

geraden Stirnwände an den Mantel an; sie sind bei Schiffskesseln wie bei Landdampfkesseln, namentlich Flammrohrkesseln, gebräuchlich \*).

§. 361.

### Dampfkesselrohre mit äusserem Druck.

Die von aussen gepressten cylindrischen Dampfkesseltheile erleiden eine Beanspruchung, welche derjenigen auf Strebfestigkeit ähnlich ist, indem sie bei einer gewissen Höhe des Druckes, wenn eine kleine Abweichung von der Cylinderform eintritt oder vorhanden ist, zerquetscht werden. Bei den gezogenen Heizröhren genügen bereits die der Abnützung wegen anzuwendenden Wanddicken, um der Zerquetschung vorzubeugen; dagegen haben die Flammrohre der kornischen und Lancashire-Kessel meist solche Abmessungen, dass auf die Gefahr der Zerquetschung Rücksicht genommen werden muss. Durch Versuche von Fairbairn ist festgestellt worden, dass die Rohrlänge einen wesentlichen Einfluss auf die Zerquetschkraft hat, und zwar, dass letztere um so geringer ausfällt, je grösser die Länge, oder genauer genommen, der Abstand der gegen Zusammendrückung gesicherten Rohrquerschnitte ist. Aus seinen Versuchen hat Fairbairn für den die Zerquetschung herbeiführenden äusseren Ueberdruck  $p'$  die Formel

$$p' = 806300 \frac{\delta^{2,19}}{lD} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (395)$$

abgeleitet, wobei  $p'$  in engl. Pfunden auf den Quadratzoll engl.,  $D$  und  $\delta$  in engl. Zoll,  $L$  in engl. Fuss ausgedrückt ist. Die

---

\*) Die Frage ist noch offen, ob es sich nicht für manche Kessel empfiehlt, nur den einen der beiden flachen Endböden an dem Mantel zu befestigen, auch dies ohne Winkelanker, den anderen Boden aber nur mit dem ersten durch gerade, zur Kesselachse parallele Anker zu verbinden, dabei seinen dampfdichten Anschluss an den Mantel durch eine Dichtung zu bewirken (vergl. die hydraulische Presse S. 985). Die genannte Dichtung könnte entweder aussen am Mantel anliegen, Stopfbüchsdichtung, oder an der Innenfläche, Kolbendichtung. Ein Verschluss mit einem Stulp aus geeignetem Stoff, vielleicht Blei, könnte in Erwägung gezogen werden (vergl. §. 341). Bei Anwendung dieser Art von Bodenversteifung würde die Beanspruchung der Querschnitte des Mantels Null werden. Meines Erinnerns ist die fragliche Bauart bereits bei Lokomobilen mit Erfolg versucht worden, ohne bisher indessen eine weitergehende Beachtung gefunden zu haben.

Abmessungen auf mm und  $p$  auf kg auf den qmm bringend, erhält man daraus:

$$100 p' = a' = 367\,973 \frac{\delta^{2,19}}{lD} \dots \dots \dots (396)$$

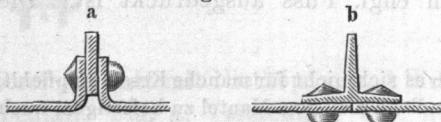
Die Fairbairn'schen Versuche sind wiederholter Durchrechnung unterworfen, auch ist gesucht worden, der Formel eine weniger unbequeme Gestalt zu geben\*). Eine letzte Durchsicht hat Dr. Wehage vorgenommen, dabei aber noch neuere gute Versuche\*\*) mit in Betracht gezogen\*\*\*) und ist dabei zu folgender Formel gelangt:

$$100 p' = a' = \left\{ \begin{array}{l} 90\,000 \\ 120\,000 \end{array} \right\} \frac{\delta}{D} \sqrt[3]{\frac{\delta}{lD}} \dots \dots \dots (397)$$

in welcher der obere Koeffizient für Rohre mit Ueberblattungsnietung, der untere für geschweisste oder mit Laschen vernietete Rohre gilt. Diese einfache Formel nähert die wichtigsten Versuche Fairbairn's recht gut an. Man benutzt dieselbe so, dass man nach stattgehabter Wahl der Abmessungen  $D$ ,  $l$  und  $\delta$  die gefährliche Pressung  $a'$  ermittelt, und dann ermisst, ob sie hoch genug liegt.

*Beispiel.* Bei einem ausgeführten, für  $2\frac{1}{2}$  at Ueberdruck bestimmten konischen Kessel hatte das Flammrohr die Länge  $l = 25'$  pr. = 7845 mm, die Weite  $D = 23'' = 601$  mm und die Wanddicke  $\delta = 0,25'' = 6,5$  mm. Die Nietung war überblattet. Nach (397) berechnet sich nun die gefährliche Pressung zu:  $a' = 90\,000 (6,5 : 6,1) \sqrt[3]{(6,5 : 601) 7845} = 21,35$  at. Das Rohr ist thatsächlich zerquetscht worden. Bedenkt man, dass die Abnutzung die Wand leicht um einige mm verdünnen konnte, so wird man das Eintreten der Explosion nicht wunderbar finden.

