den erzeugten meist sehr grossen Dampfmengen, ist das Wasser an der Oberfläche stets in so starker wallender Bewegung, dass dadurch sehr viel Wassertheile mit dem Dampf übergerissen werden. Dieser Uebelstand macht sich bei manchen Verwendungsarten in der Industrie stark fühlbar.

Um diesem Uebelstand abzuhelpen, wurden in neuerer Zeit diese Kessel so construirt, dass ihre Verdampfungsoberfläche dadurch sich vergrösserte, dass auch der Unterkessel einen Dampfraum, folglich auch eine Verdampfungsoberfläche erhielt. Es wurden nach dieser Richtung hin verschiedene Constructionen vorgeschlagen und auch versuchsweise ausgeführt, wie z. B. von Weinlig, Piedbœuf und Paucksch. Eine der praktischsten Constructionen dieser Art zeigen uns die Fig. 74 und 75, wie sie von der Firma J. Prégardien vielfach ausgeführt wird. In dem Unterkessel ist der mittlere Wasserstand durch die Linie *ba* und in dem Oberkessel durch die Linie *cd* angedeutet. In der Höhe der letztgenannten Linie mündet das Ueberlaufrohr *f* aus, welches mit dem Wasserraum des Unterkessels stets in Verbindung bleibt und mit dem Boden des Oberkessels innerhalb des Verbindungsstutzens dicht verbunden ist. Der Oberkessel wird durch das Rohr *o* zuerst gespeist, und von diesem

Kessel aus durch das Ueberlaufrohr *f* der Unterkessel, so dass der Wasserstand im Oberkessel nicht höher als bis zu der Linie *cd* steigen kann. Wasserstandzeigapparat ist sowohl für den Oberkessel an dem Stutzen *t*, als auch an dem Unterkessel angebracht;

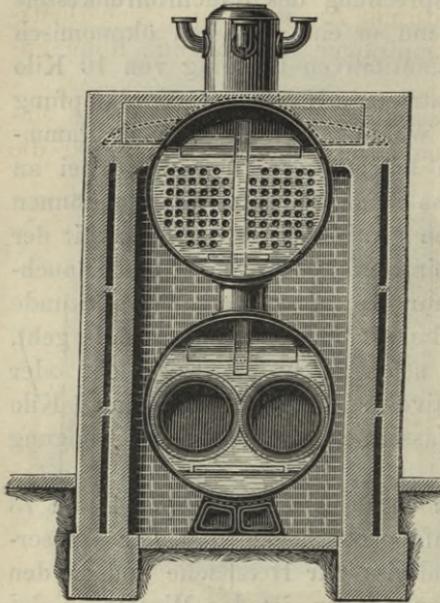


Fig. 74.

g und *g*₁ sind Ablassrohre. Die beiden Dampfäume sind durch das Rohr *k* mit einander verbunden. Bei *M* befindet sich das Mannloch zum Befahren des Unterkessels, zu welchem Zweck dieser soviel verlängert ist, um somit auch bequem zu diesem Mannloch gelangen zu können, eine wesentliche Bequemlichkeit, welche wir an allen übrigen combinirten Flammrohr- und Rauchröhrenkesseln sehr vermissen.

Die Einmauerung ist hierbei dieselbe, wie die in Fig. 72 und 73, nur ist bei der Construction in Fig. 74 und 75 zu beachten, dass die Stirnwand des Unterkessels in der Gegend des Dampfraumes gegen Ueberhitzung geschützt

werden muss, zu welchem Zweck an dieser Stelle vor der Stirn- wand, also oberhalb der Flammrohröffnung, eine kleine Chamotten- mauer gezogen ist.

Der zweite Uebelstand dieser combinirten Kessel ist der, dass die Stutzenverbindungen zwischen den beiden Kesseln an ihren Nietungen sehr leicht undicht werden und hierdurch oft Betriebs- störungen, in einzelnen Fällen sogar auch gefährliche Zustände herbeigeführt werden.

Paucksch verlegte nun, um die Verbindungsstutzen ganz zu vermeiden, besondere engere Verbindungsrohre der Wasser- und der Dampfäume ausserhalb des Kesselmauerwerkes, so dass diese nicht mit den Heizgasen in Berührung kamen. Das Dampfrohr ist hierbei vollständig unverschlossen, während im Wasserrohr sich eine Vorrichtung befindet, welche den Wasserzfluss vom Ober- kessel zum Unterkessel regelt.

Der Uebelstand ferner, dass bei schlechtem Speisewasser die festen Bestandtheile sich in den zuerst gespeisten Oberkessel ab- lagern, während dem Flammrohrkessel, der seiner Construction nach

leichter starken Kesselsteinansatz verträgt, nur bereits abgekochtes Wasser aus dem Oberkessel zufließt, veranlasste Kessel-fabrikanten, das Ueberlaufrohr als an und für sich unwesentlich fortzulassen und jeden Kessel besonders zu speisen. Es muss dann aber der Unterkessel mit sämtlichen gesetzmässig vorgeschriebenen Armaturgegenständen versehen sein, mit Ausnahme des Sicherheits-ventils, d. h. wenn das die Dampf Räume verbindende Rohr un-verschliessbar ist.

Die Einmauerung dieser Kesselsysteme ist die denkbar ein-fachste, wie schon aus den Figuren hervorgeht; es genügt für die

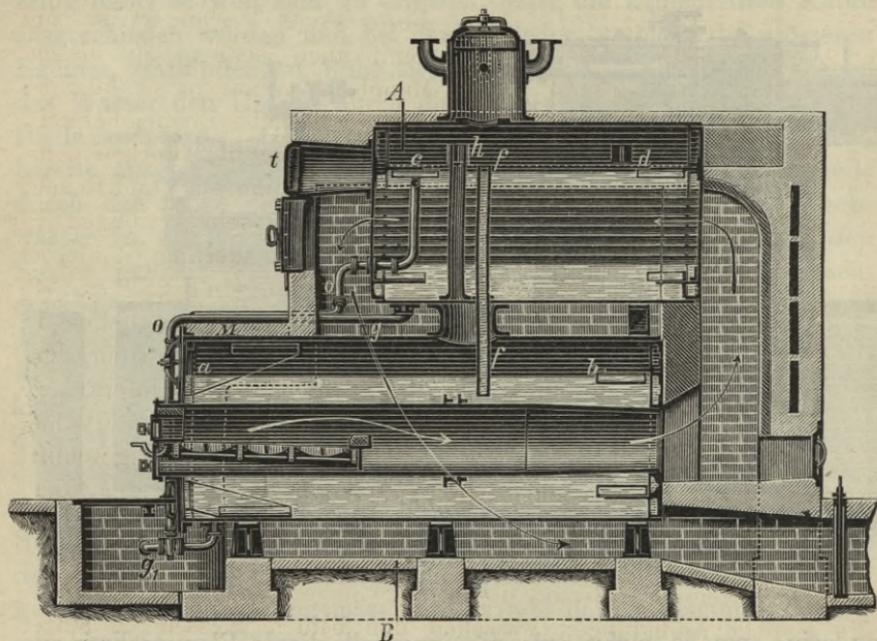


Fig. 75.

Umfassungsmauern eine Stärke von $1\frac{1}{2}$ Stein, oder was dasselbe ist: 380—400 Millimeter Dicke. Um nun auch die Wärmeausstrahlung durch das Mauerwerk auf ein Minimum zu beschränken, werden Luftkanäle von 50—60 Millimeter Weite in der Umfassungsmauer luftdicht mit eingemauert, wie in Fig. 74 und 75 zu ersehen; denn Luftschicht ist bekanntlich der schlechteste Wärmeleiter, den es überhaupt giebt, d. h. wenn sie rundum vollständig luftdicht eingeschlossen ist, dass also keine Luftbewegung in diesen so gebildeten Kanälen nach innen und aussen entstehen kann.

Seit ganz neuer Zeit hat die Firma K. & Th. Möller noch eine

Veränderung in dem Bau dieser combinirten Kesselsysteme vorgenommen, indem sie den untergelegten Zweiflammrohrkessel durch einen Kessel mit dem bekannten seitlich angeordneten weiten Wellblechflammrohr ersetzt, von den Dampfträumen jedoch nur den einen im Oberkessel beibehält. Welchen Vortheil die Wahl des Seitrohrkessels, mit Ausnahme des besseren Reinigens am Boden desselben, bietet, ist uns noch unbekannt geblieben. Um eine vollkommenere Verbrennung der brennbaren Gase auch hierbei mit dem Wellblechrohre erzielen zu wollen, dazu scheint uns aber die Länge desselben resp. des Unterkessels von nur 3,5 Meter viel zu kurz

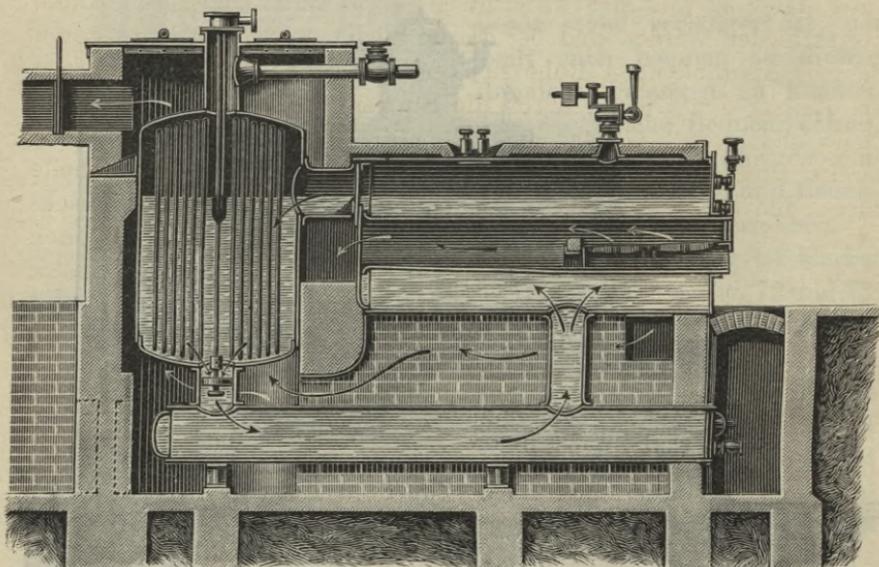


Fig. 76.

zu sein, um so mehr, als die innerhalb dieses Flammrohres angebrachten Roste schon eine Länge von 1,4 Meter ausmachen!

Die Fig. 76 zeigt uns ebenfalls einen combinirten **Zweiflammrohr- und Rauchröhrenkessel**, aber mit dem Unterschiede, dass hierbei der Rauchröhrenkessel vertical und ausserdem noch ein untergelegter Siederkessel angeordnet ist. Es ist hierbei von den Erbauern dieses Kesselsystems (die Firma Leinweber & Co.), das Princip des Dupuikessels zu Grunde gelegt (siehe Handbuch über vollständige Dampfkesselanlagen vom Verfasser dieses, Seite 102). Der Oberkessel ist einerseits mit dem Rauchröhrenkessel in der Höhe des mittleren Wasserstandes durch einen horizontalen Stutzen, und anderseits durch zwei verticale Stutzen mit dem untergelegten Siederkessel verbunden.

Das eigentliche Neue, was Leinweber & Co. bei diesem Kesselsystem geschafft haben, ist die patentirte Einführungsweise des Speisewassers in den Sieder. Dasselbe wird mittelst des in der Mitte des Röhrenkessels hängenden Rohres, an dessen unterem Ende, also in dem Stutzen zwischen Röhrenkessel und Sieder, ein Saugapparat sich befindet, in den Sieder geführt, und zwar derart, dass eine sofortige Mischung des kälteren Speisewassers mit einer gewissen Menge des heissen Kesselwassers soweit erfolgt, dass dasselbe noch veranlasst wird, vermöge der grösseren specifischen Schwere des Gemisches in den Sieder zu fallen aber auch gleichzeitig dabei so weit sich zu erhitzen, dass die kohlsauren Kalke ausgeschieden werden und bei der im Sieder, vermöge des grösseren Raumes, stattfindenden Ruhe sich niederschlagen können, während das Wasser den Umlauf durch die Stutzen annehmen soll, wie die Pfeile andeuten. Gleichzeitig sollen die in dem Oberkessel etwa bereits ausgeschiedenen und zu Boden gesunkenen Schlammtheile durch den Stöss des einströmenden Speisewassers mit dem Mischwasser in den kurzen Stutzen hineingezogen und dann in den Sieder geführt werden. Da dieser Sieder von den Heizgasen, nachdem diese aus den Flammrohren durch die Seitenkanäle und alsdann unterhalb des Oberkessels entlang nach vorn sich begeben haben, auf diesem Wege nur an seiner oberen Seite bespült werden kann, so können in demselben keine oder nur sehr geringe, durch Dampfbildung erzeugte Strömungen stattfinden. Es werden daher auch die ausgeschiedenen mineralischen Bestandtheile bei der ruhigen Bewegung des Wassers aus dem Röhrenkessel durch den Sieder und den langen Stutzen in den Flammrohrkessel sich in den Sieder ablagern, aus welchem sie dann hin und wieder abgelassen werden. Demgemäss wird sowohl in dem Flammrohrkessel, wie auch in den Röhrenkesseln ziemlich gereinigtes Wasser sich befinden, und werden die in letzterem sich bei der Verdampfung noch ausscheidenden mineralischen Bestandtheile Gelegenheit haben, mit den zwischen Rohrbündeln naturgemäss weniger oder nach unten sich bewegenden Wassermengen nieder zu sinken und gleichfalls durch den kurzen Stutzen in den Sieder oder Schlammsammler gelangen.

Da die Entnahme der Dämpfe bei diesem Kesselsystem an der höchsten Stelle des verticalen Röhrenkessels erfolgt, so müssen die Dämpfe um so mehr von hoher Trockenheit sein, als die mit denselben mitgerissenen Wassertheilchen beim Durchstreichen der Räume zwischen den durch den Dampfraum gleichzeitig mit hindurchgehenden Heizröhren noch zum grössten Theile verdampft werden.

Der Wasser- und Dampfraum, sowie die VerdampfungsOber-

fläche sind bei diesem System ebenfalls in richtigem Verhältniss zu der Heizfläche angeordnet, was eine ruhige Dampfentwicklung und geringe Schwankungen der Dampfspannung verbürgt.

Der in den verticalen Röhren sich ansetzende Russ muss von Zeit zu Zeit, je nach Art und Beschaffenheit des Brennmaterials, entfernt werden, und geschieht dies, wie auch bei den liegenden Rauchröhrenkesseln, durch Auswischen mittelst runder, an einer dünnen Eisenstange befestigter Drahtbürste, zu welchem Zweck in dem Deckel über der Rauchkammer in entsprechender Weise Klappen angebracht sind.

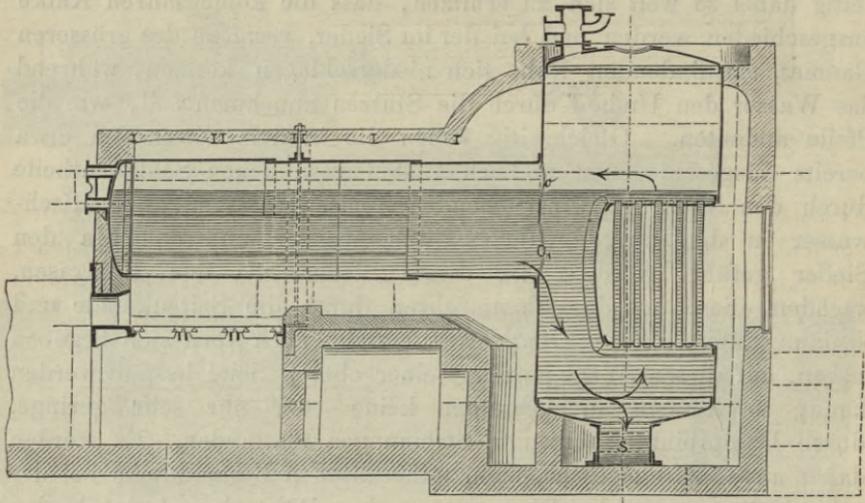


Fig. 77.

Im Vergleich zu dem besprochenen combinirten Flammrohr- und Röhrenkesselsystem bietet dieses Dupui-Leinweber'sche Kesselsystem noch den Vortheil, dass die verticalen Röhren sich nicht so leicht mit Russ und Flugasche bedecken können, und ferner die Röhren vom Ansetzen des Kesselsteins bedeutend mehr verschont bleiben.

Während Dupui einen Walzenkessel und Leinweber & Co. einen Zweiflammrohrkessel und Sieder mit einem verticalen Rauchröhrenkessel in Verbindung brachte, combinirte Kux in derselben Weise einen verticalen Wasserröhrenkessel mit einem Flammrohrkessel und Sieder (siehe Handbuch über vollständige Dampfkesselanlagen vom Verfasser dieses, Seite 103). Diese Combination hat sich jedoch in ihrer ursprünglichen Gestalt in der Praxis so recht keine Bahn zu brechen vermocht, und wurde daher später von der Firma F. A. Neumann reconstruirt, und zwar in der Weise, wie wir sie in den Fig. 77—81 dargestellt finden. Wie aus diesen Figuren schon

zu ersehen, wählte Neumann zu dieser combinirten Construction sowohl einen Walzen- als auch einen Einflammrohrkessel, und führte den verticalen Kessel nur zum Theil als Wasserröhrenkessel aus, um somit eine directe, also eine solidere Verbindung dieses

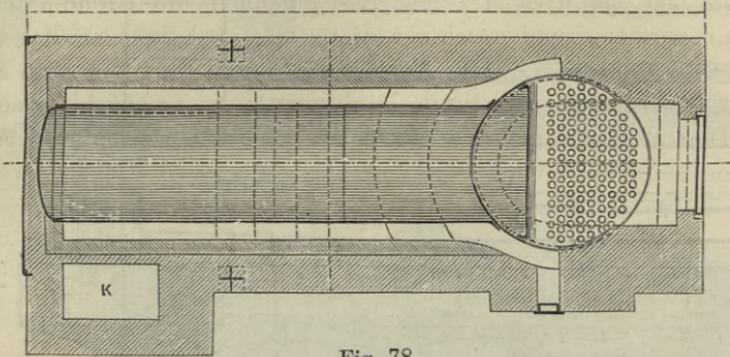


Fig. 78.

Kessels mit dem Hauptkessel zu ermöglichen, während Kux den verticalen Kessel mit dem Hauptkessel und untergelegten Sieder nur mittelst Stützen mit einander verband. Bei der Construction Fig. 77—79 ist die Verbindung der inneren Räume der beiden

Kessel auch nur durch die beiden runden Oeffnungen o und o^1 hergestellt. Die Heizgase umspülen hierbei zuerst die untere Hälfte des horizontalen und zum Theil des verticalen Kessels, indem sie hierauf von beiden Seiten in die Röhrenkammer treten, von wo aus sie alsdann nach oben um den Dampfraum des verticalen und über denselben des horizontalen Kessels nach dem zum Schornstein führenden Kanal k ziehen, so dass die Feuergase hierbei eigentlich

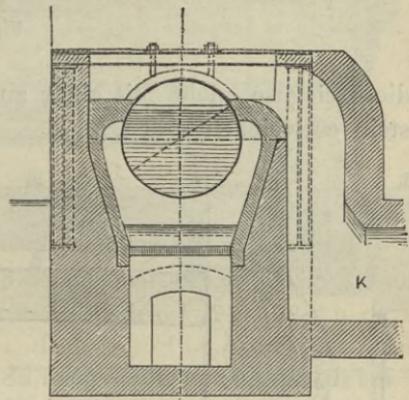


Fig. 79.

nur zwei Wege machen; es fragt sich nun, ob diese auf einem solchen kurzen Wege ihre Temperatur in genügender Masse werden abgeben können. Ebenso machen die Feuergase bei der Construction Fig. 80 und 81 auch nur zwei Wege: Aus dem Flammrohr tretend, umspülen sie direct die engen Röhren, von wo aus sie alsdann, indem sie noch zum grössten Theil den verticalen Kessel berühren, unterhalb des horizontalen Kessels nach dem zum Schornstein führenden Kanal k ziehen. Jedenfalls müssen bei beiden

Constructions die Querschnitte der Feuerkanäle sehr gross und die Rostfläche verhältnissmässig sehr klein berechnet werden, wenn

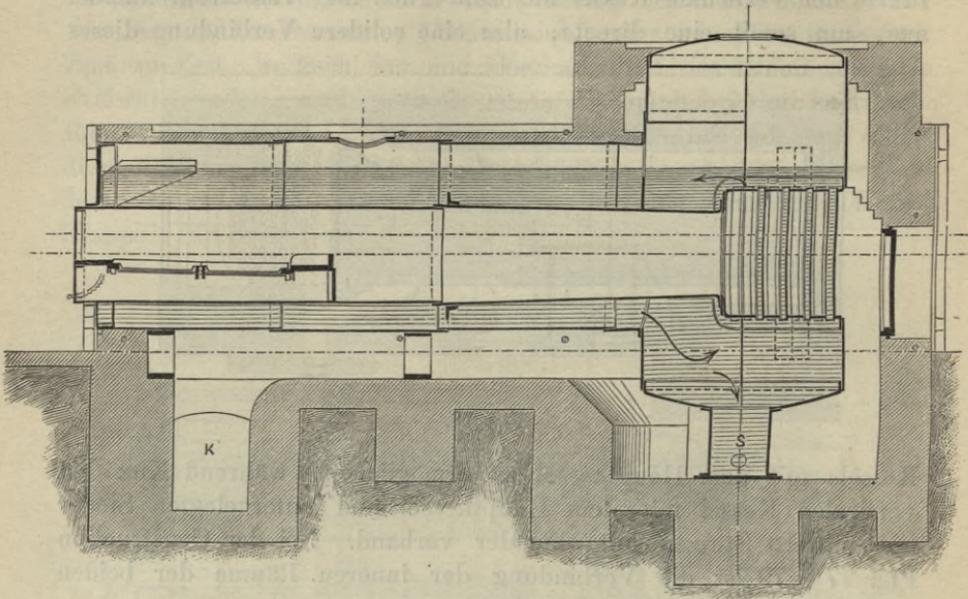


Fig. 80.

die Heizgase nicht mit einer zu hohen Temperatur in den Schornstein entweichen sollen.

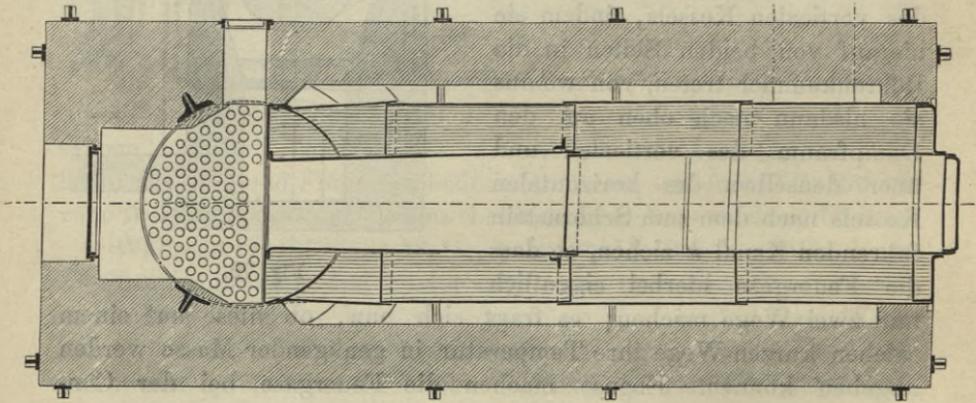


Fig. 81.

Die Wassercirculation wird bei dem Kessel Fig. 80 und 81 eine wesentlich lebhaftere sein, als bei dem Kessel Fig. 74—76, da bei dem ersteren die engen Röhren mehr direct von den Feuer-

gasen getroffen werden, als bei dem letzteren; denn eben von der mehr oder weniger grossen Erhitzung dieser Röhren ist auch eine mehr oder weniger lebhaftere Circulation, also auch eine mehr oder weniger grosse Leistung der Kessel abhängig; ferner wird auch um so mehr der Schlamm mit in den Schlammsammler *S* gezogen werden, je stärker die Circulation stattfindet.

Wegen der Natur der Bauart dieses Kesselsystems wird sich dasselbe nur bis zu einer Grösse von höchstens 60 Quadratmetern Heizfläche rationell construiren und bauen lassen.

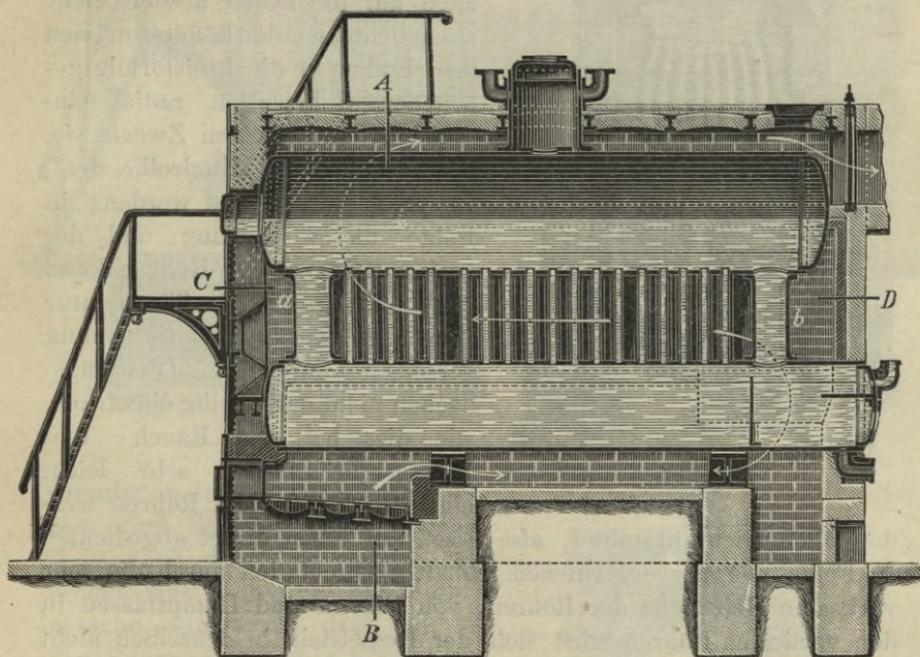


Fig. 82.

Endlich zeigen uns die Fig. 82—85 noch ein neues **combinirtes Kesselsystem, Patent Prégardien**. Die Grundlage desselben bilden die alten bewährten Kesselconstructionen, als Bouilleur-, Cylinder- und Flammrohrkessel, und besteht die Neuerung bei denselben hauptsächlich darin, dass die übereinander liegenden Cylinder- oder Flammrohrkessel mit Cylinder-Oberkessel in ihrer Längenrichtung durch patentgeschweisste enge Röhren von ungefähr 1 Meter Länge verbunden sind, um so einen grösseren Wasser- und Dampfraum, sowie grössere Heizfläche zu erzielen, besonders aber, dass durch die eigenthümlich patentirte Anordnung der verticalen Verbindungsrohre, die im Unterkessel über directer und undirecter Heizfläche

entwickelten Dämpfe resp. Dampfbläschen ohne Umweg durch die vielen Verbindungsröhren unbehindert direct nach dem Oberkessel entweichen können. Die an den Enden angebrachten Stützen *a* und *b* bezwecken die feste Verbindung des Unterkessels mit dem

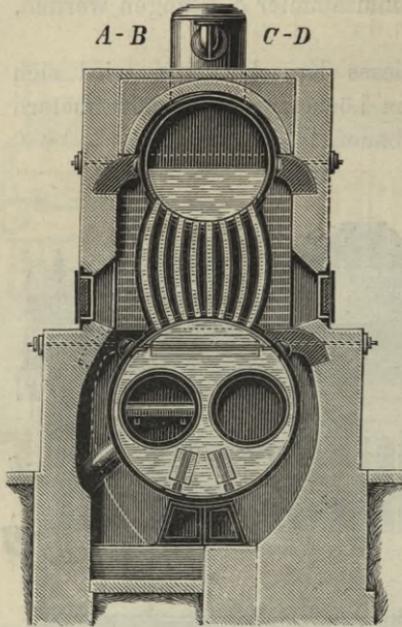


Fig. 83.

Oberkessel, so dass die engen Röhren von dem Oberkessel nicht im Geringsten belastet werden. Damit die Röhren in die verstärkten Rohrplatten mit der Rohrwalze auch auf die Dauer absolut dicht eingedichtet werden können, müssen ihre Enden in die kreisförmig gebogenen Rohrplatten radial einmünden, zu welchem Zweck sie, mit Ausnahme der Mittelreihe, dementsprechend gebogen werden; in Folge dieser Biegung und der geringen Länge der Röhren kann auch die durch die Temperatur hervorgerufene Längenausdehnung derselben auf ihre Dichtungsflächen nicht nachtheilig einwirken, wie dies bei den Rauch- und Wasserröhrenkesseln sehr leicht eintreten kann. Die Röhren werden

ohne Dichtungsmittel, also Eisen auf Eisen direct abgedichtet. In Folge der hervorgerufenen lebhaften Circulation durch die sehr wirksame Heizfläche der Röhren, von Wasser und Dampfblasen in den verticalen Röhren wird sich der Kesselstein in denselben nicht so schnell und leicht ansetzen können, als bei den horizontal liegenden Röhren, namentlich bei geringerer Circulation in denselben.

Ein gutes dauerhaftes Dichthalten der Dichtungsflächen der Röhren erscheint uns bei diesem Kesselsystem auch noch insofern gesichert zu sein, als dieselben innerhalb des Ober- und Unterkessels nur mit Wasser und nicht, wie dies bekanntlich bei Rauchröhrenkesseln der Fall ist, mit scharfen, trockenen Heizgasen nachtheilig in Berührung kommen. Hiernach erhellt, dass dieses Patentkesselsystem ebensowenig Reparaturen unterliegen wird, als solid ausgeführte Bouilleur- und Flammrohrkessel.

Die Speisung erfolgt in dem Unterkessel, wo zum grössten Theil der Schlamm und Kesselsteintheile niederschlagen, weil, wie

uns bekannt, da am meisten Kesselstein ausscheidet, wo die höchste Temperatur herrscht. In Folge dieses Umstandes und der lebhaften

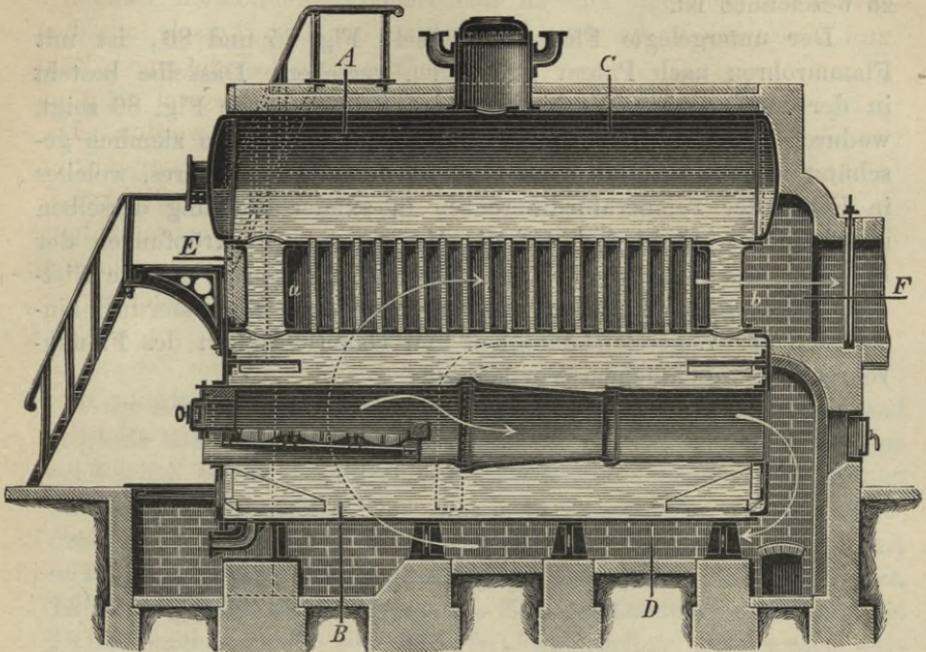


Fig. 84

Circulation in den verticalen Röhren wird Schlamm und Kesselstein nach dem Unterkessel gebracht, was auch wohl die Hauptursache sein wird, dass sich in den Röhren sehr wenig Kesselstein ansetzen kann. Die Feuergase machen den Weg, wie die Pfeile in den Figuren andeuten.

Mit dem Umstande, auf einen verhältnissmässig kleinen Raum recht viel Heizfläche zu placiren, ist gleichzeitig mit diesem System ein so genügend grosser Wasser- und Dampfraum geschaffen, dass dasselbe auch für unregelmässigen Betrieb, also ausser Dampfmaschinenbetrieb, auch für grössere industrielle Trocken- und Koch-

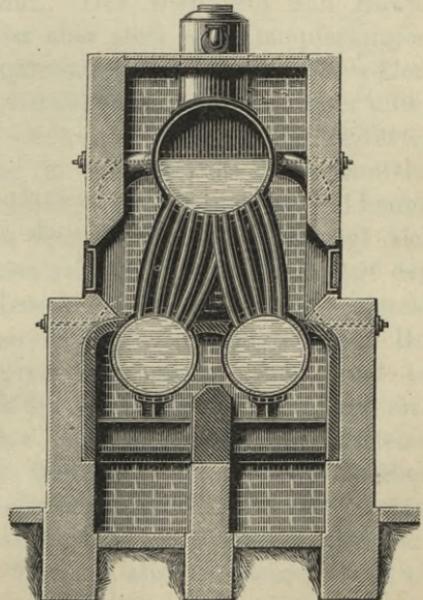


Fig. 85.

zwecke etc. mit Vortheil angewendet werden kann, so dass das Verhältniss des Wasserinhaltes zur Heizfläche als ein sehr günstiges zu bezeichnen ist.

Der untergelegte Flammrohrkessel, Fig. 85 und 86, ist mit Flammrohren nach Patent Prégardien versehen. Dasselbe besteht in der muffenartigen Verbindung der Schüsse, wie Fig. 86 zeigt, wodurch nicht nur die Niete vor directen Heizgasen ziemlich geschützt werden, sondern auch das Federn des Flammrohres, welches in Folge der Temperaturdifferenzen in axialer Richtung desselben stattfindet, wird hierbei auf die Muffen resp. Verkröpfungen der Schüsse, und nicht wie bei den glatten Flammrohren, auf die Niet- oder Bördelverbindung etc. übertragen, welche Verbesserung hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit und Dauerhaftigkeit des Flammrohres von wesentlichem Vortheil ist.

Zweiter Abschnitt.

Die Dampfkessel der Klein-Industrie.

Im Allgemeinen können wir diese Kesselsysteme in stehende und liegende eintheilen. Die stehenden Dampfkessel kommen fast ausschliesslich bei dem Dampfbetrieb des Kleingewerbes in Anwendung und zwar hauptsächlich aus dem sehr erklärlichen und leicht begreiflichen Grunde der grösstmöglichen Raumersparniss, mit welcher wohl jeder Kleinindustrielle in erster Linie zu rechnen hat. Es werden daher auch seit neuerer Zeit der Dampferzeuger und die Dampfmaschine sehr eng und fast unmittelbar miteinander verbunden, und wird dann ein so gestalteter Kraftentwickelungsapparat auch einfach Dampfmotor genannt. Der wichtigste und Hauptfactor eines jeden Dampfmotors ist aber stets sein Dampferzeuger; denn alle die verschiedensten Dampfmotore weichen nur in der Construction der Dampferzeuger von einander ab, wie wir weiter unten sehen werden, und muss bei denselben, wegen des angeführten Grundes, seine Ausdehnung mehr in verticaler als in horizontaler Richtung zum Austrage gebracht werden, so dass wir es hierbei hauptsächlich mit stehenden Kesseln zu thun haben. Man begnügt sich nun nicht mehr mit der Construction solcher Dampfmotoren mit den gewöhnlichen älteren stehenden Kesseln, sondern man ist vielmehr bestrebt, die Dampferzeuger dieser Motoren dem allgemeinen Bedürfniss des Kleingewerbes entsprechend umzugestalten, und ist dies Bestreben ebenso berechtigt als aner kennenswerth. Man will ihre Vorzüge, die grössere Billigkeit der Beschaffung und des Betriebes beibehalten, ihre Nachtheile aber beseitigen. Demgemäss streben die Constructeure dahin, den Kesselinhalt möglichst klein zu machen und die Explosionsgefahr zu vermindern, die bei einer etwa eintretenden Zerstörung entstehende Wirkung abzuschwächen, die Aufstellung unter bewohnten Räumen, den Bestimmungen des Gesetzes

gemäß zu ermöglichen und schnellere Inbetriebsetzung zu erreichen. Ferner macht man die Kesselspeisung zu einer beständigen, um die Gefahr des Wassermangels zu beseitigen und die Bedienung zu vereinfachen. Vor Allem ist ein besonderer Einmauerungs- u. Schornsteinbau nicht nöthig.

Auch steht das königlich Preussische Ministerium für Handel u. Gewerbe anscheinend im Begriff*), seitdem das Bedürfniss hervorgetreten ist, die heimischen Bestrebungen zur Herstellung und Verwendung kleinerer Dampferzeuger nachhaltiger als bisher durch polizeiliche Massnahmen zu fördern und unbeschadet des Sicherheitszweckes hierzu durch Herbeiführung von allgemeinen Erleichterungen von Amtswegen beizutragen; namentlich aber bei Anschaffung von sehr kleinen Dampferzeugern, bis zu etwa drei Pferdekräften, welche alsdann mit dem Namen „Zwergkessel“ bezeichnet werden sollen, um sie möglichenfalls von der Concessionspflicht zu befreien, wie es in Oester-

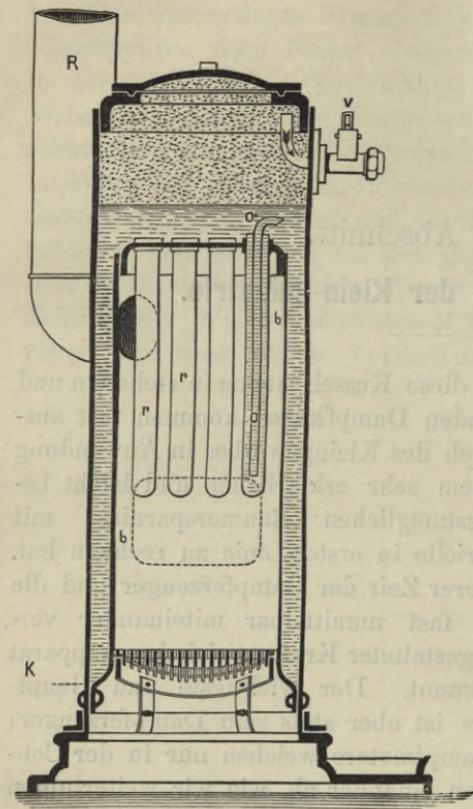


Fig. 86.

reich der Fall ist, und sie dann nur den in § 18 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln vom 29. Mai 1871 bezeichneten Kochkesseln und Dampfwicklern gleichzustellen. Es fragt sich nur, ob diese knappe Begrenzung bis zu drei Pferdekräften, die Bezeichnung „Zwergkessel“ im Allgemeinen hinreichend und zutreffend sein wird, und kommen wir daher auf diesen Punkt weiter unten nochmals zurück. Im Nachstehenden finden wir nun die gebräuchlichsten und verschiedenartigsten stehenden Kesselsysteme nebst den nothwendigsten Erläuterungen dargestellt.

Einer der ältesten und heute noch vielfach angewandten stehenden Kessel ist der Fieldkessel, Fig. 86. In die Feuerbüchse *b* sind so

*) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure Bd. XXXI Heft Nr. 9.

viel Rohre r eingehängt, als es die Decke derselben gestattet, und in diese mittelst konischer Ansätze eingedichtet. In jedem dieser Rohre befindet sich in einem gewissen Abstände von dem Boden der Rohre r ein kleines Rohr o , wodurch eine lebhafte Circulation des Wassers in diesen Röhren hervorgerufen wird, indem das Wasser in den Röhren r steigt, während es in den engeren Röhren o niederfällt, da die äussere, also ringförmige Wassersäule in den Röhren r bedeutend heisser ist, als das Wasser in den Röhren o . Die Vorzüge der Wassercirculation an den Heizflächen entlang sind uns ja bekannt und soll hier ebenfalls das Ansetzen des Kesselsteines in den Röhren r möglichst verhindert werden, was jedoch in allen Fällen lange nicht zutrifft, namentlich nicht bei sehr unreinem Wasser, bei welchem sehr bald die Böden der Rohre r bedeckt werden und schliesslich die untere Oeffnung der Rohre o sich verstopft, so dass dann nicht allein von einer Circulation nicht mehr die Rede sein kann, sondern auch alsbald die Böden der Rohre r durchbrennen. Dagegen bieten die frei herunterhängenden Rohre r den Vortheil, dass sie sich bei Temperaturveränderungen frei ausdehnen und zusammenziehen können, so dass eine Bewegung in den Dichtungsflächen der Rohre r und folglich ein Undichtwerden nicht so leicht stattfinden kann;

auch kann ein schadhaft gewordenes Rohr sehr leicht und in kurzer Zeit entfernt und ein neues eingehängt werden. An der tiefsten Stelle des Kessels müssen einige Reinigungsöffnungen, wie eine solche unten an dem Kessel Fig. 87 angegeben ist, stets angebracht sein, zur Entfernung des sich hier ansammelnden Schlammes. Man darf denselben niemals bis in die Höhe der Feuerschicht ansammeln lassen, anderenfalls das Blech der Feuerbüchse an dieser Stelle

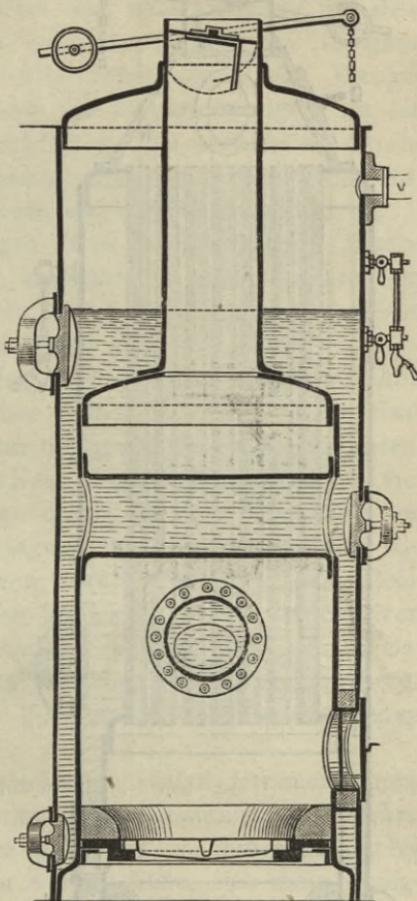


Fig. 87.

bald durchbrennen würde. *v* ist ein Stutzen für das Absperr- und Sicherheitsventil, und *R* Schornsteinrohr. Fig. 87 zeigt die Construction eines stehenden Kessels, bei welchem die Feuerbüchse mit Quersiedern durchsetzt ist, je nach der Grösse des Kessels werden

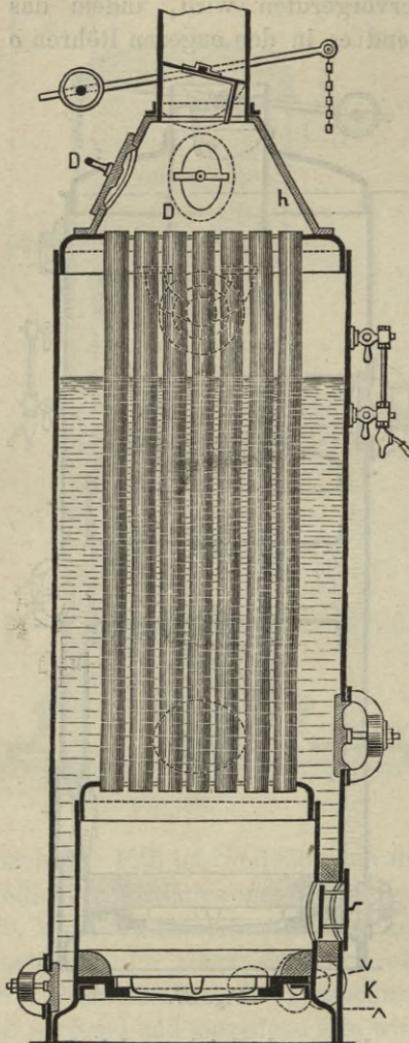


Fig. 88.