Fig. 1119.



Ein Mittel, die Sicherheit zu erhöhen, ohne die Wanddicke grösser wählen zu müssen, liegt in der Verriegerung von  $l$ , die schon Fairbairn in der Form empfahl,

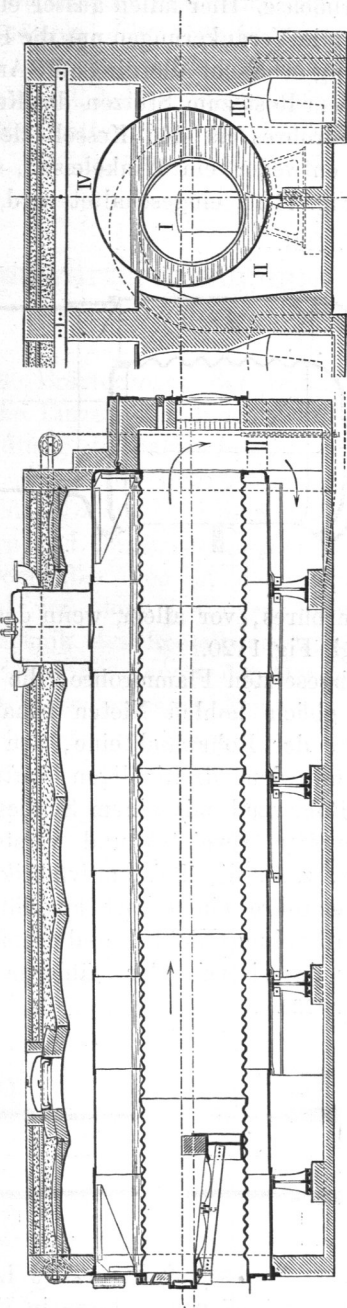
dass man Versteifungsringe an den Stossfugen einzelner Rohrschüsse anzubringen habe. Fig. 1121 a zeigt die Adamson'sche,

\*) Die Behandlung der Aufgabe durch Grashof, s. Z. D. Ingenieure, 1859 (Bd. III) S. 234, diejenige durch Love, Civilingenieur, 1861 (Bd. VII), S. 238, eine von mir angeregte, durch den Verein Hütte ausgeführte Umrechnung in den Berliner Verhandlungen, 1870, S. 115.

\*\*) S. Engineer 1881, Bd. 51, S. 426.

\*\*\*) Dingler's Journal 1881 (Bd. 242), S. 236 ff.

Fig. 1120.



b die Hick'sche Form dieser Ringe, von denen die erstere die schwierigere ist, aber den Vorzug gewährt, keine Nietköpfe dem Feuer darzubieten. Man wendet jetzt derartige Versteifungsringe auch bei uns häufig an, manchmal an jedem Rohrschuss, um selbst beim Erglühen des Rohres dieses vor dem Zerplatzen zu schützen, was schon wiederholt gelungen ist.

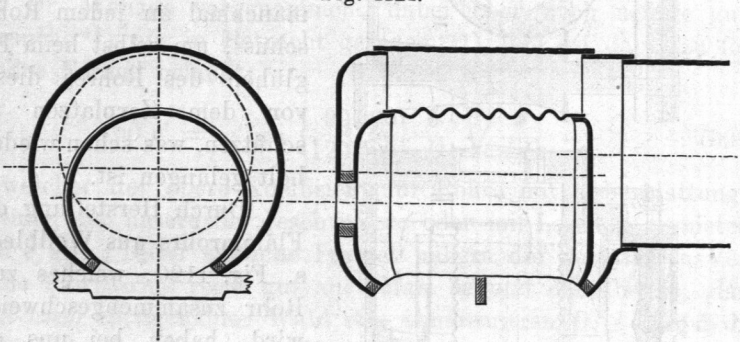
Durch Herstellung des Flammrohrs aus Wellblech, s. Fig. 1120, welches zum Rohr zusammengeschweisst wird, haben bei uns die Fabrikanten Schulz, Knaudt & Cie. in Essen dem Flammrohr eine grosse Sicherheit gegen Zerquetschen zu geben gewusst. Unsere Figur stellt einen von der genannten Firma erbauten Kessel von 2,200 mm Durchmesser dar. Die Bauart, welche allerdings nicht leicht ist, scheint sich jetzt mehr und mehr zu verbreiten. In England werden die gewellten Flammrohre durch die Erfinder derselben, Sampson Fox & Cie. in Leeds, geliefert. Die Wellen sind gewöhnlich 100 mm hoch.