2—4 solche Quersieder angewandt. Doch bieten diese Kessel bei gleichen Dimensionen nicht so viel und wirksame Heizfläche, als die Fieldkessel, dagegen gewähren sie aber mehr Sicherheit gegen häufigere Reparaturen; anderseits aber leiden sie an dem grossen Uebelstande, dass die sehr schwierig herzustellenden Nietverbindungen später bei einer etwaigen Reparatur fast ganz unzugänglich sind. Um diesen Uebelstand gründlich zu beseitigen, haben es sich seit neuerer Zeit einige Kesselfabriken angelegen sein lassen, die Feuerbüchsen vollständig geschweisst herzustellen, also auch die Quersieder eingeschweisst, wodurch jegliche Gefahr des Leckwerdens einer Feuerbüchse beseitigt wird. Solche geschweisste Kessel haben sich seit der Zeit ihrer Einführung glänzend bewährt, stehen an Dauerhaftigkeit, selbst bei stark unreinem Wasser, dem einfachen Flammrohrkessel nicht nach und sind deshalb recht die geeigneten Kessel für Steinbrüche und Bauten etc., bei welchen es meistens an gutem Speisewasser fehlt, und bei denen durch Reparaturen und dadurch bedingte Betriebsstörungen leicht

grosse Verluste hervorgerufen werden können.

Zur Anbringung des Absperr- und Sicherheitsventiles dient der Stutzen *v*.

Fig. 88 stellt die Construction eines stehenden Kessels mit vertikalen Rauchröhren dar, welche letztere einfach in die Decke der

Feuerbüchse und des Kesselmantels, meistens mittelst einer Rohrwalze, eingedichtet werden. Die Construction ist somit die einfachste aller stehenden Kessel und bietet ausserdem durch die Anwendung der engen Rauchröhren eine bedeutend grössere Heizfläche, als der Kessel mit Quersiedern bei gleichen Dimensionen. Da die Rauchröhren mit durch den Dampfraum gehen, so wird dadurch der Dampf sehr trocken erhalten, was bei dem Kessel Fig. 87 mit dem durch den Dampfraum geführten Schornsteinrohre nur in ganz geringem Maasse erreicht wird. Die Miterhitzung des Dampfraumes ist gerade bei diesen Kesseln um so nothwendiger, als die aufsteigenden Dampfblasen eine sehr hohe Wassersäule zu durchstreichen haben und in Folge dessen sehr viel Wassertheile mitreissen, was namentlich bei sehr forcirtem Betriebe der Fall ist.

Die verschliessbaren Oeffnungen *D* in der gusseisernen Haube *h* auf dem Kessel dienen dazu, um dadurch die Rauchröhren, welche bekanntlich sehr bald dicken und festen Russ ansetzen, von diesem mittelst Stahldrahtbürsten reinigen zu können.

Einen nicht geringen Fehler begehen alle Dampfkesselfabriken ohne Ausnahme bei dem Bau solcher stehenden Kessel darin, dass die Höhe von der Rostfläche bis zur tiefsten Stelle des Kesselinnern, wie sie in Fig. 86—88 unten am Kessel mit *K* bezeichnet ist, viel zu gering gewählt wird. Die Folge davon ist, dass namentlich bei sehr unreinem Wasser dieser geringe Raum bald weit über die Höhe *K* hinaus sich mit Schlamm anfüllt, so dass das Blech der Feuerbüchse in der Höhe der glühenden Kohlschicht von innen nicht mehr mit Wasser, sondern nur mit Schlamm in Berührung steht, und alsdann ein Durchbrennen der Bleche an dieser Stelle unausbleiblich ist, falls der Schlamm nicht frühzeitig genug herausgeholt wird.

Dieser Raum sollte immer mindestens einige Decimeter hoch sein, um ihn gleichzeitig als Vorwärmer zu benutzen, in welchen das Speisewasser zuerst eingeführt wird und wo ihm zugleich bei der Erhitzung daselbst Zeit gelassen werden kann, sich dann wenigstens von den schlammbildenden Substanzen zum grössten Theil zu befreien. Auch würde es sehr rathsam sein, bei kesselsteinhaltigem Wasser dementsprechend Soda zuzusetzen, und dann durch einen am tiefsten Ende des Kessels angebrachten Ablasshahn, je nach Ansammlung der festen Bestandtheile, täglich 1—2 Eimer Wasser aus dem Kessel abzulassen.

Es sind diese Mittel um so wichtiger und erforderlicher, als gerade die stehenden Kessel sehr schwer, an manchen Stellen sogar rein unmöglich, vom Kesselstein gereinigt werden können.

Der in den Fig. 87 und 88 um die Rostfläche angedeutete Chamottering, welcher ja hauptsächlich zur Begrenzung dieser Fläche dient, schützt das Durchbrennen des Bleches bei Ansammlung von Schlamm und Kesselstein an dieser Stelle nur zum ganz geringen Theil.

Wir kommen nun zu einer Reihe der verschiedensten Dampfmaschinen-Kessel, bei welchen die Constructeure die grösstmögliche Verminderung des Dampf- und Wasserraumes zu Grunde gelegt haben, so dass eine Explosionsgefahr hierbei vollständig ausgeschlossen ist. Alle Dampferzeuger dieser Art sind also, im Vergleich zu denen in den Fig. 86—88 dargestellten und ähnlichen Constructionen, Kleinwasserraumkessel, wie wir solche bekanntlich bei den Kesseln der Grossindustrie auch haben, und wäre daher zum Unterschiede dieser letzteren für alle hier in Rede kommenden Dampfentwickler dieser Art die Bezeichnung „Zwergkessel“ einzig und allein richtig angebracht, wenn man es damit gerade nicht so genau zahlenmässig nehmen will, und das sollte man, bezüglich der polizeilichen Bestimmungen über die Anlage und den Betrieb der Dampfkessel, in Anbetracht der Schwierigkeiten, mit welchen die Kleinindustriellen gegen die Grossindustriellen zu kämpfen haben, nicht thun. Wollte man nur einige gewisse Arten Kleinwasserraumkessel für den Kleingewerbebetrieb durch Zahlen, also rechnerisch zu „Zwergkesseln“ taufen, so würde doch sehr erklärlicher Weise mancher Kleinindustrieller ändern gegenüber benachtheiligt werden können.

Seit der in neuerer Zeit mehr allgemein gewordenen Einführung der Dampfmaschinen für das Kleingewerbe ist auch die Zahl der Zwergkesselconstructionen derselben in dieser kurzen Zeit schon eine verhältnissmässig sehr grosse geworden, von welcher wir jedoch hier nur diejenigen berücksichtigen können, welche mehr oder weniger mit gutem Erfolge in der Praxis zur Anwendung gekommen sind, und solche, welche uns noch praktisch brauchbar erscheinen. Alle diese Kesselconstructionen sind aber patentirt; ein Zeichen, dass das Gebiet der Dampfmaschinen-Zwergkessel noch ein ganz neues ist und auch nicht sehr gering sein kann.

Wir beginnen nach der Reihenfolge der Patentnummern mit dem **Kessel, Patent Göpel-Reck**, Fig. 89. Das Princip der Dampferzeugung bei diesem Kessel beruht darauf, nur so viel Wasser der verhältnissmässig grossen Heizfläche systematisch zuzuführen, als zur gleichmässigen Erhaltung und Spannung des Dampfes, resp. zum Gange von dessen Maschine erforderlich ist.

Die Construction desselben ist folgende. Auf dem Aufsatz *B* liegt das untere Kanalstück *e*. Dasselbe ist an einem cylindrisch

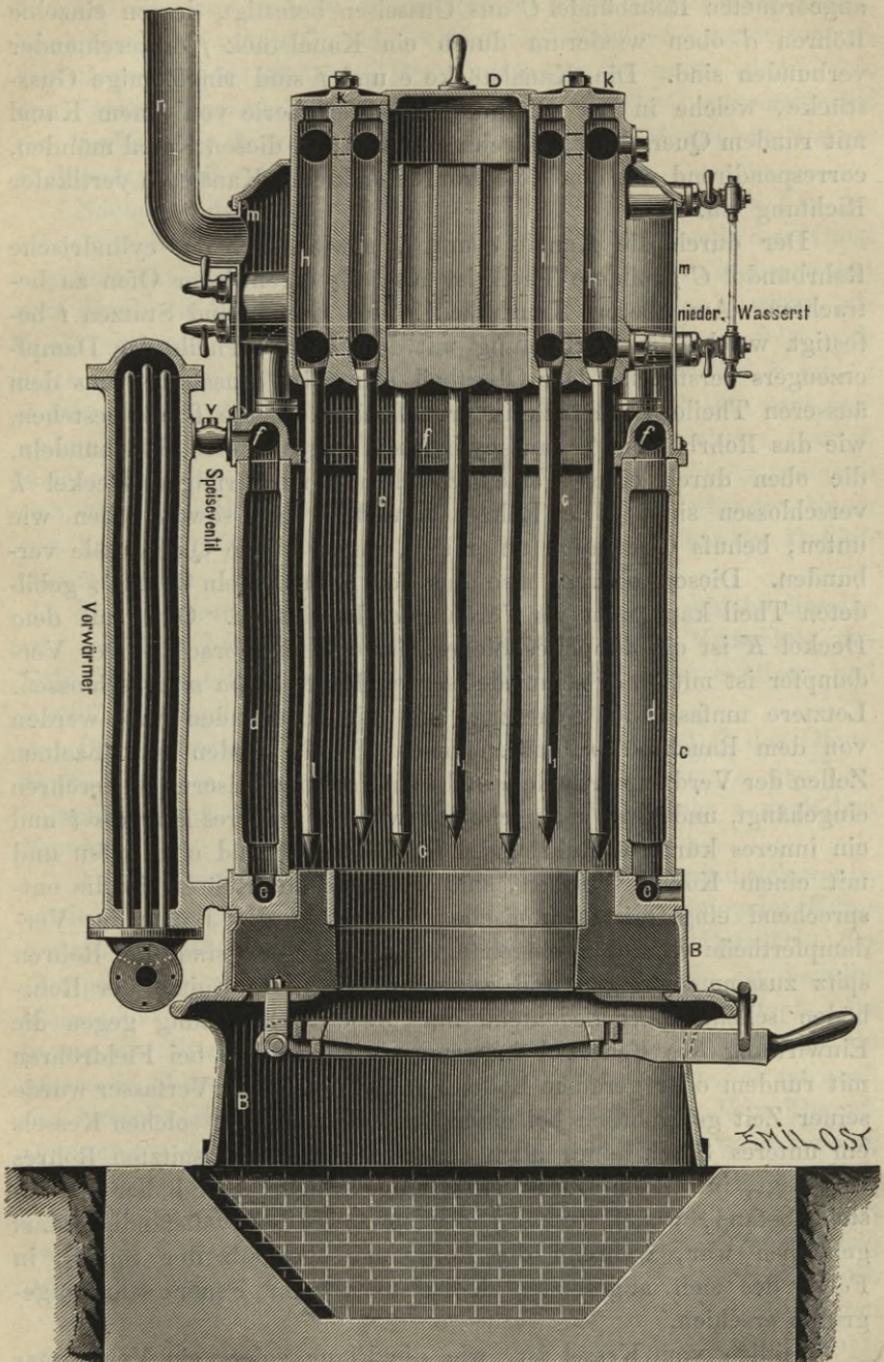


Fig. 89.

angeordneten Rohrbündel *C* aus Gusseisen befestigt, dessen einzelne Röhren *d* oben wiederum durch ein Kanalstück *f* untereinander verbunden sind. Die Kanalstücke *e* und *f* sind ringförmige Gussstücke, welche in der Richtung der Peripherie von einem Kanal mit rundem Querschnitte durchzogen sind; in diesen Kanal münden, correspondirend mit den Einzelröhren *d*, kleine Kanäle in vertikaler Richtung ein.

Der durch die Kanäle *e* und *f*, sowie durch das cylindrische Rohrbündel *C* gebildete Theil ist also als eigentlicher Ofen zu betrachten. Am oberen Kanalstück *f* des Ofens sind Stützen *t* befestigt, welche die Verbindung mit dem oberen Theile des Dampferezeugers herstellen. Der Obertheil setzt sich zusammen aus dem äusseren Theile *h* und dem inneren Theile *i*. Beide Theile bestehen, wie das Rohrbündel *C*, aus cylindrisch angeordneten Rohrbündeln, die oben durch einen gemeinschaftlichen ringförmigen Deckel *k* verschlossen sind. Die Röhren *h* und *i* sind sowohl oben wie unten, behufs Circulation unter sich, durch kleine Querkanäle verbunden. Diesen oberen, also aus den Rohrbündeln *h* und *i* gebildeten Theil kann man als Verdampfer bezeichnen. Oben auf dem Deckel *K* ist ein doppeltes Sicherheitsventil angebracht. Der Verdampfer ist mit einer schmiedeeisernen Rauchhaube *m* umschlossen. Letztere umfasst den Feuerzug, und die abgehenden Gase werden von dem Rauchrohr *n* aufgenommen. In die Böden der einzelnen Zellen der Verdampfertheile *h* und *i* sind schmiedeeiserne Siederöhren eingehängt, und zwar unterscheiden wir ein äusseres längeres *l* und ein inneres kürzeres Rohrbündel *l*. Dieselben sind oben offen und mit einem Konus versehen, mit welchem die Röhren in die entsprechend eingefraisten konischen Löcher in die Böden der Verdampfertheile *h* und *i* eingehängt sind. Unten sind die Röhren spitz zusammengezogen und zugeschweisst. Die Spitze der Rohrböden scheint ganz bedeutend zur besseren Erhaltung gegen die Einwirkung des Feuers beizutragen, als wie dies bei Fieldröhren mit rundem oder geradem Boden der Fall ist. Dem Verfasser wurde seiner Zeit gelegentlich bei einer Besichtigung eines solchen Kessels ein unteres Stück eines alten ausgewechselten angespitzten Rohres vorgelegt, in dessen Boden sich einige Finger dick hoher Kesselstein befand, wobei trotzdem der spitze Boden vollständig intact geblieben war, während die Rohrwand oberhalb der Spitze, in Folge des sich angesetzten Kesselsteins vom Feuer sehr angegriffen erschien.

Seitlich vom Kessel ist, wie die Figur zeigt, ein Vorwärmer angebracht, welcher aus einem gusseisernen Gehäuse besteht, dessen

Inneres mit Kupferröhren durchzogen ist. Das Speisewasser passirt diese Kupferröhren, während der Abdampf dieselben umgibt und so das Speisewasser erwärmt. Der Vorwärmer ist unten einmal mit der Speisepumpe und dem Abdampfrohr verbunden, während oben die Verbindung desselben mit dem Kanalstück *f* durch ein Speiserückschlagventil *v* hergestellt ist.

Nachdem das vorgewärmte Wasser durch den Kanal *f* in die einzelnen Röhren *d* getreten ist und diese Röhren, sowie den Kanal *e* gefüllt hat, sammelt es sich auch im Kanal *f* an, füllt diesen und tritt durch die Stutzen am Kanalstück *f* sowohl in den äusseren, als in den inneren Verdampfertheil, tritt in die Siederöhren, füllt auch diese, und die einzelnen Röhren der Verdampfertheile *h* und *i* werden durch die unten befindlichen kleinen Kanäle bis zum normalen Wasserstande mit Wasser gefüllt; der entwickelte Dampf, welcher aus den verschiedenen Röhren in Blasen aufsteigt, sammelt sich über dem Wasserspiegel und füllt den übrig bleibenden Raum von *h* und *i*. Von hier tritt er beim Sicherheitsventil in das Dampfzuleitungsrohr.

Die Feuerung ist eine Füllofenfeuerung, und geschieht dieselbe wie bei dem bekannten Füllofen von oben. Der Verschluss des Füllschachtes erfolgt mit dem Deckel *D*, der, beim Schüren und Nachfüllen abgehoben und wieder aufgesetzt wird.

Die Feuergase bestreichen den inneren Mantel *C* des Ofens, die Siederöhren, und die Aussen- und Innenwandungen der Verdampfertheile *h* und *i* und gehen durch das Rauchrohr *n* nach dem Kamin.

Die eigenthümliche Anordnung der Verdampfungselemente, sowie die Gruppierung derselben um ein gelinde glühendes Feuer herum, gestatten eine gute Wärmeausnutzung. Die Heizfläche des Dampferzeugers ist verhältnissmässig gross; trotzdem ist derselbe klein und liefert rasch und gleichmässig trockenen Dampf. Da ferner die Spannung auf viele kleine Elemente vertheilt und ein grösserer Wasser- und Dampfinhalt nicht vorhanden, so ist auch die Ursache der Explosion beseitigt, gestattet also hohe Dampfspannungen ohne alle Gefahr; trotzdem ist derselbe so bemessen, dass eine Spannung von 4—6 Atmosphären für den Normalbetrieb genügt. Die Abnutzung der Einzelemente ist eine sehr mässige, da durch Vertheilung der Verdampfung auf eine verhältnissmässig grosse Heizfläche das Material nicht übermässig beansprucht wird.

Die Kesselsteinbildung ist nach den gemachten Erfahrungen bei gutem Wasser eine äusserst mässige, was der starken Dampfentwicklung und namentlich aber der schnellen Wassercirculation

zuzuschreiben sein dürfte. Der meiste Schlamm und auch ein Theil der kesselsteinbildenden Substanzen setzen sich im Vorwärmer ab, und hier ist eine Oeffnung angebracht, welche eine Reinigung von Schlamm und Kesselstein leicht gestattet. Eine jährliche Reinigung sämtlicher Röhren genügt, um Betriebsstörungen durch Schmutz und Kesselstein vorzubeugen.

Fig. 90. **Zwergkessel Patent Lilienthal.** Derselbe besteht aus einem schlangenförmigen schmiedeeisernen Rohr *a*, welches für die Grösse von zwei Pferdekräften bei 15 Millimeter Durchmesser

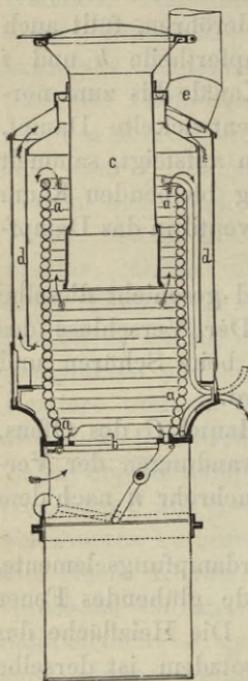


Fig. 90.

und 24 Meter Länge 4,26 Liter Inhalt hat. Dieses Rohr ist auf 150 Atmosphären geprüft und mit einem Sicherheitsventil versehen, das bei 10 Atmosphären abbläst. Es liegt in einem aus Blech gefertigten Ofen concentrisch über dem Roste *b*, welcher durch das Füllrohr *c* beschickt wird. Der Rost ist zum Umklappen eingerichtet, so dass er beim Stillstehen der Dampfmaschine sofort entleert werden kann. Die Feuergase streichen an der Innenseite des Schlangenrohres aufwärts, an dessen Aussen- seite aber wegen der eingesetzten Blechwand *d* wieder herab, um zwischen dieser und der Ofenwand zum andernmal heraufzuziehen und bei *e* in das Schornsteinrohr zu entweichen. So werden die Züge durch die entweichenden Feuergase selbst gegen Wärmeabgabe geschützt; indessen dürfte es doch trotzdem rathsam sein, den Ofen mit einer Wärmeschutz- masse zu umkleiden. Als Brennmaterial wird lediglich Coaks verwendet, weil dieser unter dem Füllrohre am regelmässigsten verbrennt.

Das Speisewasser tritt unten ein. Der Dampf wird oben abgeleitet, und zwar ist das Dampfrohr zunächst durch den Feuerzug abwärts geführt, um denselben möglichst trocken zu erhalten.

Lilienthal machte später an seinem Kessel noch die Neuerung, nach welcher das schraubenförmige Rohr nicht mehr aufrecht stehend, sonder in geneigter Lage den Feuerungsraum umschliesst und vorn als Füllschacht, nach hinten zu als Rost (Wasserröhrenrost) dient. Fig. 91 und 92 zeigen diese ebenfalls patentirte Anordnung. Der so gestaltete Zwergkessel besteht im Wesentlichen aus einzelnen Schlangenrohrelementen, in welche sie sich auch zerlegen lassen.

Die den Feuerraum umschliessenden Rohrwindungen lassen gewisse Spielräume zwischen sich, und der ganze Dampferzeugungskörper ist derartig schräg gelegt, dass die Rohrwindungen auf einer Seite als Rost dienen können, und nach Oeffnung einer unter dem Feuerraum dicht abschliessenden Klappe das Brennmaterial aus dem Feuerraum herausrutschen kann. Die Klappe liegt in geschlossenem Zustande so geneigt, dass die Asche von derselben stets herunter-

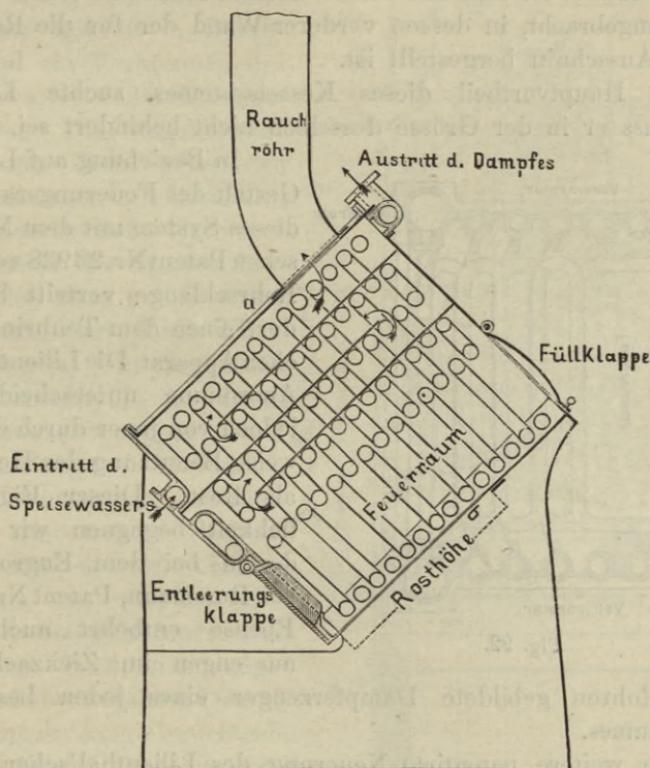


Fig. 91.

gleiten kann. Die Anordnung ist ferner noch so getroffen, dass das Speisewasser in Guss- oder Schmiedeeisenröhren den ganzen Kessel umkreist und sich bis zur Kesselsteinabsetzung erwärmt, bevor es in die eigentlichen Schlangenrohre eintritt. Die Vorwärmeröhre sind leicht zu öffnen und zu reinigen.

In die unteren Enden der Schlangenrohre wird durch eine beständig arbeitende Speisepumpe das vorher durch eine in den äusseren Umhüllungswänden liegende, oben erwähnte Rohrleitung geleitete, vorgewärmte Speisewasser hineingedrückt, während der

erzeugte Dampf am oberen Ende die Schlangenrohre verlässt und in die Dampfleitung eintritt.

Der Feuerzug wird durch die von den oberen Rohrwindungen gebildeten und durch Blechplatten getrennten Hohlräume in der Richtung der Pfeile geleitet.

Mit dem Dampfrohr ist ein Sicherheitsventil mit Federbelastung verbunden, das bei 10 Atmosphären abbläst.

Der Kessel ist nun mit seiner unteren Hälfte in einem eisernen Kasten angebracht, in dessen vorderer Wand der für die Rostfläche nöthige Ausschnitt hergestellt ist.

Den Hauptvortheil dieses Kesselsystemes suchte Lilienthal darin, dass er in der Grösse desselben nicht behindert sei.

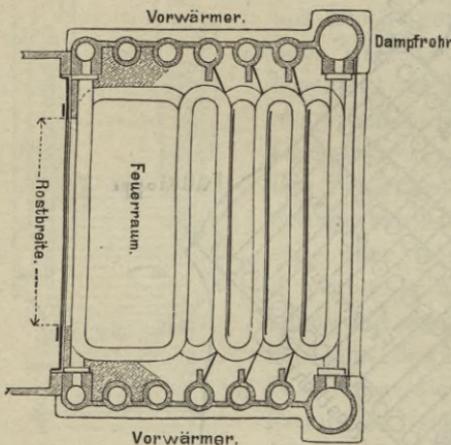


Fig. 92.

In Beziehung auf Lage und Gestalt des Feuerungsraumes ist dieses System mit dem Möhring'schen Patent Nr. 23 928 verwandt. Rohrschlange vertritt hier wie dort einen dem Tenbrink ähnlichen Apparat. Die Lilienthal'sche Anordnung unterscheidet sich jedoch von jener durch die theilweise Benutzung des Heizrohres als Rost. Dieser Eigenthümlichkeit begegnen wir hinwiederum bei dem Engrohrkessel von Russmann, Patent Nr. 22 059. Ebenso entbehrt auch dieser

aus engen im Zickzack gebogenen Rohren gebildete Dampferzeuger eines jeden besonderen Dampfraumes.

Eine weitere patentirte Neuerung des Lilienthal'schen Kessels zeigt Fig. 93. Derselbe besteht ebenfalls aus einem schraubenförmig gewundenen, starkwandigen, schmiedeeisernen Rohr, das den von oben beschickten Feuerraum in sich schliesst. Von unten bis zu der Höhe, bis zu welcher das Brennmaterial sich in starker Gluth befindet, liegen die Rohrwindungen dicht auf einander und bilden eine dichte cylindrische Wand. Oberhalb hiervon werden die Windungen enger und bilden den Mantel eines abgestumpften Kegels, bis die Weite des oberen Füllschachtes erreicht ist. Zwischen den kegelförmigen Windungen ist Spielraum zum Durchstreichen der Feuergase gelassen. Das oberste Stück des Schlangenrohres ist in der Weite des Füllrohres wieder cylindrisch gewunden, und

der dadurch gebildete Hohlraum ist nach oben durch ein Blechrohr mit verschliessbarem Fülltrichter verlängert. Der ganze, von der Eisenschlange umschlossene Raum, sowie das Füllrohr werden beim Betriebe des Kessels mit Brennmaterial gefüllt gehalten.

Indem die Feuergase zwischen den Rohrwindungen des kegelförmigen Theiles des Feuerraumes hindurchstreichen, kommt das hellbrennende Feuerungsmaterial nur mit Wasser und Dampf führenden Röhren in Berührung und ein Verbrennen des Füllrohres ist dadurch ausgeschlossen. Die kegelförmige Anordnung der getrennten Rohrwindungen soll bewirken, dass ersteres kein Brennmaterial durch die Spalten hindurchfallen lässt, und zweitens kein Verstopfen durch Flugasche eintritt. Das obere Ende der Eisenschlange ist durch eine Verschraubung mit einer Kupferschlange verbunden, deren Windungen abwärts gehen, und welche glockenförmig die eiserne Schlange umgeben.

Der aus dem inneren eigentlichen Dampferzeugungsrohr und der äusseren Dampftrocknungsschlange bestehende Dampferzeuger ist von drei Mänteln *a*, *b* und *c* umgeben. Die Feuergase streichen um die untere Kante des Mantels *a* herum und steigen in dem Zwischenraum zwischen *a* und *b* bis zum Rauchrohr aufwärts. Der Mantel *b* steht luftdicht auf dem äusseren Rande des eisernen Kegels *d*, während der innere höher liegende Rand des Kegels *d* die Eisenschlange und den runden Rost trägt. Der äusserste Mantel *c* geht bis auf den Fussboden und bildet in seinem unteren Raum den ausgemauerten Aschenfall. Bei *g* trägt der Mantel *c* mittelst einiger nach innen vorspringender Knaggen den Kegel *d* und somit alle inneren Theile des Kessels.

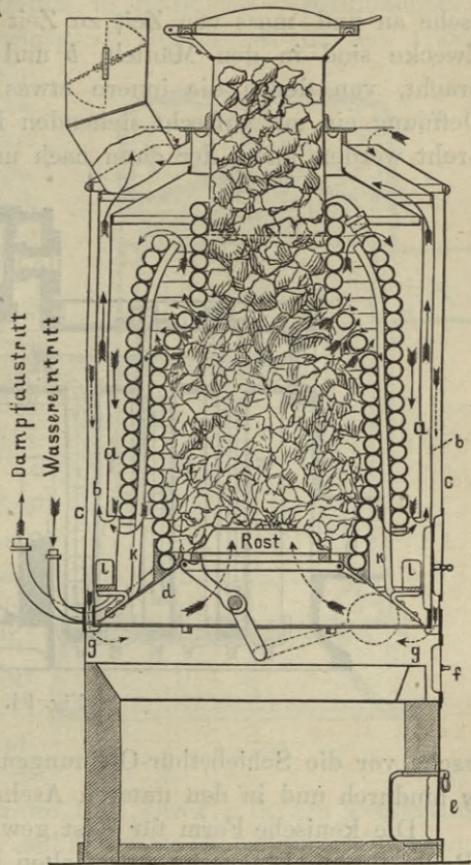


Fig. 93.

Der Mantel *c* ist oben stets offen, während die Aschenfallthür *e* und die Feuerthür *f* beim Betriebe geschlossen gehalten werden. Die Luft zur Speisung des Feuers tritt daher von oben zwischen die Mäntel *b* und *c* und bewegt sich nach unten, indem sie sich an dem heissen Mantel *b* erwärmt, und somit die Ausstrahlung der Wärme vom Kessel vermieden wird.

In dem Raume *k* oberhalb des Kegels *d* sammelt sich die Flugasche an und muss von Zeit zu Zeit entfernt werden. Zu diesem Zwecke sind in den Mänteln *b* und *c* zwei Schiebethüren angebracht, von denen die innere etwas tiefer liegt und durch deren Oeffnung ein mit aufrecht stehenden Lappen versehener Ring *l* gedreht werden kann, der dann nach und nach die angehäuften Flug-

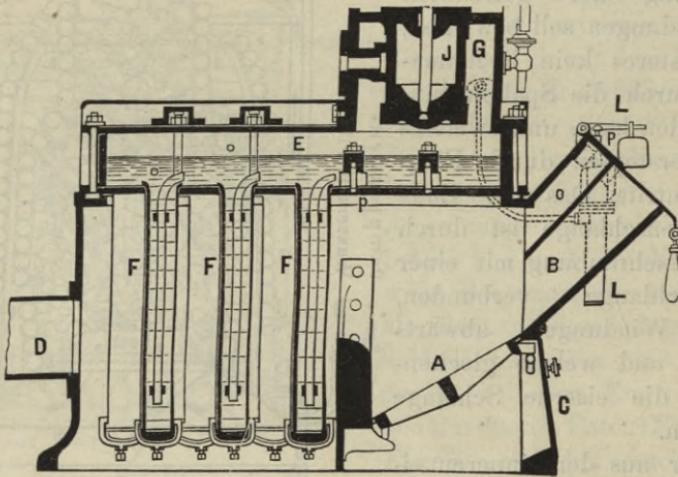


Fig. 94.

asche vor die Schiebethür-Oeffnungen transportirt und dieselbe bei *g* hindurch und in den unteren Aschenraum fallen lässt.

Die konische Form für *d* ist gewählt, um einen tiefer liegenden Raum für die Flugasche zu erhalten und die äussere Schlange möglichst weit heruntergehen lassen zu können. Das Feuer kann jederzeit aus dem Dampferzeuger durch Herunterklappen des Rostes entfernt werden.

Das Speisewasser tritt hierbei ebenfalls continuirlich unten in das innere Schraubenrohr und der Dampf verlässt den Kessel am unteren Ende des äusseren Rohrganges.

Fig. 94. **Kessel Patent Friedrich.** Derselbe ist kastenartig gebaut und besteht aus einem oberen und einem unteren Theil. Der untere Theil bildet den Raum für die Feuerung und den für die

Röhren *F*. Diese Röhren sind Fieldröhren mit Deckel mittelst Bügel am Boden verschlossen und mit ihrem offenen, oberen Ende in den Boden *P* eingedichtet; sie bilden also den Haupttheil der Heizfläche. Die Heizgase bestreichen auf ihrem directen, sehr kurzen Wege von dem Roste *A* bis nach dem Rauchrohr *D* nur die obere Hälfte der Röhren, so dass die ersteren den Kessel mit einer viel zu hohen Temperatur verlassen, trotzdem diese Röhren in Folge der lebhaften Circulation in denselben verhältnissmässig viel Wärme aufzunehmen vermögen. Der Kessel ist aus vielen Theilen zusammengeschrubt und die Dichtungsflächen mittelst Asbest abgedichtet. Auf dem Deckel des aus Schmiedeeisen hergestellten Kastens *E* befindet sich ein gusseiserner Dampfdom *G*, in welchen der Dampfzylinder *J* eingehängt ist. Durch Lösung einiger Schrauben kann dieser aus Stahl hergestellte Deckel abgenommen und das Innere des Kessels leicht zugänglich gemacht werden.

Zur Sicherung gegen den Eintritt zu hoher Dampfspannung im Kessel ist derselbe mit dem selbstthätigen Feuerregulator von C. Pieper, Patent Nr. 31138, versehen. Derselbe ist in der Figur mit *L* bezeichnet und bewirkt beim Eintritt zu hoher Dampfspannung ein selbstthätiges Öffnen

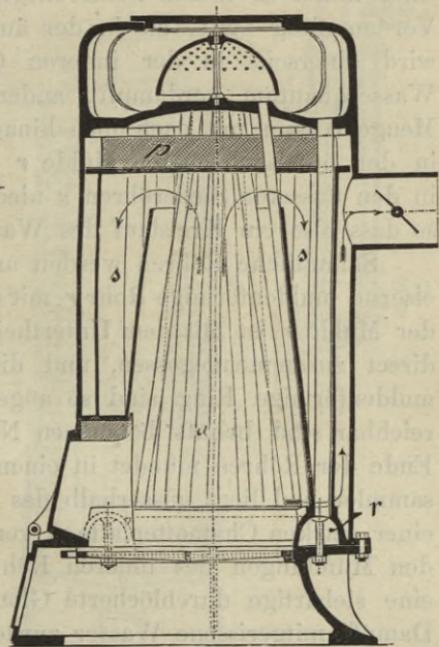


Fig. 95.

nen der Klappe *p*, wodurch kalte Luft durch *o* in den Feuerraum gelangt und derart das Feuer abkühlt, bis die normale Spannung wieder erreicht ist und die Klappe *p* sich wieder schliesst.

Fig. 95. **Kessel Patent Bolte.** Derselbe besteht im Wesentlichen aus zwei Siederohrbündeln, welche concentrisch zu einander angeordnet sind und deren Querschnitte sich etwa verhalten wie 1 : 4 bis 1 : 6. Das innere Bündel *a*, welches aus Röhren von geringem Durchmesser gebildet wird, ist in Kegelflächen von verschiedener Höhe angeordnet, so dass der eine Theil der Röhren *s* an dem dieselben umschliessenden Mantel anliegt, während die anderen hervortreten und somit dem Feuer mehr ausgesetzt sind. Durch diese

kegelförmige Anordnung werden die Heizgase nach oben auf einen kleineren Querschnitt zusammengepresst, wodurch eine gute Ausnutzung derselben erreicht werden soll.

Das äussere Rohrbündel besteht aus Röhren von wesentlich grösserem Durchmesser, welche in einer Cylinderfläche senkrecht angeordnet sind.

Dadurch, dass die Siederohre *a* von geringerem Querschnitt und kleinerem Wasserinhalt den Heizgasen des ersten Zuges, also denjenigen, welche die höchste Temperatur haben, direct ausgesetzt sind, findet in dieser Siederohrgruppe eine bedeutend intensivere Verdampfung statt, als in der äusseren Gruppe. In Folge dessen wird einerseits in der inneren Gruppe ein bedeutend grösseres Wasserquantum verdampft, andererseits eine nicht unwesentliche Menge Wasser mit nach oben hinausgeführt, welches theils von dem in der hufeisenförmigen Mulde *r* befindlichen und theils von dem in den äusseren Siederöhren *s* niedersinkenden Wasser ersetzt wird, so dass also ein Kreislauf des Wassers entsteht.

Sämmtliche Röhren werden am unteren Ende durch das guss-eiserne muldenförmige Rohr *r* mit einander verbunden. Der Flansch der Mulde *r* ist mit dem Untertheil des Dampferzeugers, dem Ofen, direct zusammengegossen, und die Dichtungsschrauben bezw. der muldenförmige Ring sind so angeordnet, dass sie von aussen erreichbar sind behufs bequemen Nachziehens derselben. Das obere Ende der Röhren mündet in einen mit Rippen ausgesteiften Dampfsammler und liegt ausserhalb des Feuerraumes, indem derselbe von einer starken Chamotteplatte *p* vom letzteren getrennt wird. Ueber den Mündungen des inneren Röhrenbündels ist auf einem Bolzen eine siebartige durchlöcherete Glocke angebracht, welche das vom Dampfe mitgerissene Wasser zurückhalten soll.

Durch die Anordnung der verschiedenen Mäntel entstehen drei auf einander folgende concentrische Feuerzüge. Die aus dem Ofen aufsteigenden Gase werden durch die Kegelform des ersten Mantels zusammengepresst; oben angekommen, kehren sie ihre Bewegungsrichtung um und durchströmen dann, nach unten ziehend, den zweiten Zug. Der cylindrische Mantel, welcher den zweiten Zug begrenzt, hat am unteren Ende vier Ausschnitte von verschiedener Grösse. Die beiden grösseren Oeffnungen liegen vorn, die kleineren dagegen hinten. Durch diese Anordnung werden die Heizgase vollständig um die äussere Siederohrgruppe herumgeleitet, weil dieselben hauptsächlich durch die beiden vorderen grösseren Oeffnungen in den dritten Zug gelangen, aus dem sie alsdann durch den Rauchrohrstutzen in den Schornstein gelangen.

Fig. 96. **Patentkessel W. Schmidt.** Dieses System charakterisirt sich durch die Ineinanderschaltung zweier, zwei getrennte Behälter bildenden, connexialen Rohre, von denen das innere *b* als Dampfentwickler dient und zu diesem Zweck mit seitlichen Zu- und Abflussstutzen *a*¹ und *b*¹ für das Speisewasser versehen ist, während das äussere Rohr zweiseitig mit einem fortlaufenden, direct beheizten Rohrsystem *g* verbunden ist, dessen hoch erhitzte Dämpfe den inneren Rohrbehälter *b* umspülen und allseitig indirect heizen.

Durch diese indirecte Heizung eines inneren glatten Rohres *b* wird dreierlei erzielt: 1) ist die Reinigung des inneren Rohres vom Kesselstein auf die leichteste Weise möglich, da das innere, an beiden Enden mit Verschlussbügeln *s* versehene Rohr *b* nach Abnahme dieses Verschlusses eine beiderseits offene, glatte Röhre bildet, aus der der Kesselstein leicht und vollständig entfernt werden kann; 2) ist eine sehr energische Heizung des Innenrohres durch die Umspülung von Dampf herbeigeführt, da der Dampf, sich condensirend und durch das untere Abflussrohr *r* in die Heizschlange *g* zurückfliessend, stets neuen, hoch erhitzten Dampf durch das Zuflussrohr *r*¹ nachströmen lässt; 3) tritt in der Heizschlange *g* niemals Kesselsteinbildung ein, da constant dasselbe Wasserquantum erhitzt wird.