Man hat auch für die Lokomotivfeuerbüchse das Wellrohr in Gebrauch genommen. Fig. 1121 (a. f. S.)

zeigt die Kaselowsky'sche Feuerbüchse. Hier fallen ausser einigen Längsankern für die Stirnwand alle Verankerungen um die Feuerbüchse herum fort. Die Anordnung erheischt allerdings die Anbringung eines Querträgers unter dem Rost zum Stützen des Kessels.

Die Befestigung des Flammrohres an den Kesselböden geschieht durch Nietung, indem entweder ein Winkeleisen, sei es ausserhalb, sei es innerhalb, Fig. 1121, eingeschaltet wird, oder

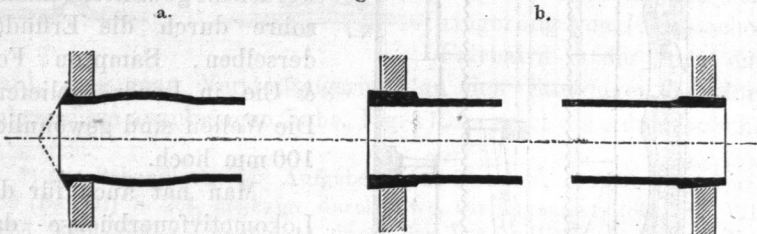
Fig. 1121.



indem Umbörtelung des Flammrohres, vor allem, wenn dasselbe geschweisst ist, stattfindet, vergl. Fig. 1120.

Die auf kleine Weite herabgesetzten Flammrohre, die Heizröhren, werden vorzugsweise gleich hohlen Nieten behandelt, indem man ihnen zuerst hinter der Rohrwand eine, den Setzkopf vertretende Aufbeulung mit dem dreitheiligen Auftreiber gibt und sie darauf vor der Rohrwand mit einem Schliesskopf versieht, nämlich sie nach aussen vernietet und verstemmt, Fig. 1122 a. Manche Fabriken, z. B. die Lokomotivfabrik Esslingen, geben der eisernen Heizröhre einen hart angelötheten kupfernen Vorschub, welcher Aufbeulung, Nietung und Stemmung bedeutend leichter verträgt, als das eiserne oder stählerne Rohr

Fig. 1122.



selbst. Die von den Fabrikanten Pauksch & Freund in Landsberg bei uns eingeführte, aber schon 1867 von Anderen in Frank-

reich angewandte Einsetzung der Heizröhren mit zwei kegeligen Zuspitzungen, Fig. 1122 b, hat sich nicht so bewährt, wie von Vielen erwartet wurde, indem es bei älter werdenden Kesseln schwierig ist, beide Enden zugleich dicht zu schlagen, und indem auch Erschütterungen den Verschluss zu lösen vermögen.

### §. 362.

## Gegenwärtiger allgemeiner Stand des Dampfkesselbaues.

Die Erörterungen der vorstehenden §§. mussten auf wenige bauliche Einzelheiten beschränkt werden, da eine weitergehende Behandlung die Sache besonderer Fachschriften ist. Nur noch einige allgemeine Betrachtungen über die jetzt üblichen Bauarten der Dampfkessel und über die Leistungen derselben im Grossen und Ganzen seien hier angeschlossen.

Gegenüber den in den vorausgehenden §§. und in dem Kapitel von den Nietungen hervorgehobenen Fortschritten in der Technik des Kesselbaues steht die bemerkenswerthe Thatsache, dass die Bauart der Dampfkessel im Ganzen seit 20 bis 30 Jahren so zu sagen keine Fortschritte gemacht hat, obwohl die Ueberzeugung verbreitet ist, dass noch wesentliche Verbesserungen, namentlich bezüglich der Brennstoffverwerthung, darin möglich seien. Nach meiner Ansicht sind es vier Punkte in der Bauart, welche eine verschärfte Beachtung verdienen, und in welchen die Bestrebungen nach Verbesserung auch Erfolge versprechen, während an anderen Stellen die aufgewandte Kraft verschwendet zu sein scheint.

1) Materialaufwand. Wie in §. 359 gezeigt (S. 1080), ist der Materialaufwand bei unseren üblichen Kesselformen beträchtlich grösser als er sein könnte, wenn sich die Kugelform mehr verwenden liesse. Es ist fraglich, ob man praktisch in dieser Richtung viel zu thun vermag; indessen ist die Möglichkeit doch nicht ausgeschlossen, wenigstens für einzelne Kesselarten nicht, z. B. diejenigen für reine Heizzwecke. Man braucht sich nur der Vakuumpfannen zu erinnern (vergl. den folgenden §.), um sich zu vergegenwärtigen, dass diese älteste Halterform (Newcomen) nicht ganz ausser Gebrauch gekommen ist; auch wäre darauf hinzuweisen, dass die Kumpel- und die Kremppresse mehr