Eine weitere Neuerung bei dieser Anordnung eines indirect beheizten Kessels ist die Anwendung einer centralen Dampfhaube *h*, welche in den Dampfraum des inneren Rohres *b* gehängt ist und welche den sich entwickelnden Dampf zwingt, in dünner Schicht an der Wandung zwischen *h* und *b* emporzuströmen und, da diese Wandung durch die umspülenden Dämpfe in dem äusseren Rohre *a* stark erhitzt ist, getrocknet und überhitzt zu werden, so dass also der Kessel trotz der nur geringen Dimensionen der Rohre *a* und *b* doch vollständig trockenen Dampf liefert.

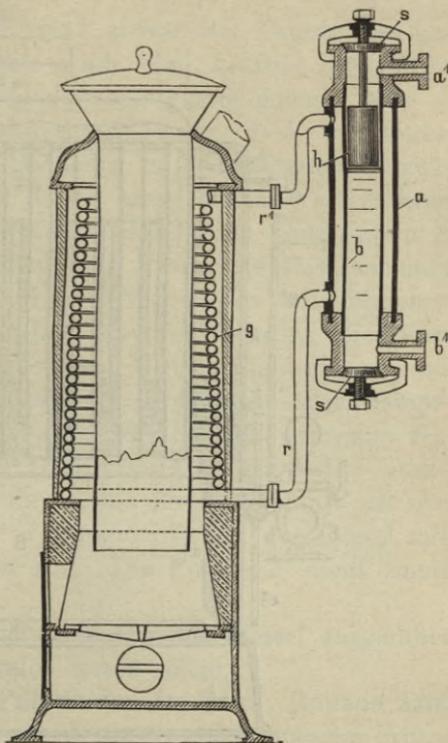


Fig. 96.

Fig. 97. **Kessel nach dem Patent von Garbutt-Angeles.** Das Neue dieses Kessels besteht im Wesentlichen darin, dass die Rauchrohre noch von besonderen Wasserrohren umgeben sind, wodurch dann die einer bestimmten Heizfläche ausgesetzte Wassermenge erheblich kleiner wird. Ausserdem wird dadurch erreicht, dass sich der Wasserspiegel im Dampfraum des Kessels viel tiefer stellt als in dem die Rauchrohre umgebenden Wasserrohre bezw. in dem Wasserraum, mit dem sie communiciren. Man gewinnt also einen

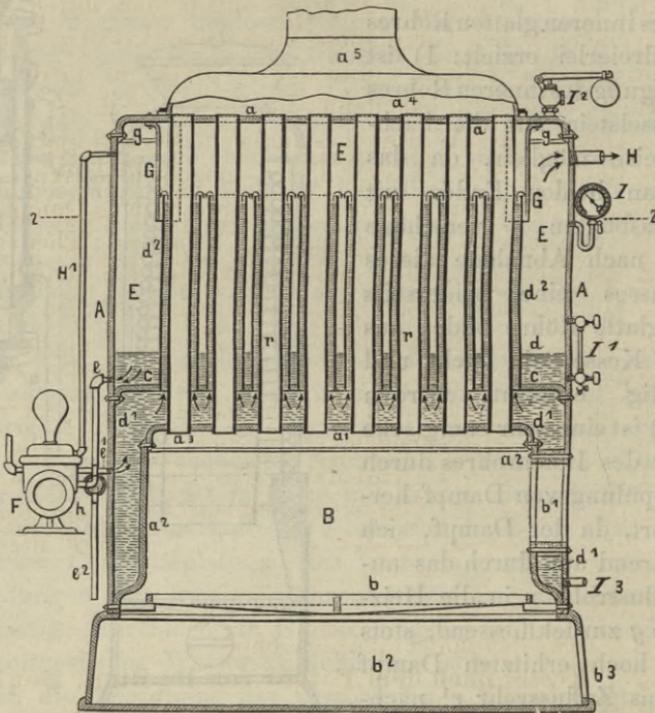


Fig. 97.

grösseren Dampfraum und dadurch wird auch das Mitreissen von Wasser in das Rohr für die Dampfentnahme möglichst vermindert.

Die Rauchrohre r verbinden in bekannter Weise die Feuerbüchse a^1 mit der Rauchkammerwand a , die in diesem Falle gleichzeitig die Decke des Kessels bildet, auf welcher die in den Schornstein a^5 tragende Rauchkammer a^4 aufgeschraubt ist.

Mit dem Aussenkessel A ist der Mantel a^2 der Feuerbüchse B durch einen die Feuerthüröffnung b^1 bildenden Ring verbunden und in bekannter Weise ist in der Feuerbüchse B der Rost b und darunter der Aschenkasten b^2 mit Thürloch b^3 angeordnet.

In passendem Abstände über der Feuerbüchsendecke a^1 liegt die mit dem Aussenkessel A dicht vernietete Scheidewand c , in welche die oben offenen Rohre d^2 eingezogen sind, welche die Rauchrohre a^3 umgeben, so dass durch die ringförmigen Räume E zwischen a^3 und d^2 der untere Wasserraum d^1 mit der den Dampfraum enthaltenden oberen Abtheilung d communicirt. Die letztere ist bis auf passende Höhe über der Wand c gleichfalls mit Wasser gefüllt.

Durch die Speisepumpe F wird ausser der durch die Erwärmung entstehenden Circulation noch eine kräftige künstliche Circulation durch das Rohr e und das in d^1 einmündende Rohr e^1 hervorgerufen, und dies hat dann die Wirkung, dass, wie durch Pfeile angedeutet, das Wasser beständig in den Ringräumen zwischen den Rauchröhren und den diesen umgebenden Wasserröhren d^2 aufsteigt. Dies Wasser tropft dann durch den Dampfraum E herab. Der dabei nicht zur Verdampfung kommende Theil sammelt sich über der Scheidewand c , um von Neuem den beschriebenen Kreislauf mitzumachen. Eine solche Circulation wird die Verdampfung im höchsten Maasse befördern. Mittelst Flantsches g sind Schutzbleche G gegen das Mitreissen von Wasser bei der Dampfentnahme, sowohl dem Hauptdampfrohr H als auch dem zum Betriebe der Pumpe F dienenden Dampfrohr H^1 gegenüber angeordnet. Das Speiserohr e^2 wird durch den Dreiveghahn h mit der Speisepumpe bezw. dem Rohr e^1 verbunden, wenn der Kessel mit frischem Wasser gespeist werden soll. Die Pumpe F dient somit einem doppelten Zweck.

Nach demselben Systeme sind auch liegende Kessel ausgeführt worden, die sich aber nicht bewährt haben sollen.

Fig. 98. **Kessel nach dem Patent von De Dion, Bouton und Trépardoux** *). Ueber dem Roste P ist in einem äusseren ringförmigen cylindrischen Körper ei central ein röhrenförmiger Körper k angeordnet. Diese beiden Körper sind durch die in dem sie trennenden und von den Feuergasen durchstrichenen Raum gelegenen, geneigten und strahlenförmig angeordneten Röhren abc mit einander verbunden. Der innere Körper k ist an beiden Enden durch die mittelst Zugstange gegen einander gezogenen abdichtenden Deckel mm geschlossen und durch eine in seiner Mitte angebrachte horizontale Scheidewand l in einen unteren, Wasser aufnehmenden

*) Die Patentinhaber dieses Kesselsystems bauen seit ganz neuer Zeit Dampf-Tricycles mit diesem Kessel von ca. einer Pferdekraft zu 40 Kilometer Geschwindigkeit pro Stunde.

Raum r und einen oberen, mit der Dampfleitung D communicirenden Raum s getheilt. Beide Körper können nur durch die Röhren $a b$ und die oberhalb l gelegenen Röhren c mit einander in Verbindung treten, von denen die letzteren als Dampftrockner wirken, so dass sich sämmtlicher entwickelter Dampf in getrocknetem Zustande in dem oberen Raume des inneren Kesselkörpers ansammelt, von wo er abeleitet wird.

Der äussere Körper $e i$ ist an den Enden ebenfalls durch zwei mittelst Zugstangen gegen einander gezogene und abdichtende ringförmige Deckel f geschlossen und in Höhe des Rostes unter hermetischem Abschluss von einer Oeffnung q zum Einführen des Brennstoffes durchbrochen. Oberhalb des Röhrensystems $a b c$ bildet die Wandung i eine mit der Esse J communicirende Rauchbüchse T .

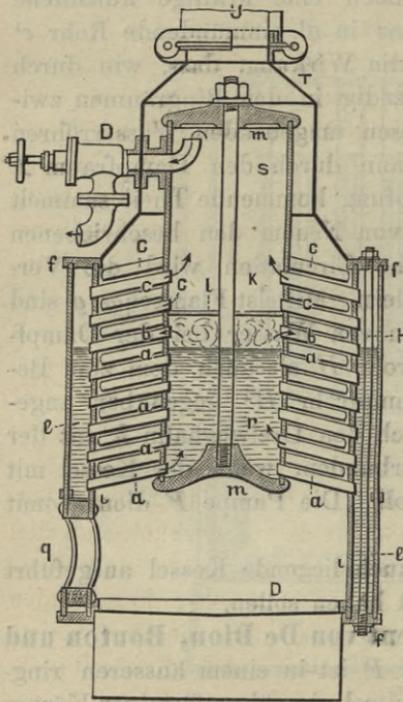


Fig. 98.

Der Kessel functionirt wie folgt: die Dampfbildung wird vornehmlich in dem Theile zuerst eintreten, welcher das kleinste Volumen mit der grössten Heizfläche darbietet, und sind es die Siederöhren a , deren geneigte Lage das Entweichen des in ihnen erzeugten Dampfes nach dem centralen Raum k , sowie auch den Ersatz des in $e i$ verdampften Wassers aus k erleichtert. Hieraus ergibt sich eine sehr schnelle Circulation zwischen beiden Räumen in Richtung der Pfeile, welche die rasche Erneuerung des Wassers in den

Siederöhren herbeiführt, indem dieses wiederholt und zwar immer in derselben Richtung durchströmt. Diese Circulation bietet den Vortheil, dass sie die Kesselsteinbildung auf den activen Verdampfungsflächen abschwächt. Die Kalksalze werden im Wasser suspendirt bleiben und erst auf dem Boden des äusseren Körpers $e i$ zum Absetzen gelangen, von wo man sie unter Druck austreiben kann. Sämmtliche sich in den Siederöhren a bildenden Dampfbläschen sammeln sich in dem centralen Körper k an, indem sie die in diesem enthaltene Wassersäule von unten nach oben durchstreichen;

diese sich ununterbrochen erhaltende aufsteigende Strömung bewirkt eine starke Auftreibung des Wassers in r , so dass dessen Niveau sich beträchtlich über das normale Niveau im äusseren Körper $e i$ erhebt. Der Ueberschuss fliesst beständig in Gestalt einer aus Wasser und Dampf bestehenden Mischung nach $e i$ durch die Röhren b zurück, in welchen eine weitere Verdampfung stattfindet. Beim Austritt aus diesen Röhren fliesst das unverdampfte Wasser nach $i e$, während der Dampf nach oben steigt und, sich trocknend, durch die Röhren c in den von den abziehenden Feuergasen umspülten Raum s eindringt, in welchem er sich auf seinem Trocknungs- und Hitzegrade erhält.

Um das Demontiren und die Innenbesichtigung zu erleichtern, kann der Mantel i der Höhe nach in zwei Theile zusammengesetzt werden, deren oberer dann zum Reinigen des Rohrsystems abgehoben werden kann.

Um die Beschickung des Rostes mit Brennmaterial selbstthätig zu gestalten, kann statt des cylindrischen Körpers k ein ringförmiger Körper angewandt werden, dessen centraler Raum als Füllschacht dient.

Fig. 99. Kessel nach Patent Stehlik-Meter. Auf der aus Doppelmantel bestehenden Feuerkiste K befindet sich der eigentliche Kessel und um dieselbe die Rauchkammer. Der Boden des Kessels wird durch das den Zwischenraum überdeckende ringförmig gekrempte Blechstück und durch die Decke der Feuerkiste gebildet.

Im Innern des Kessels führen mehrere Rauchrohre entsprechend einer bestimmten Heizfläche von dem Feuerbüchsendeckel auf den ringförmigen Boden herauf und durchdringen denselben. Auf diese Weise gelangen die aus der Feuerbüchse kommenden Gase in die ringförmige Rauchkammer, nachdem sie ihre meiste Wärme an das Kesselwasser abgegeben haben. Aus dieser Rauchkammer gelangen dann die Gase durch das an dieselbe anschliessende Rauchrohr in's Freie.

Wie uns schon aus dem ersten Abschnitte über die dort besprochenen Rauchröhrenkessel bekannt ist, wird auch mit diesen gebogenen Rauchröhren nicht die quantitative Verdampfungsfähigkeit erzielt werden können, als bei Kesseln mit Wasserröhrensystem irgend welcher Art. Auch ist dies Kesselsystem, Fig. 99, eigentlich nicht mehr als Zwergkessel zu bezeichnen, da der Wasserinhalt im Verhältniss zur Heizfläche ein grösserer ist, als wir dies bei den bisher besprochenen stehenden Kleinwasserraumkesseln fanden.

Fig. 100. Stehender Wasserröhrenkessel, Patent Rodberg. Wie schon aus der Figur zu erselien, ist diese Kesselconstruction eine

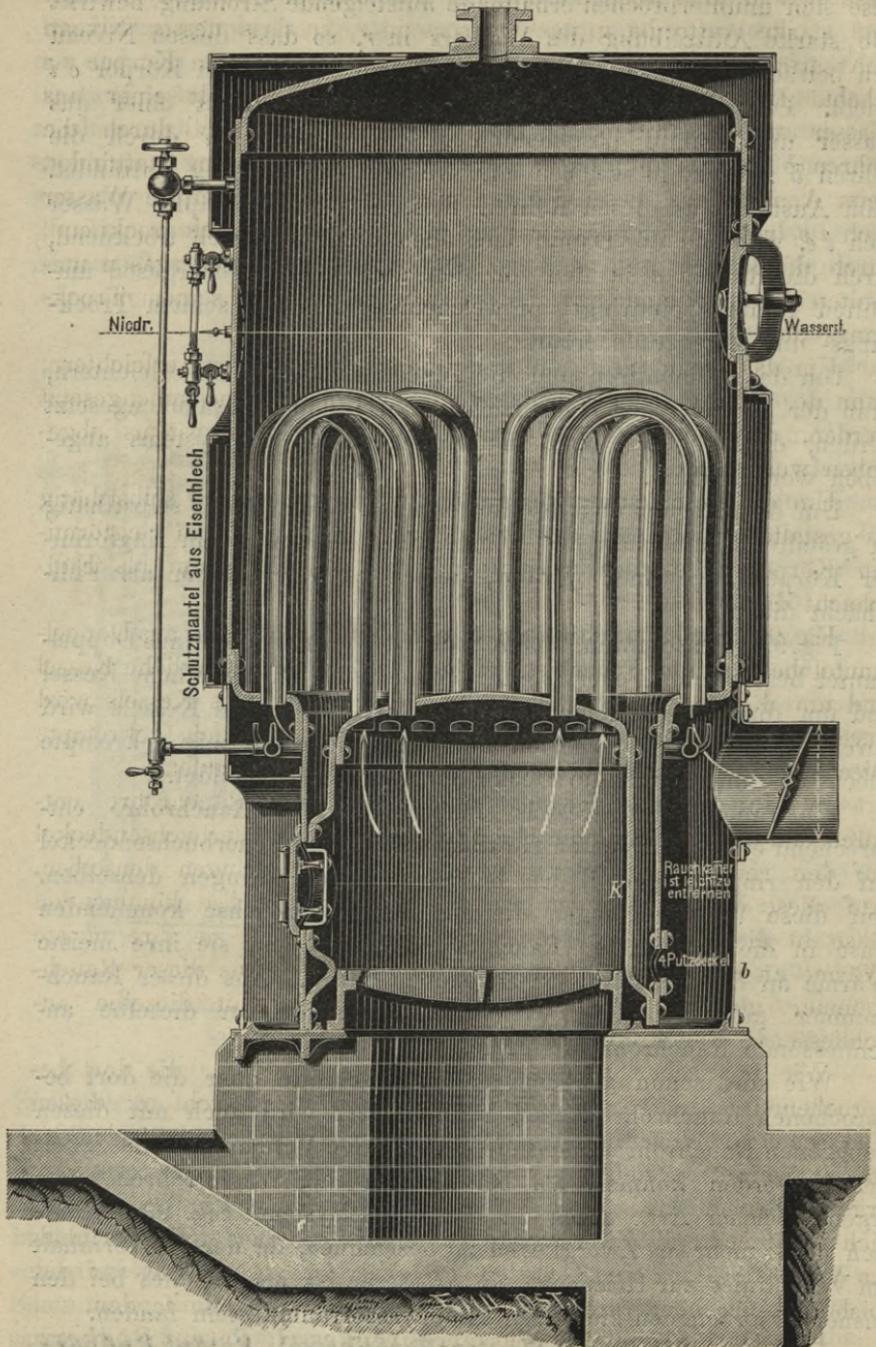


Fig. 99.

Modification des längst bekannten Fieldkessels. Das obere Ende der Fieldrohre *o* ist in eine horizontale Wasserkammer *k* eingedichtet. In den Röhren *o* vermischen wir aber noch die kleinen Einhängeröhre, wodurch bekanntlich eine sehr lebhaft Wasser-circulation erzielt wird, und können wir daher das Fortlassen dieser inneren Röhren keineswegs als einen Vortheil bezeichnen. Das Neue dieses Kesselsystems besteht hauptsächlich in der Anwendung der beiden horizontalen Kammern *k* und *k'* und in der mittelbaren Verlängerung der Röhren *o* durch die kürzeren Röhren *r*, welche gleichzeitig die beiden genannten Kammern mit einander verbinden, wodurch die Möglichkeit geboten wird, die innere Fläche der Röhren sehr bequem reinigen zu können, zu welchem Zweck die abschraubbaren Verschlussdeckel *d* auf der Kammer *k'* angebracht sind. Diese Kammer *k'*, wie auch ca. zwei Drittel der Höhe der Röhren *r* dienen als Dampfraum, welcher jedoch nicht mehr von den abziehenden Heizgasen berührt wird, was doch von wesentlichem Vortheil sein dürfte. Die Abkühlung des Dampf-raums wird dagegen durch den Blechcylinder *b* vermieden.

Als **liegende Zwergkessel** haben wir bis jetzt nur zwei, aber sehr von einander abweichende Systeme aufzuweisen. Der älteste von diesen beiden ist das Patent Hoffmeister, Fig. 101 u. 102. Der-

selbe ist kastenförmig aus einer gekrempelten Oberplatte *a* und einer durch aufgenietete Winkeleisen *b* versteiften Bodenplatte *c* gebildet; in letztere sind gebogene Siederöhren *d d* eingesetzt. Diese hängen in dem Feuerraum schräg, d. h. vorn höher als hinten, um somit einen Wasserumlauf hervorzurufen. Der Rohrboden *c* bildet den Deckel des mit Schüttfeuerung versehenen kastenförmigen Ofens, dessen gusseiserne Wandungen von innen mit Chamotte verkleidet sind.

Die Klappen *e e* können so gestellt werden, dass die Luft mehr oder weniger unter oder über den Hauptrost *f* gelangt; hierdurch wird das Feuer der Verdampfung angemessen geregelt.

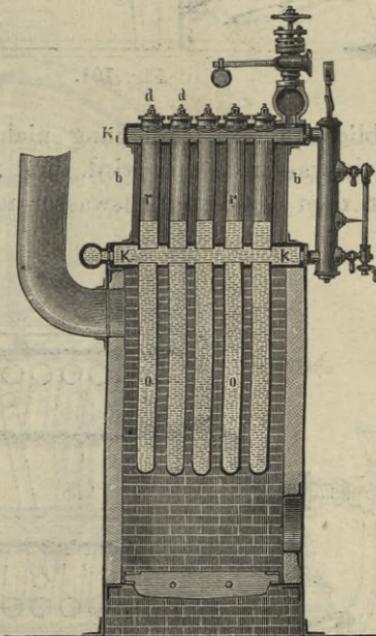


Fig. 100.

Als ein Uebelstand dieses Kessels ist anzusehen, dass die Wasserröhren schwer gereinigt werden können. Zwar ist eine er-

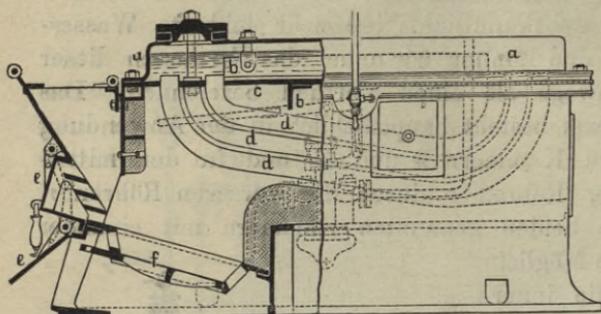


Fig. 101.

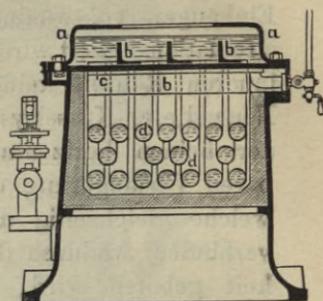


Fig. 102.

hebliche Kesselsteinbildung nicht zu befürchten, da ja nur wenig Speisewasser nöthig wird, und man dazu destillirtes Wasser, etwa von dem Condensationswasser nehmen könnte.

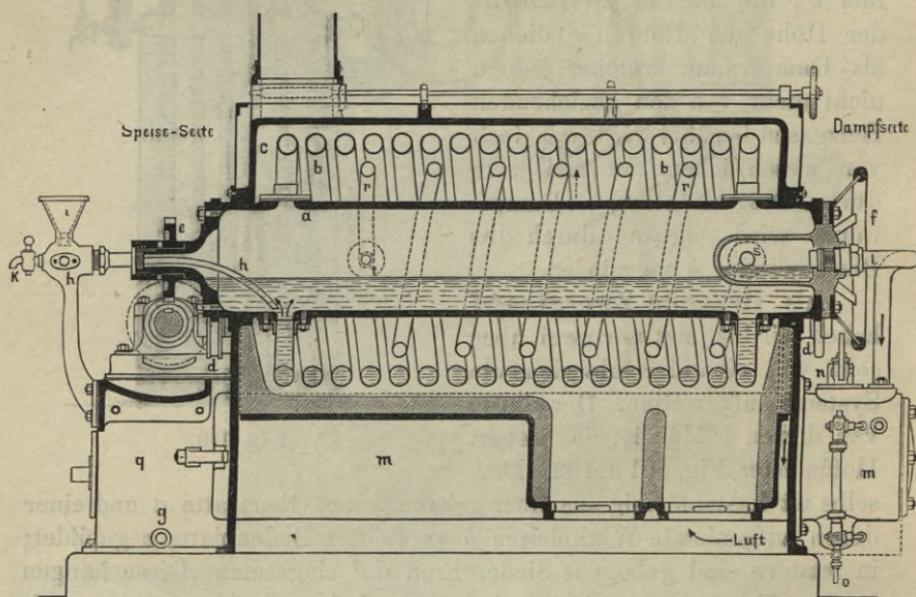


Fig. 103.

Der zweite und gleichzeitig ganz neu patentirte liegende Zwergkessel ist der von Musil *), Fig. 103 u. 104, bei dessen höchst eigen-
thümlicher Construction das Bestreben ganz besonders hervortritt,

*) Zeitschrift des Vereins dtsh. Ing. Bd. XXXII, S. 704.

mit geringem Brennstoffverbrauch eine möglichst grosse Heizfläche wirksam zur Geltung zu bringen und eine rasche, lebhafte und gefahrlose Dampferzeugung herbeizuführen.

Dieser Dampferzeuger besteht aus einem liegenden, um seine Längsachse sich drehenden Hauptrohr *a*, welches nur zum Theil mit Wasser gefüllt und in einem gusseisernen Kasten der Einwirkung der Heizgase einer darunter angeordneten Feuerung von allen Seiten unmittelbar ausgesetzt ist. Durch das Umlaufen wird die innere Mantelfläche des Rohres fortwährend benetzt, und jeder Theil des

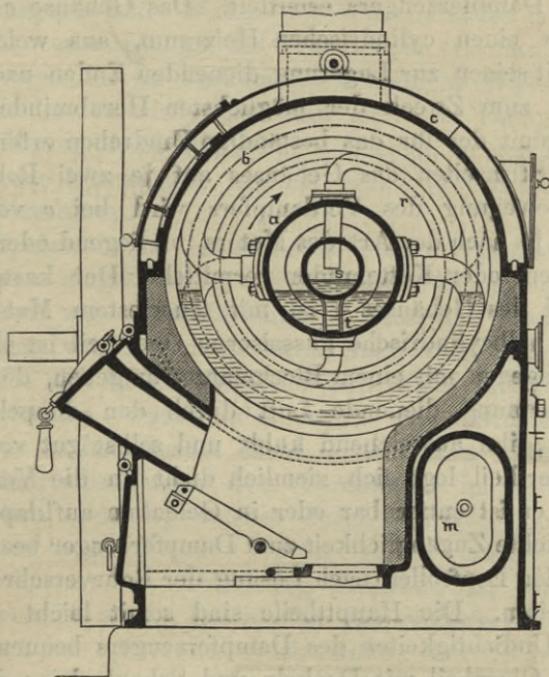


Fig. 104.

Rohrmantels gelangt innen bei jeder Umdrehung mit dem an der tiefsten Stelle verbleibenden Wasser in Berührung, so dass die gesammte Mantelfläche Heizfläche bildet. Zur Vergrösserung der Heizfläche und um einen gezwungenen Wasserkreislauf zu erzielen, ist das Hauptrohr *a* von einem System schraubenförmig gewundener Röhren *b* umgeben, deren Enden in das Hauptrohr einmünden und an der Drehung theilnehmen. Beim Umlaufen des Verdampfers entnimmt ihm jede dieser Rohrschlangen, und zwar bei jedem Umgang, eine gewisse Wassermenge und führt sie, ihrem schraubenförmigen Verlauf entsprechend, gezwungen durch alle ihre Win-

dungen, um hier das Wasser zu verdampfen und den übrigbleibenden Theil nach so viel Umdrehungen, als sie Schraubenwindungen hat, wieder in das Hauptrohr zurückzuschaffen. Es kommt also auch jeder Theil der Rohrschlangen immer mit Wasser in Berührung und die Oberfläche der gesammten im Feuer liegenden Rohranordnung bildet die Heizfläche. Bei dem geringen Durchmesser der Schlangenhöhle sind nur dünne Wandungen erforderlich, was die Wirkung erhöht.

Als vorthellhaft für die Dampfbildung sind je nach der Anzahl Windungen der einzelnen Rohrschlangen 20 bis 30 Minuten-Umdrehungen des Dampferzeugers ermittelt. Das Gehäuse *c* des Verdampfers bildet einen cylindrischen Heizraum, aus welchem das Hauptrohr *a* mit seinen zur Lagerung dienenden Enden nach aussen hervortritt, um zum Zweck der möglichsten Herabminderung der Reibung und damit der für das beständige Umdrehen erforderlichen Kraft an den Stirnseiten des Gehäuses auf je zwei Rollen *d* zu laufen. Die Bewegung des Verdampfers wird bei *e* vom Motor eingeleitet und je nach der Art des Motors, ob liegend oder stehend, durch Schnecken- oder Kettenräder vermittelt. Der kastenförmige feste Untertheil des Gehäuses *c* ist mit feuerfestem Material ausgekleidet; der halbcylindrische gusseiserne Obertheil ist ohne diese Ausfütterung dagegen mit einem Blechmantel umgeben, derart, dass die zur Verbrennung dienende Luft durch den doppelwandigen Obertheil zieht, ihn ausreichend kühlt und selbst gut vorgewärmt wird. Der Obertheil legt sich ziemlich dicht an die Verdampferschlangen an; er ist entfernbar oder in Gelenken aufklappbar und gestattet die leichte Zugänglichkeit zum Dampferzeuger bezw. dessen Abheben von den Laufrollen nach Lösung der Rohrverschraubungen an den Stirnseiten. Die Haupttheile sind somit leicht zu beaufsichtigen und Undichtigkeiten des Dampferzeugers bequem zu beheben. Da der Obertheil mit Deckeln und Schauloch an der Stirnseite versehen ist, so lässt sich auch während des Betriebes der Dampferzeuger von aussen verlässlich controlliren, sowie Russ und Flugasche entfernen.

Um beim Anheizen, während der Motor noch steht, den Verdampfer drehen zu können, einerseits, um rascher Dampf zu erhalten, und andererseits, um ein Verbrennen der ausserhalb des Wassers liegenden Rohrtheile zu verhindern, ist ein Handrad *f* oder eine Kurbel vorgesehen, welche man nach Abstellung einer hierfür vorgesehenen Kupplung bedient.

Die Feuerung befindet sich im Untertheil des Verdampfergehäuses; ihre Anordnung richtet sich natürlich ganz nach dem zu

verwendenden Brennstoff. Für Kohlen gelangt die in Fig. 103 und 104 gezeichnete Feuerung zur Verwendung; um eine möglichst gleichförmige Wärmeentwicklung zu erzielen, ist der Rost getheilt und mit zwei Beschickungsthüren versehen. Zur Speisung dienen zwei Speisepumpen, von denen die eine nur zur Aushilfe vorgesehen ist. Den Pumpen wird das Wasser unter Druck aus dem Vorwärmer bezw. Condensator bei g zugeführt; sie drücken das vorgewärmte Speisewasser bei h in das Hauptrohr a des Verdampfers. Ueberfüllung des Hauptrohres mit Wasser wird einfach durch Abstellen der Speisepumpe oder Rückleitung des Wassers nach dem Vorwärmer ausgeglichen. Sinken des Wasserstandes ist insofern nicht mit Gefahr verknüpft, als die Wandungen erst dann durchbrennen können, wenn das im Verdampfer befindliche Wasser nahezu ganz verbraucht ist; es wird aber dann auch der Dampf spannungslos, und der Motor bleibt still stehen. Fehler in der Bedienung oder Versagen der Einrichtung machen sich also bemerkbar, ohne Gefahr herbeizuführen.

Am Speiserohr ist bei h neben einem Wasserstandszeiger ein Dreiweghahn eingeschaltet, welcher die Füllung des Verdampfers mit Wasser vom Auffülltrichter i aus und dessen Ausblasen und Reinigen von Schlamm durch Hahn k gestattet. Der Dampf wird durch ein an der hinteren Stirnwand in der Längsachse des Hauptrohres verlaufendes nach der höchsten Stelle des Hauptrohres ausmündendes Rohr l nach dem Dampfsammler m , einem cylindrischen unter dem Verdampfer im Gehäuse c befindlichen Rohre, geleitet, welcher durch die von den Wänden des Innenraumes ausstrahlende Wärme soweit erhitzt ist, dass der Dampf nicht nur vor Abkühlung geschützt ist, sondern vielmehr noch getrocknet wird. Bei n sitzt das Sicherheitsventil, o ist das zum Vorwärmer führende Ausblasrohr, und Rohr p führt den Dampf zur Maschine; q ist der Vorwärmer bezw. der Speisewasserbehälter, welcher ebenfalls von den Wandungen des Gehäuses c geheizt wird. Der Vorwärmer ist auch durch einen Oberflächencondensator zu ersetzen, welcher dann vornehmlich das Speisewasser liefert.

Im Betriebe befindliche Dampferzeuger dieser Art sollen ergeben haben, dass sich bei nicht geradezu ungeeignetem Speisewasser im Verdampfer ein fester Niederschlag, Kesselstein, nicht ansetzt, eben in Folge des gezwungenen Wasserkreislaufes und der damit verbundenen Abscheuerung und Erschütterung der Innenwände. Der Niederschlag ist gewöhnlich weicher Schlamm, der zumeist im Hauptrohr a sich ansammelt und durch Ausblasen bei k zu entfernen ist.

Das Hauptrohr ist aus Blech geschweisst; die Rohrschlangen bestehen aus kupfernen oder patentgeschweissten Schmiedeeisenrohren.

Das Dampfleitungsrohr kann noch mit einem Dampftrockner r oder Entwässerungsrohr in Form einer Rohrsehlanqe r mit Sammelkammer s verbunden werden.

Ein Stutzen t des Dampftrockners reicht soweit in das Hauptrohr a , dass seine Mündung den Wasserspiegel bei der Umdrehung des Verdampfers berührt und zuviel zugeführtes Speisewasser durch s und l nach dem Dampfsammler bezw. Vorwärmer abführt; die Ueberwachung des Wasserstandes fällt somit fort; das als überschüssig wieder in r zurückfliessende Speisewasser wird sogar in diesem Ueberhitzer r noch zum Theil verdampft.

Um einen noch rascheren Wasserkreislauf zu erzielen, werden seit neuerer Zeit 3 Rohrschlangen mit je 4 bis 5 Windungen und mindestens 40 Millimeter Durchmesser verwendet.

Jedenfalls darf aber bei diesem Dampferzeuger, wegen der an beiden Enden befindlichen Stopfbüchsen, der Dampfdruck kein hoher sein.

Dritter Abschnitt.

Dampfkessel-Feuerungen.

Im Grossen und Ganzen unterscheidet man auch beim Dampfkesselbetrieb gewöhnliche Feuerungen und Gas- oder Generatorfeuerungen. Beide Systeme, namentlich aber das erstere, finden sich in der Praxis in den verschiedenartigsten Constructionen vor. Wir beschäftigen uns zuerst mit dem Wesen und Verbrennungsvorgang der gewöhnlichen Feuerung.

In jedem Feuerungsraum geht, vom Augenblick der Entzündung des Brennmaterials, continuirlich ein chemischer Process vor sich, welchen wir Verbrennung nennen, und dessen wir uns bedienen, um höhere Temperaturen für unseren Zweck zu entwickeln, was dadurch eingeleitet wird, dass man kohlenstoffreiche Verbindungen vegetabilischen oder mineralischen Ursprungs (Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit etc.) in einen Zustand versetzt, in welchem deren Bestandtheile, im Wesentlichen deren Kohlenstoff und Wasserstoff, mit dem atmosphärischen Sauerstoff in eine chemische Action treten. Die atmosphärische Luft besteht aus 79 Volumentheilen Stickstoff und 21 Volumentheilen Sauerstoff, von denen der erstere jedoch an der Verbrennung keinen Theil nimmt, sondern vielmehr dazu beiträgt, den durch die Verbrennung herbeigeführten Wärmeeffect zu verringern, weil er mit den Producten der Verbrennung zugleich, und zwar meist sehr stark erhitzt, durch den Schornstein abgeführt wird. Die grösste Wärmeentwicklung tritt dann ein, wenn der Sauerstoff der Verbrennungsluft gerade ausreicht, um den Kohlenstoff des Brennmaterials in Kohlen säure und den Wasserstoff desselben in Wasser (Dampf) zu verbrennen, d. h. wenn das Verhältniss zwischen Brennmaterial und Luft ein solches ist, dass auf 6 Gewichtstheile Kohlenstoff, 16 Gewichtstheile Sauerstoff und auf je 1 Gewichtstheil Wasserstoff

8 Gewichtstheile Sauerstoff durch die Luft zugeführt werden. Es ist also zur vortheilhaftesten Verbrennung eines Brennstoffes ein bestimmtes Luftvolumen erforderlich, ohne welches, wenn dies nicht so viel wie möglich innegehalten wird, die Verbrennung nicht ökonomisch von Statten gehen kann. Ist das Luftvolumen z. B. grösser, wie es ja bei allen gewöhnlichen Feuerungen der Fall ist, als diesem Verhältniss entspricht, so spielt die überschüssig zugeführte Luft dieselbe Rolle, wie der Stickstoff, d. h. sie bewirkt Wärmeverlust, indem eine Abkühlung der Flamme, eine Art Ausblasen stattfindet, und von den Wärmemengen, welche wir aus dem Brennmaterial erzeugen, wird dann nur ein kleiner Theil nutzbar, da ein grosser Theil an überschüssiger Luft gebunden worden ist. Es ist alsdann kein Wunder, dass, wenn eine überschüssige Luftmenge zur Flamme tritt, die Verbrennungstemperatur hinuntersinkt und dass eine solche Flamme Rauch und Russ gibt. Ist die Luftmenge zu gering, so entweichen mit den Heizgasen noch brennbare Producte (Kohlenoxyd, Wasserstoff, Theerdämpfe und Russ), welche einen directen Verlust von Brennmaterial herbeiführen. Bei allen Feuerungsanlagen hat man dahin zu streben, dass die Producte der Verbrennung nur aus Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf bestehen.

In allen Fällen ist ein sicheres Erkennen, ob die durch den Zug des Schornsteins zum Brennstoff zugeführte Luft gerade hinreichend zur Verbrennung sei, nur durch eine chemische Analyse möglich (siehe Handbuch über vollständige Dampfkesselanlagen von Thielmann, Verlag von K. Scholtze, Leipzig). Ein weiterer Fehler, der bei gewöhnlichen Kesselfeuerungen begangen wird, ist der, dass man die Feuerroste entweder in Flammröhren oder direct unter dem Kessel anbringt. Jeder hat wohl in der Schule schon gelernt, dass man einer Flamme die Entzündungstemperatur nicht rauben sollte, dass man die Flamme möglichst lange und hoch sich erhitzen lassen soll, bevor sie an kalte Wandungen schlägt. Das ist leider vergessen; die noch unvollständig entwickelte Flamme der meisten Kesselfeuerungen schlägt an den kalten Kessel (man muss doch den Kessel, der kochendes Wasser oder Dampf enthält, entschieden gegenüber der Feuertemperatur, als kalt bezeichnen); man kühlt also das Feuer, das sich kaum gebildet hat, ab, bringt es um die Entzündungstemperatur, und wundert sich dann, wenn sich in den Feuerkanälen soviel Russ und Flugasche ansammelt, wenn der Schornstein nicht so gross bemessen ist, dass er diese Bestandtheile zu Tage fördern kann. Bei sehr hohen und weiten Schornsteinen wundert man sich andererseits, wenn von dem Brennmaterial nicht bloss die Asche, sondern selbst ganze Brenn-

materialstücke in Pulverform mit aus dem Schornstein hinauswandern. Um nun die Flugasche abzulagern, findet man sehr häufig bei directen Unterfeuerungen eine Vergrößerung des Raumes hinter der Feuerbrücke. Wenn man die Verbrennungsproducte mit irgend einer Temperatur über die Feuerbrücke bringt, an welcher Stelle die Querschnittsöffnung in der Regel möglichst sehr eng gehalten wird, angeblich, damit sich die Luft und die Verbrennungsgase innig mischen, so ist die Frage, welche Temperatur wird in dem Augenblick eintreten, wenn der Flamme gestattet ist, hinter der Feuerbrücke sich in einem colossal vergrößertem Raum frei auszudehnen. In der mechanischen Wärmelehre heisst es: Arbeit ist Wärme und Wärme ist Arbeit. Fragen wir nun: verrichtet denn die Flamme, indem sie über die Feuerbrücke hinwegtritt und sich frei ausdehnt, in dem verhältnissmässig grossen Raum hinter der Feuerbrücke da keine Arbeit, und wenn sie Arbeit verrichtet, wird dann die Flammentemperatur nicht sinken? Es ist also gar kein Wunder, wenn die meisten Kesselfeuerungseinrichtungen mangelhaft sind, wenn sie rauchen und russen. Dasselbe Beispiel des Rauchens und Russens haben wir ja bei unsern Kochapparaten, wo mit Petroleum gekocht wird. Der Topf oder das Geschirr steht über der vollständig entwickelten Flamme. Sobald aber das Geschirr in die Flamme gesenkt, d. h. der Flamme die Entzündungstemperatur, also das Fortbestehen geraubt wird, fängt sie an zu rauchen und zu russen.

Nun findet man aber hauptsächlich bei denjenigen Feuerungsanlagen sehr starken Rauch aus dem Schornstein entweichen, welche Steinkohlen mangelhaft verbrennen.

Bei Anlagen mit Braunkohlenfeuerung sieht man bisweilen zwar ebenfalls schwarze Rauchwolken, aber nicht so oft und so intensiv, dafür aber pflegt der Schornstein über die Nachbarschaft einen Aschenregen auszustreuen, der meistens ebenso lästig ist als Rauch.

Feuerungen mit Gasen, Anthracit, Holz und Coaks pflegen sehr selten lästigen Rauch oder Schornsteinauswurf zu zeigen. Trotzdem sind aber, mit Ausnahme des Aschenregens, alle Effluven des Schornsteins mehr oder weniger gleicher Art. Die Verbrennung eines Brennstoffes besteht, wie oben schon gesagt, in einer Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft. Jeder Brennstoff besteht aber aus einer chemischen Verbindung von verschiedenen Körpern, Kohlenstoff, Wasserstoff, Schwefel, Sauerstoff, Wasser, Asche u. s. w. Zur Wärmeerzeugung dienen davon nur Kohlenstoff, Wasserstoff und Schwefel. Man nimmt allgemein an, dass die bei der Verbrennung der Kohle entstehende Wärmemenge gleich sei der Summe

der aus der Verbrennung der einzelnen Theile resultirenden Wärmemenge. Wären die verbrennlichen Theile eines Brennstoffes gleich in Gasform vorhanden, so würde bei sonst richtiger Erfüllung nothwendiger anderer Bedingungen der Process der Verbrennung einfach und direct vor sich gehen. Dem ist aber nicht so, vielmehr müssen die verbrennlichen Theile (und das ist sehr wichtig) erst Gasform annehmen, und nun ist ohne Weiteres erklärlich, dass eine Menge chemischer Verbindungen, namentlich von Kohlenstoff und Wasserstoff, zu Stande kommen, bevor der Verbrennungsprocess vollendet ist. Aus der Verbindung von Kohlenstoff mit Sauerstoff entsteht also nicht allein Kohlensäure, sondern auch Kohlenoxyd, ja unter Umständen reducirte Kohlensäure wieder zu Kohlenoxyd. Ebenso wird aus allem Wasserstoff und Sauerstoff nicht Wasser, sondern ein Theil des Wasserstoffes verbindet sich mit dem Kohlenstoffe zu Kohlenwasserstoffen. Die Kohlenwasserstoffe sind aber alle brennbar und geben als Producte der Verbrennung wiederum Kohlensäure und Wasser. Sonach bleibt als Endproduct einer vollkommenen Feuerungsanlage von Kohlenstoff und Sauerstoff Kohlensäure, von Wasserstoff und Sauerstoff Wasser, von Kohlenwasserstoff und Sauerstoff Kohlensäure und Wasser, vom Wasser Wasserdampf, von der Asche Schlacke und Asche, und von der Luft Stickstoff. Der Stickstoff bildet den grössten Theil der Producte, da er der Träger des Sauerstoffes ist.

Bei einer gewöhnlichen Feuerungsanlage werden allemal in den Endproducten ausser obigen noch Sauerstoff und mehr oder weniger Mengen Kohlenoxyd, sowie auch noch unverbrannte Kohlenwasserstoffe enthalten sein.

Die abziehenden Heizgase würden also bei einer sehr guten Feuerungsanlage aus farblosen Gasen (Kohlensäure, Stickstoff und Wasserdampf) bestehen müssen. Indessen reisst die Zugkraft des Schornsteins stets eine kleine Menge Kohle in feinsten Partikelchen mit, und so färben sich die Gase schwärzlich und nennt man sie dann Rauch. Den directen Verlust dieser Kohlentheilchen schlägt der Laie, wenn er recht schwarzen Rauch sieht, sehr hoch an; das ist er eigentlich nicht. Anders steht es aber mit der Färbung durch die russigen Niederschläge aus den unverbrannten oder nur zum Theil verbrannten Kohlenwasserstoffen. Diese bringen erhebliche Wärmeverluste mit sich, da sie fast die doppelte Heizkraft des Kohlenstoffes haben, und diese allbekannten Russflocken sind die eigentliche Ursache der schwarzen Färbung der abziehenden Gase.

Nach dem chemischen Gesetze, dass, wenn eine chemische Verbindung zu Stande kommt, die Menge der dabei frei gewordenen

Wärme immer constant ist, einerlei ob die Verbindungen unmittelbar oder auf Umwegen durch Elementaranalyse des Brennstoffes und der Endproducte der Verbrennung (Rauch und Asche) vor sich gehen, lässt sich der calorische Effect und der Werth der Anlage ermitteln. Folgerichtig lässt sich auch hierbei aus der Analyse der Feuergase der Fehler bei der Verbrennung nachweisen und demgemäss eine Verbesserung erkennen. Wege und Mittel zur analytischen Untersuchung der Feuergase finden sich im Handbuch über vollständige Dampfkesselanlagen vom Verfasser des vorliegenden Buches, Verlag v. K. Scholtze, Leipzig.

Hat man aus der Analyse der Feuergase die Fehler der mangelhaften Verbrennung gefunden, so gilt es, die Ursachen derselben aufzusuchen und die Mängel zu beseitigen.

Bei solchen analytischen Untersuchungen stösst man aber fast ohne Ausnahme sofort auf diejenige Ursache, welche den weitaus grössten Einfluss hat, nämlich die Luftzufuhr zum Brennstoff. Wir haben bereits oben gesehen, dass die richtige Luftzufuhr der wichtigste Factor aller Feuerungsanlagen ist.

Alle leicht brennbaren, geringwerthigen Brennstoffe (Braunkohle, Holz, Torf etc.) haben geringen Gehalt an Wasserstoff; es entstehen also bei der Verbrennung nur verhältnissmässig geringe Mengen Kohlenwasserstoffe, sie kommen deshalb mit einer geringeren Luftzufuhr, nämlich etwa mit dem 1,5 bis 1,7 fachen vom theoretischen Quantum aus, und zwar weil sie kurze Flammen geben. Bei Steinkohlen ist dies anders. Die aus demselben reichlich sich entwickelnden Gase, namentlich Kohlenwasserstoffe, müssen noch eine sauerstoffreiche Luft über der Kohlenschicht haben, damit ihre lange Flamme ausbrennen kann.

Bei den Braunkohlenfeuerungen läuft man leicht Gefahr, zu viel Luft zuzuführen, wodurch die Verbrennung allerdings möglichst vollkommen und rauchfrei wird, aber die Feuergase in Folge des in der Luft enthaltenen 3,5 fachen Stickstoffgehaltes sehr verdünnt werden. Die ökonomische Ausnutzung wird natürlich dadurch schlechter. Ist die Luftzufuhr durch die Kohlenschicht grösser als zweifach, so wird eine rauchfreie Verbrennung entstehen, im anderen Falle, d. h. bei weniger als 1,5 fach, wird der Schornstein rauchen. In den Steinkohlenfeuerungen gewöhnlicher Art wird die Luft in der Regel dann, wenn sie am grössten sein sollte, nämlich beim Beschicken der Feuerung, am kleinsten. Die rasch überdestillirenden flüchtigen (anfangs brennenden) Gase löschen aus, weil sie nicht genug Sauerstoff haben, um fortzubrennen. Der Schornstein qualmt anfangs sehr intensiv und hört erst nach und nach damit auf.

Wenn nun der Sauerstoff beim Durchstreichen der Kohlenschicht aus der Luft gehörig ausfiltrirt werden soll, muss die Schütthöhe des Brennstoffes eine gewisse Dicke haben. Diese steht in Beziehung zur Zugkraft des Schornsteines und hängt ab von der klein- oder grobstückigen Beschaffenheit eines Brennstoffes.

Bei gleicher Zugkraft des Schornsteins muss eine feine erdige Kohle recht dünn aufgeschichtet werden, grobe Stückkohle erheblich höher, und Holz, Coaks und Torf in üblichen Stücken am höchsten aufgebracht werden. Sind die Schichten zu dick, so entsteht unvollkommene Verbrennung und daher viel Rauch.

Sofern genügend Sauerstoff vorhanden ist, so ist bei den meisten Zersetzungsproducten der Kohlen die Temperatur, bei welcher sie entstehen, auch genügend, um sie zu verbrennen. Die Einleitung einer Verbrennung ist daher leicht, aber Aufmerksamkeit erfordert die Fortsetzung und Erhaltung der Verbrennung. Kohlenstoff entzündet sich bei 300° , ölbildendes Gas und Wasserstoff bei 525° , Sumpfgas (Kohlenwasserstoff) bei 1300° .

Durch zu grosse Luftzufuhr über und unter dem Roste, durch leichte Abkühlung des Feuerungsraumes in Folge der Leitungsfähigkeit der Wände, durch Abkühlung in Folge Aufbringens grosser Brennmaterialmengen sinkt aber die Temperatur im Ofen leicht bis unter Dunkelrothgluth; es zeigt sich dann noch etwas Flamme, deren Entstehung man bei 400° annimmt, und es gehen dann Wasserstoff, ölbildendes Gas, Sumpfgas unverbrannt verloren. Dem Schornstein entquillen dunkle Rauchwolken, und nebenbei sinkt der ökonomische Effect ganz beträchtlich, bis die nöthige Temperatur wieder entstanden ist. Ist das Brennmaterial zu dicht geschichtet, fehlt es an Zug, ist der Rost von Asche und Schlacke bedeckt, so fehlt es an Sauerstoff, und nun zersetzen sich so lange die Brennstoffe, als die Feuerung die genügende Wärme hergeben kann.

Ist die Feuerungsanlage so klein für den nothwendig zu erreichenden Zweck bemessen, dass der Brennstoff nicht ruhig ausbrennen kann, so dass in zu kurzen Zwischenräumen das Brennmaterial durchgerührt und frisches aufgebracht werden muss, so gehen viel unverbrannte Gase und mitgerissener Kohlenstoff mit aus dem Schornstein.

Um eine möglichst vollständige Verbrennung des Feuerungsmaterials zu erreichen, ist es nöthig, neben der in richtiger Menge zuzuführenden Luft, auch für eine recht innige Mischung derselben mit den sich entwickelnden brennbaren Gasen zu sorgen. Diese Bedingung wird in befriedigender Weise nur mit einer gleichmässig fortschreitenden Verbrennung, bei welcher die verschiedenen Stufen

des Verbrennungsganges stets gleichmässig vorhanden sind, zu erreichen sein. Der Hauptübelstand der gewöhnlichen Planrostfeuerung, selbst bei gleichmässiger Beschickung der ganzen Rostfläche und unveränderlicher Zugwirkung, besteht darin, dass der Zustand periodisch wechselt. Dies gilt vor Allem von dem wichtigsten Brennstoffe, den Kohlen. Wenn frische Kohlen aufgeschüttet sind, ist zur Verbrennung der sich schnell entwickelnden flüchtigen Kohlenwasserstoffe eine grosse Luftmenge nöthig, während gerade wegen des vermehrten Widerstandes in der Brennstoffschicht eine Verminderung von Luftströmung eintritt. Es wird daher auch aus den Kohlenwasserstoffen Kohlenstoff als Rauch ausgeschieden werden, und die in Gluth befindlichen Kohlen werden zum grossen Theil nur zu Kohlenoxyd verbrennen. Sind schliesslich auch die frischen Kohlen in helle Weissgluth übergegangen, so wird im Allgemeinen zwar ziemlich vollständige Verbrennung stattfinden, aber grosser Luftüberschuss vorhanden sein. Um diese Uebelstände zu vermeiden, müsste daher eine fortwährende Regelung des Zuges bewirkt werden, wobei jedoch eine gleichmässige Wärmeentwicklung nicht stattfände.

Eine gleichmässig fortschreitende Verbrennung kann vor sich gehen, wenn der Brennstoff stetig der Verbrennungszone entgegenrückt, was auf verschiedene Weise zu bewerkstelligen ist. Setzt man einen gewöhnlichen Planrost voraus, so kann man, wenn der Zug wie gewöhnlich von unten nach oben durchgeht, den Brennstoff von unten zuführen, wie z. B. beim System C. H. Peters & Co., D. R. P. 35 445, oder wenn man von oben beschicken will, den Zug von oben nach unten durch den Rost leiten, wie J. Einbek D. R. P. 27 629. In beiden Fällen müssen die Destillationsproducte durch die in Gluth befindlichen Brennstoffe hindurch, werden dabei stark erhitzt und können, eine genügende Luftzuführung vorausgesetzt, sammt den Coaks zur vollständigen Verbrennung gelangen. Beide Einrichtungen sind auch ausgeführt, ohne dass sie sich bis jetzt bewährt haben. Die Beschickung von unten erfordert sehr umständliche Vorrichtung, und bei einem von oben nach unten gerichteten Zuge verbrennt immer der Rest in kurzer Zeit. Auf dem erst erwähnten Princip, bei welchem die Destillationsproducte durch die in Gluth befindlichen Brennstoffe hindurch müssen, beruht auch das Feuerungssystem von Willmsmann D. R. P. 19 749 und das von Donnelay D. R. P. 25 313 u. 31 796, deren Anwendung ebenfalls, trotz ihres mehrjährigen Bestehens, eine sehr beschränkte und deren allgemeine Einführung auch nicht zu erwarten ist, da sie nur in ganz bestimmten Fällen zur Verwendung kommen können. Einen Vortheil

gewähren sie auch insofern nicht, als ihre Haltbarkeit ebenfalls nicht von genügend langer Dauer ist.

Es kann aber der Brennstoff auch auf dem Roste selbst vorrücken, derart, dass an dem einen Ende immer das ausgebrannte, am entgegengesetzten Ende das frische Material sich befindet. In diesem Falle ist nur dafür zu sorgen, dass die an dem letzteren Ende sich entwickelnden Kohlenwasserstoffe hinreichend erhitzt werden, was für den gewöhnlichen Fall, in welchem die Verbrennungsproducte aus dem Feuerraum nach hinten abziehen, am einfachsten dadurch zu erreichen ist, dass der Brennstoff vorn auf den Rost aufgegeben und allmählich nach hinten befördert wird. Die flüchtigen Gase müssen dann über die glühenden Coaks hinstreichen. Soll eine derartige möglichst stetige Fortschiebung des Brennmaterials nach hinten von der Hand bewirkt werden, so erfordert dies eine sehr aufmerksame und fleissige Bedienung, doch wird sie nur an ganz vereinzelt Orten mit mehr oder weniger Erfolg durchgeführt. Um hierbei gleichzeitig einen zu kalten und zu grossen Luftüberschuss möglichst zu vermeiden, lassen verschiedene Industrielle in neuerer Zeit die Roste stets mit einer dünnen Schicht Schlacke gleichmässig bedeckt, so dass man nun auch noch dahin gekommen ist, mit Schlacke, angeblich vortheilhaft, heizen zu können. Ein Verein für Dampfkesselbetrieb hat es sich angelegen sein lassen, auf diese Heizmethode einen Lehrheizer auszubilden, welcher auf Wunsch zu den Dampfkesselbesitzern geschickt wird, um diese Heizmethode den betreffenden Heizern beizubringen, was auch an manchen Plätzen mit Erfolg, namentlich aber so lange der Lehrheizer noch zur Seite stand, durchgeführt worden ist. In letzterer Zeit hat man jedoch schon wieder etwas weniger von dieser Kohlen- und Schlackenheizmethode gesehen und gehört.

Es sind bekanntlich auch schon viele mechanische Vorrichtungen für den genannten Zweck ausgeführt worden, welche indessen durchschnittlich nur bei sorgfältiger Behandlung zufriedenstellend wirken. Wir erwähnen hier beispielsweise den Mr. Dougall's Stoker (siehe Handbuch über vollständige Dampfkesselanlagen vom Verfasser dieses), Sinclair's selfacting mechanical stokers und Knop's mechanical stokers.

Andere wieder suchen eine vollkommeneren Verbrennung durch Umstellvorrichtungen bei Doppelfeuerungen (zwei nebeneinander liegende Roste) zu erzielen, indem sie abwechselnd die Gase des jedesmal frisch beschickten Feuers entweder über die glühende Coaksschicht des nebenliegenden Feuers, D. R. P. 32 760 von Bern-

bach, oder am hinteren Ende der Roste mit der von dem vollständig durchgebrannten Feuer kommenden Flamme zusammenführen, D.R.P. 36 539 von J. L. Piedboeuf, oder sogar ebenfalls abwechselnd die Gase des jedesmal frisch beschickten Feuers unter die Roste des vollständig durchgebrannten Feuers führen, von wo aus sie durch die Roste und durch die auf denselben liegende glühende Coakschicht sich durchzuquälen haben, D.R.P. 40 389 von Failling.

Am einfachsten und deshalb auch am zweckmässigsten erscheint es, geneigte Roste zu verwenden, auf welchen die Brennstoffe in Folge ihres Eigengewichts selbstthätig abwärts rutschen. Leitet man die oben entwickelten Kohlenwasserstoffe abwärts über die Coaks hinweg oder umgekehrt die von letzterem aufsteigenden heissen Gase aufwärts über die zu entgasenden Kohlen hinweg, System Tenbrink (siehe das genannte Handbuch vom Verfasser), so wird auch eine ziemlich vollständige Verbrennung zu erzielen sein. Derartige Anordnungen dürfen wohl zu den besten bekannten Constructionen gerechnet werden. Die Nachteile, welche ihnen noch anhaften, liegen hauptsächlich in der zerstörenden Wirkung, welche durch starke Richtungsänderungen der glühenden Gase auf einzelne Theile ausgeübt wird.

Wesentlich für eine gute Verbrennung scheint die bei neuen Feuerungen vielfach angewendete sogenannte secundäre Luftzuführung zu sein. An sich ist es gleichgültig, ob sämmtliche zur Verbrennung nöthige Luft durch den Rost zugeführt wird, oder nur ein Theil derselben. Im ersteren Falle ist aber nur eine geringe Schütthöhe zulässig, damit der von dem Brennstoff der Luft gebotene Widerstand nicht zu gross werde. Feinkörniger Brennstoff kann bei alleiniger Luftzuführung durch den Rost überhaupt nicht gut verbrannt werden. Um auf einer bestimmten Rostfläche und bei einer bestimmten Schornsteinhöhe in der Zeiteinheit möglichst viel Kohlen vollständig zu verbrennen, ist es zweckmässig, nur so viel Luft durch den Rost zuzuführen, als zur Verbrennung der Coaks zu Kohlenoxyd erforderlich ist. Ein Theil der hierbei entwickelten Wärme ist alsdann hinreichend, um die Kohlen zu vercoaken. Zum Vercoaken selbst ist keine Luft nothwendig; sie ist im Gegentheil, wenn kalt eingeführt, hierbei schädlich, weil sie die entwickelten Kohlenwasserstoffe abkühlt. Die zur Verbrennung der letzteren und des Kohlenoxyds nöthige Luft kann aber auf einem bequemeren Wege, welcher ihr nicht so viel Widerstand bietet als die Brennstoffschicht, in den Verbrennungsraum eingeführt werden. Es erscheint aus diesem Grunde gar nicht unzweckmässig, bei gewöhnlichen Horizontalrosten einen kleinen Theil der Rostfläche frei

zu lassen, damit hier die Luft durch die Rostspalten freien Zutritt habe, sofern man nur dafür sorgt, dass dieselbe sich mit den Brenngasen gut mischen und nicht direct entweichen kann. Besser dürfte es wohl sein, die Luft vor oder hinter der Feuerbrücke von oben einzuleiten; sie wird dann, in Folge ihrer grösseren Dichtigkeit in den heissen Gasen niedersinken und zu einer innigen Mischung mit diesen gezwungen. Will man die secundäre Luft von unten oder von den beiden Seiten zuströmen lassen, so ist es wenigstens nöthig, sie durch zahlreiche, doch nicht zu enge Oeffnungen derart einzuführen, dass die einzelnen Luftstrahlen möglichst tief in den Strom der brennbaren Gase eindringen. Ein Luftstrom, welcher z. B. durch einen langen Spalt in der Feuerbrücke eintritt, wird sich unter dem Gasstrom, sich auf einer grosser Strecke an denselben anschmiegend, fortbewegen, und die Mischung wird nur sehr allmählich vor sich gehen, so dass da, wo die Gase erlöschen, in den oberen Schichten noch grosse Mengen Kohlenoxyd, in den unteren grosse Mengen Luft vorhanden sind.

Der Erwärmung der Luft, wird bei den Kesselfeuerungen wohl häufig zu viel Werth beigelegt. Zu einer möglichst vollständigen Verbrennung ist sie nicht nothwendig, wenn sie auch die Mischung der Luft mit den Gasen befördern mag. Mit stark erhitzter Luft lassen sich allerdings höhere Temperaturen, als mit kalter Luft erzielen, doch sind diese gerade bei Dampfkesseln im Allgemeinen nicht sehr erwünscht. Ein Wärmegewinn würde bei der Vorwärmung der Luft durch die abziehenden Heizgase erzielt werden. Da die Temperatur derselben aber bei zweckmässigen Anlagen schon ziemlich niedrig ist, kann diese Vorwärmung nicht bedeutend sein. Am passendsten wird noch die Erwärmung in Kanälen stattfinden, welche in den Wandungen oder der Decke des Verbrennungsraumes angebracht sind, wobei auch noch ein geringer Gewinn an Wärme erreicht wird, indem ein Theil der von der Luft aufgenommenen Wärme doch durch das Mauerwerk hindurchgehen würde. Günstig wirkt diese Einrichtung auch durch die Kühlung der Wände, welche sie dauerhafter macht. Eine Entnahme der Wärme an Stellen des Feuerraumes, wo sich noch unverbrannte Gase befinden, muss dagegen als schädlich bezeichnet werden, da sie zur Rauchbildung und zu unvollständiger Verbrennung Anlass geben kann.

Wir sehen also, dass die Construction einer Feuerung mit vorgewärmter zweiter Luftzuführung keineswegs eine gleichgültige sein kann; ja sogar, wenn sie allen Anforderungen auch nur einigermaßen genügen soll, eine sehr schwierige ist. Kein Wunder, wenn

fast alle diese Art Feuerungen, welche man auch Halbgasfeuerungen nennt, sehr bald wieder von der Bildfläche verschwanden. Die ersten Feuerungen dieser Art waren die von Müller und Fichet, und A. Hartmann, dann folgten einige derartige Constructionen von Haupt, ferner von Ebeling, Schaffer, Heiser, Gröbe u. s. w. Alle diese haben als Halbgasfeuerungen nicht bestehen können und werden es auch als Viertel-Gasfeuerungen nicht, da man so wie so schon bald mit ihnen sehr stark in die „Brüche“ gerathen war.

Einen glücklicheren Griff scheint Cohen, D. R. P. 41 144 Paris, sowie Verfasser dieses, auf Grund seiner langjährigen praktischen Erfahrungen auf diesem Gebiete mit seinem neuen Generatorfeuerungs-system gemacht zu haben. Dasselbe besteht einfach in einem Generator mit Schütt- und Planrost, in welchem die Kohlen zuerst zur Vergasung resp. Vercoakung gebracht werden, und in einem darüber liegenden Verbrennungs- resp. Flammenentwicklungsraum; zwischen diesem und dem Generator liegt ein sog. mit Luftdüsen für die zweite Luft versehener Contractionsbrenner. Der Flammenentwicklungsraum ist verhältnissmässig gross bemessen, und zwar nach dem Princip des „neuen Heizverfahrens mit freier Flammenentwicklung“ von Fr. Siemens. Dieser Raum ist rundum mit Luftkanälen umgeben, in welchen die secundäre Luft hoch vorgewärmt, und gleichzeitig damit die Ausstrahlung der Wärme vermieden, sowie eine Abkühlung gegen Durchbrennen dieser Wandungen erzielt wird. Diese Abkühlung ist derart von Wirksamkeit, dass dieser Flammenentwicklungsraum bis jetzt nach zweijährigem normalen Betriebe mit Steinkohlen, noch keine Reparatur erforderte, und anscheinend auch auf eine geraume Zeit noch nicht erfordern wird, und selbst in solchem Falle die Kosten derselben, im Vergleich zu der damit erzielten Kohlenersparniss von nachweislich 20—30 Procent, nur ganz unbedeutend sein können und ferner der ganze Bau dieser Feuerung ein höchst einfacher ist.

Es ist diese Art directer Gas- resp. Generatorfeuerung wohl bis jetzt die einzigste, welche sich für Dampfkessel als praktisch brauchbar und lebensfähig erwiesen hat. Die Dampfkessel-Gasfeuerungen von Bonté-Schäfer und Berndt Baldermann hatten nur eine sehr kurze Lebensdauer, und schon seit einigen Jahren hört und sieht man gar nichts mehr von diesen.

Es würde sich nun noch darum handeln, rechnerisch zu untersuchen, welche Verbrennungstemperatur in einer solchen Generatorfeuerung, im Vergleich zu den gewöhnlichen Rostfeuerungen erzielt werden kann. Berechnen wir uns zunächst die Ver-

brennungstemperatur der letzteren und wählen für beide Fälle beispielsweise eine Braunkohle von folgenden Bestandtheilen:

0,495 Kohlenstoff,
 0,015 freien Wasserstoff,
 0,415 Wasserbestandtheile, also Grubenfeuchtigkeit und
 0,075 Aschenbestandtheile.

Nun rechnen wir aber mit annähernd bekannten Wärmeeinheiten, und zwar nehmen wir den Kohlenstoff mit rund 8000 W.-E. und den Wasserstoff mit rund 34 000 W.-E. an, welches Verfahren uns genügende Genauigkeit geben wird. Wenn wir diese mit den Wärmeeinheiten des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs multipliciren, so erhalten wir:

0,495 Kilo <i>C</i> · 8000 W.-E. = 3960 W.-E. freier Kohlenstoff,
0,015 " <i>H</i> · 34 000 " = 510 " " Wasserstoff.
Gesammt 4470 W.-E.

Hiervon geht aber ab jene Wärmemenge, welche nöthig ist, um das Wasser, welches die Kohle enthält, in Dampfform überzuführen, damit es den Schornstein verlässt. Wir hätten also, da in 1 Kilo Wasserdampf 537 W.-E. gebunden sind,

0,415 Kilo · 537 W.-E. = 224 W.-E.,

welche für Dampfbildung aufgewendet werden, in Abzug zu bringen, und es restiren demnach theoretisch 4246 W.-E., welche aus der Kohle gewonnen werden.

Der Kohlenstoff erfordert zur Verbrennung zu $CO_2 = 6 : 16 = 0,495 : X = 1,32$ Kilo *O*, und es entstehen

$1,32 + 0,495 = 1,815 CO_2$.

Der freie *H* erfordert zur Verbrennung $0,015 \cdot 8 = 0,12$ Kilo *O*, und es entstehen

$0,12 + 0,015 = 0,135$ Kilo Wasser.

Der Gesamtsauerstoffbedarf ist also für den *C* = 1,32 und für den freien *H* = 0,12 Kilo; zusammen 1,44 Kilo Sauerstoff.

Die Kohlensäure, welche sich aus der Verbrennung dieser Kohle bildet, beträgt, wie oben gefunden, 1,815 Kilo; Wasser bildet sich bei der Verbrennung des freien Wasserstoffes 0,135 Kilo; dazu tritt nun allerdings noch die ganze Dampfmasse von der grubenfeuchten Kohle. Diese Beträge 0,415 Kilo, oder zusammen 0,55 Kilo Wasser sind in den Verbrennungsproducten enthalten. Da die Verbrennung in atmosphärischer Luft erfolgt, so sind dem *O* an Stickstoff verbunden

$1,44 : X = 23, 3 : 76,6 = 4,74$ Kilo Stickstoff.

Die gesammte atmosphärische Luft würde also sein

$1,44$ Kilo *O* + $4,74$ Kilo *N* = $6,18$ Kilo atmosphärische Luft.

Die Verbrennungstemperatur dieser Kohle finden wir, aus den Gasgemengen mal deren specifischer Wärme (nach Regnault) und den gefundenen 4246 disponiblen W.-E. Die Verbrennungsproducte ergeben an Kohlensäure 1,815 Kilo. Wenn wir das mit der specifischen Wärme*) der Kohlensäure : 0,221 so multipliciren, erhalten wir diejenige specifische Wärme, die der Kohlensäure für die Verbrennung des 1 Kilo dieser Braunkohle innewohnt. Diese Zahl 0,221 wird zwar allgemein angenommen, liegt aber eigentlich bei Weitem höher. Sie würde etwa bei einer Temperatur von 700° C. nach Ferd. Fischer's Angaben 0,335 Kilo betragen müssen, weil sie mit der Zunahme der Temperatur wächst. Also die specifische Wärme der Kohlensäure = $1,815 \cdot 0,335 = 0,608$. Der Stickstoff, welcher ja der atmosphärischen Verbrennung beigefügt war mit 4,74 Kilo mal der specifischen Wärme desselben = 0,2754, beträgt 1,3034. Der Wasserdampf bestehend aus 0,415 Kilo Wasser der Grubenfeuchtigkeit und dem Wasser aus der Verbrennung des freien $H = 0,135$ Kilo oder zusammen 0,55 Kilo Wasser, besitzt eine specifische Wärme von $0,55 \cdot 0,301 = 0,1655$; die gesammte specifische Wärme der Verbrennungsproducte ist also 2,076.

Die Verbrennungstemperatur, welche also diese Kohle theoretisch geben würde, beträgt

$$\frac{\text{W.-E.}}{\text{sp. W.}} = \frac{4246}{2,067} = 2050^{\circ} \text{ C.}$$

Im praktischen Betriebe geht hiervon sehr viel Wärme verloren, und zwar theils durch Verluste durch den Rost, theils durch Ausstrahlung; aber es ist doch interessant, weiter zu rechnen, um zu sehen, welche Temperatur wir in dem gewöhnlichen Rostfeuer erhalten werden. Es ist uns bereits bekannt, dass gewöhnliche Rostfeuerungen mindestens mit der doppelten theoretischen Luftmenge arbeiten müssen. Wir wollen noch bezüglich des Luftüberschusses zwei einfache Rechnungen durchführen, einmal die Rechnung, wenn die Feuerung sehr gut bedient wird, also mit der doppelten, der theoretischen unbedingt nöthigen Luftmenge, und das zweite Mal, wenn sie schlecht bedient wird, mit der dreifachen theoretischen Luftmenge.

Wir hatten also wie früher bei der Verbrennung 1,815 Kilo Kohlensäure, 0,55 Kilo Wasserdampf und 4,74 Kilo Stickstoff, also ins-

*) Die specifische Wärme eines Stoffes ist die Zahl der Wärmeeinheiten, welche nöthig ist, um 1 Kilo der Substanz um 1° C. zu erhöhen, wenn die für Wasser gleich 1 gesetzt ist.

gesammt 7,105 Kilo Verbrennungsproducte mit der specifischen Wärme von 2,076. Dazu noch einmal die theoretische Luftmenge, also nochmals 6,18 Kilo atmosphärische Luft, deren Sauerstoff keinerlei Verbindung eingehen kann, da $C + H$ schon von der ersten hinzutretenden Luft umgesetzt worden ist. Da die specifische Wärme der Luft 0,2669 beträgt, so machen das zusammen

$$7,105 \text{ Kilo Verbrennungsproducte} + 6,18 \text{ Kilo atmosphärische Luft} = 13,285 \text{ Kilo}$$

Heizgase, mit einer specifischen Wärme von 2,076 (wie oben bestimmt) + 1,6494 der überschüssigen Luft, d. h. die gesammte specifische Wärme = 3,717. Also bei zweifacher Luftmenge 3,717; das ist schon gegen die obige Zahl von 1,815 ein so bedeutender Unterschied, dass die Temperaturberechnung mit 4247 W.-E. getheilt durch 3,717 rund 1000° C. ergiebt, wenn die doppelte theoretische Luftmenge zugeführt wird, wie es, wie gesagt, bei den gewöhnlichen Feuerungen fast ohne Ausnahme der Fall ist. Da nun die Entzündungstemperatur der Kohlenwasserstoffverbindungen CH_4 und C_4H_4 erst bei 1300° C. liegt, so resultirt schon aus dieser Temperatur, die niedriger ist, dass die Producte der trockenen Destillation, also beim Aufgeben einer Kohle auf den Rost unverbrannt entweichen müssen.

Bei der dreifachen theoretischen Luftmenge haben wir die ursprünglichen Verbrennungsproducte: Kohlensäure, Wasserdampf, Stickstoff + zweimal atmosphärische Luft von zusammen 12,36 Kilo. Die specifische Wärme der ursprünglichen Verbrennung ist dieselbe geblieben, und es entstehen nun

$$\begin{array}{r} 7,105 \text{ Kilo Verbrennungsproducte mit } 2,076 \text{ Sp. W.} \\ + 12,36 \quad \text{„} \quad \text{atmosphärische Luft} \quad \text{„} \quad 3,2988 \quad \text{„} \quad \text{„} \\ \hline 5,374 \end{array}$$

gesammte specifische Wärme. Die Temperatur wie oben gerechnet: 4247 theoretische Wärmeeinheiten dividirt durch 5,374 ergibt eine Temperatur von nur 800° C. Wir sehen also, welchen colossalen Einfluss ein übermässiger Luftüberschuss bei der Verbrennung ausübt, der bei den gewöhnlichen Feuerungen meistens mit dem besten Willen der Heizer nicht zu vermeiden ist.

Wir wollen uns nun die Generatorfeuerung näher betrachten. Diese arbeitet fast nur mit der theoretisch nöthigen Luftmenge, wenigstens ist hierbei die Möglichkeit geboten, die Luftzuführung jeden Augenblick sehr genau, also ganz nach Bedarf zu reguliren.

Die Kohle hatte also 0,495 Kohlenstoff, und das erfordert
 $0,495 \text{ Kilo } C + 0,66 \text{ Kilo } O = 1,155 O.$

Damit verbunden gehen durch den Generator, also den Gaserzeuger, bei der Gasbildung an Stickstoff

$$0,66 : x = 23,1 : 76,8 = 2,172 \text{ Kilo } N,$$

also 2,172 Kilo Stickstoff oder im Ganzen 2,172 Kilo + 0,66 Kilo O = 2,832 Kilo atmosphärischer Luft durch den Gasofen bei der Vergasung mit. Diese 0,495 Kilo C. verbrennen im Generator zu Kohlenoxyd und liefern also $0,495 \cdot 2400 \text{ W.-E.} = 1188 \text{ W.-E.}$ abzüglich jener Wärmemengen, welche, wie vorhin schon erwähnt, nöthig sind für die Verdampfung des Wassers der grubenfeuchten Kohlen; also gehen 223 W.-E. dafür ab, oder es werden im Generator 965 W.-E. frei. Zieht man also die spezifische Wärme der Generatorgase und des Stickstoffs in Berücksichtigung (Sp. W. = 1,11), so würden also unsere Heizgase aus dem Generator mit einer Temperatur von 870° C. zum Verbrennungsraum treten. Was nun den Verbrennungsraum selbst anbelangt, so beträgt die Verbrennung für den freien Wasserstoff 0,015 Kilo; derselbe verbraucht an Wasserstoff 0,12 Kilo; das Kohlenoxydgas, das wir im Generator erzeugt haben, 1,155 Kilo, braucht an Sauerstoff 0,66 Kilo, zusammen also braucht man 0,78 Kilo Sauerstoff. Damit sind wiederum in der atmosphärischen Verbrennungsluft verbunden: an Stickstoff 2,568 Kilo, also an gesammter atmosphärischer Luft 3,348 Kilo. Also die im Gasofen verbrauchte Luft beträgt 2,84 Kilo, im Verbrennungsraum 3,34 Kilo, oder zusammen 6,18 Kilo. Es stimmt das vollständig mit der Rechnung, welche bei der theoretischen Verbrennung stattfinden würde.

Wir haben nun noch die Verbrennungstemperatur der Gasverbrennung durchzunehmen. Die Gasmenge 1,815 Kilo Kohlen säure mal der spezifischen Wärme von nur 0,221 hier in diesem Falle, gibt 0,3989 Kilo; der Wasserdampf beträgt 0,135 Kilo aus dem Wasserstoff, der zur Verbrennung gelangt, und 0,418 Kilo von der Grubenfeuchtigkeit mal der spezifischen Wärme = 0,55 Kilo $\cdot 0,301 \text{ Kilo} = 0,1665 \text{ Kilo}$ an Stickstoff gingen durch den Generator bei der Vergasung der Luft in den Verbrennungsraum über.

Wenn wir das wieder mit der Verbrennungswärme multipliciren, erhalten wir 4,74 Kilo spezifische Wärme = 1,3054 Kilo, zusammen 1,8698 Kilo, also nur annähernd dasselbe Resultat wie oben. Die gesammte spezifische Wärme der Verbrennungsproducte bei der Gasfeuerung ist = 1,8698 Kilo, jene der Gase, welche vom Generator zum Verbrennungsraum treten = 1,11 Kilo und 965 Kilo W.-E. des Brennmaterials scheinbar absorhirt.

Es ist eine vollständig falsche Annahme, wenn man glaubt, dass diejenigen Wärmeeinheiten, welche die Kohlen aufbrauchen,

um in den gasförmigen Zustand überführt zu werden, verloren gehen. Geradeso wie man Wasser durch Wärme in Dampf verwandeln kann, kann man feste Kohlen, also den Kohlenstoff der Kohle, in Gasform überführen. Gerade so wie verdampftes Wasser immer Wärme bindet, gerade so thut es auch der feste Kohlenstoff. Es sind also in den Generatorgasen im Ganzen 965 Wärmeeinheiten gebunden. Aus dem freien Wasserstoff werden durch dessen Verbrennung 510 Wärmeeinheiten frei, und 1,155 Kilo Kohlenoxyd mal 2400 Wärmeeinheiten sind 2772. Wir haben also zusammen 4247 Wärmeeinheiten. Die Verbrennungstemperatur ist also auch in diesem Falle W.-E. durch die spezifische Wärme 1,87 dividirt $= 2270^{\circ}$ C. Dies wäre allerdings eine sehr anständige Temperatur, wenn es überhaupt möglich wäre, in der Praxis das so leicht zu erzielen. Jedoch liegt die Verbrennungstemperatur noch bei Weitem höher, als jene der gewöhnlichen Rostfeuerung. Dadurch nun, dass die Verbrennungsluft, welche dem Gasgemisch zugeführt, hoch erhitzt wird, pflegt man die Temperatur der Verbrennung zu steigern und erhält dadurch annähernd jene Temperaturen, wie selbe in der Hütten-Industrie häufig Anwendung finden. Man hört oft sagen, bei der Dampfkesselfeuerung komme es durchaus nicht darauf an, hohe Verbrennungstemperaturen herzustellen, wenn man nur dem Kesselbleche viel Wärmeeinheiten in der Zeiteinheit bietet. Verfasser hat aber, wenigstens an seinem eignen Generatorfeuerungssystem, praktisch gefunden, dass, je höher die Verbrennungstemperatur unter dem Kessel ist, desto mehr sich auch die Leistungsfähigkeit des Kessels erhöhte. Von einem Durchbrennen der Kesselbleche kann bei einer directen Generatorfeuerung nach dem System des Verfassers keine Rede sein, so lange man den Schlamm und Kesselstein im Kessel nicht zu sehr ansammeln lässt, in welchem Falle bei jeder gewöhnlichen Feuerung erfahrungsgemäss ein Durchbrennen entstehen kann. Bei dieser Generatorfeuerung wird sogar stets eine constante Flamme erzielt, also der Kessel stets einer gleichmässigeren Temperatur ausgesetzt und daher viel mehr geschont, als bei den fortwährend mit sehr grossen Temperaturdifferenzen arbeitenden gewöhnlichen Feuerungen.

Bei Neu- oder Umbauten von Dampfkesselanlagen sollte man sich gleichzeitig mit einem erfahrenen Feuerungstechniker in Verbindung setzen; denn die Dampfkesselfabrikanten können keine Feuerungstechniker sein, obschon sie oft leider auch dies sein wollen.

Die Mängel der gewöhnlichen Feuerungen sind also so offenbar, dass es auffallen muss, wie spät man dazu gelangt ist, sie durch etwas Besseres zu ersetzen. Um die physikalischen und chemischen

Vorgänge zu erkennen, welche bei der Heizung mit natürlichem Brennmaterial stattfinden, ist nur eine aufmerksame Beobachtung an einem gewöhnlichen Stubenofen nöthig, da hier die Aufeinanderfolge von drei verschiedenen Processen deutlich hervortritt: zuerst die Entwicklung von brennbaren Gasen durch die zerstörende Einwirkung der Wärme (sog. Entgasung), dann die Vergasung, d. h. Bildung von Kohlenoxyd in den als Rückstand gebliebenen Schichten von glühendem Kohlenstoff (Coaks oder Kohle), und endlich die Verbrennung der bei der Entgasung und Vergasung entstandenen Gase bei Hinzutritt reichlicher Mengen von Luft mit hoher Temperatur. Da bei der Vergasung nur wenig Wärme durch die unvollständige Verbrennung zu CO geliefert wird, so kann eine gewöhnliche Feuerung, abgesehen von allen übrigen Unvollkommenheiten, keine gleichmässige Hitze geben.

Die Erkenntniss dieser Verhältnisse hat zu der Einführung des Langen'schen Etagenrostes geführt; der modernen Gasfeuerung war es vorbehalten, auf sie ihr Princip zu gründen. Während wir bei einer gewöhnlichen Feuerung Kohlen direct auf die Roste werfen, dieselben anzünden und weiter brennen lassen, findet bei der Generatorfeuerung ein vollständig anderer Vorgang statt. Es ist nöthig zu berücksichtigen, dass, wenn man gewöhnliches Rostfeuer im Betriebe hat, und wir denken uns einige Kohlenstücke, die da brennen, so wird ein Theil des Kohlenstoffes mit der sich darauf stürzenden atmosphärischen Luft resp. des Sauerstoffes, allerdings zu Kohlensäure verbrennen. Dieselbe atmosphärische Luft, die aber im Ueberschuss zugeführt wird, wird durch dieses sich bildende kohlen saure Gas verdünnt; die Atome werden von einander verdrängt, und es bedarf einer bedeutenden Temperaturerhöhung, um die Atome zur chemischen gegenseitigen Verbindung der Verbrennung tauglich zu machen. Tritt diese Erhöhung der Temperatur nicht ein, so umschliessen die CO^2 und N Atome gewissermassen jene der C und O , und es entsteht trotz des Luftüberschusses eine mangelhafte Verbrennung. Es lassen sich noch C unverbrannt nachweisen, also Verluste von Bedeutung. Wir haben nicht nur Stickstoff, sondern wir haben auch Quantitäten Kohlensäure in den Verbrennungsproducten erhalten, und es ist daher ungeheuer schwer, auf dem gewöhnlichen Roste bei der herrschenden geringen Temperatur vollständig zu verbrennen, denn selbst Luft, im grössten Uebermasse zugeführt, wird immer durch diese Gase verunreinigt werden; die Atome werden derartig auseinandergedrängt, dass eine richtige Verbrennung nicht stattfinden kann.

Total anders liegt es bei der Gas- resp. Generatorfeuerung.

Wir haben einen Schacht unten, darunter einen Schüttrost mit Fülltrichter, und schütten das Brennmaterial auf den Rost in der Höhe von 0,6 bis 1,5 Meter. Es findet hier unten auf dem Roste eine Entzündung, Verbrennung der Kohlen statt, und es bildet sich selbstverständlich, wie bei jeder Verbrennung, zunächst Kohlensäure. Die Kohlensäure geht durch die nächstfolgende Schicht, die sog. Glühschicht, die zwar nicht mehr brennt, aber ein glühendes Lager bildet, setzt sich darin um, d. h. reducirt sich zu Kohlenoxyd, indem ein Theil des *O* mit dem glühenden *C* in Verbindung tritt. Wir haben also, wenn wir sagen „Gasfeuerung“, eigentlich einen vollständig falschen Ausdruck. Es brennt hier bei der Gasfeuerung, sowie dort bei der gewöhnlichen Feuerung auch nicht das feste Brennmaterial, es brennt nur der Kohlenstoff, eventuell auch der Wasserstoff des Brennmaterials. Wir haben nur bei der Gas- oder Generatorfeuerung eine andere Art und Weise der Verbrennung. Während wir bei der gewöhnlichen Feuerung mit einem Ueberschuss von Luft den Kohlenstoff verbrennen, erzeugen wir bei der Generatorfeuerung nur die brennbaren Gase fast ohne jeden Luftüberschuss, die dann unmittelbar in den Verbrennungsraum treten, um darin sich zur vollständigen Flamme zu entwickeln, wie weiter oben schon dargelegt.



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

7763

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299567