

Kreisform durch nachträgliches Walzen des geschweißten Schusses noch verbessert werden kann.

2. Zu der Beanspruchung durch den äußeren Druck tritt noch diejenige auf Durchbiegung durch das Eigengewicht des Rohres oder durch den Auftrieb.

3. Infolge der ungleichmäßigen Erwärmung, besonders bei Innenfeuerungen über und unter der Rostanlage, dehnen sich die oberen und unteren Hälften des Rohrquerschnittes verschieden aus und erzeugen dadurch zusätzliche Biegungsspannungen. Auch in der Längsrichtung des Rohres macht sich diese Ungleichheit der Erwärmung geltend; sie wirkt auf eine Durchbiegung nach oben hin. Dazu kommt eine schon ohnedies vorhandene Druckbeanspruchung in der Längsrichtung, hervorgerufen durch den Temperaturunterschied zwischen Flammrohr und Kesselmantel¹⁾.

B. Flammrohrversteifungen.

Da die Wirkung der bezeichneten Einflüsse sich als Biegungs- oder Knickbeanspruchung besonders gefährlich geltend macht, so erhält, daß man in der Vergrößerung des Trägheitsmomentes der belasteten Schnittfläche der Rohrwand ein Mittel dagegen hat. Konstruktionen, durch welche dies erreicht wird, sind die Flammrohrversteifungen, welche in vielen Fällen zugleich zur Verbindung der einzelnen Rohrschüsse dienen.

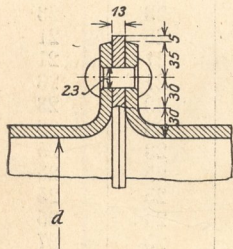


Fig. 387.

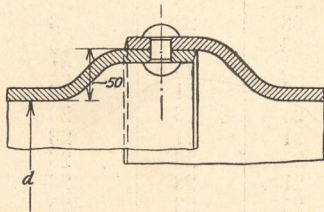


Fig. 388.

Zur Berechnung der Blechdicke *s* in mm dient nach den „Bauvorschriften“ die Bachsche Formel:

$$s = \frac{pd}{2400} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{a}{p} \frac{l}{l+d}} \right) + 2 \text{ mm}, \quad (90)$$

worin außer den schon auf S. 264 angeführten Bezeichnungen bedeuten:

d den inneren Durchmesser zylindrischer Flammrohre, bei konischen Flammrohren den mittleren inneren Durchmesser in mm,

a einen Zahlenwert,

l die Länge des Flammrohres in mm, zutreffendfalls die größte Entfernung der wirksamen Versteifungen voneinander.

Es ist zu wählen:

a = 100 für Rohre mit überlappter Längsnaht,

a = 80 für Rohre mit gelaschter oder geschweißter Längsnaht

bei liegenden Flammrohren, und

a = 70 für Rohre mit überlappter Längsnaht,

a = 50 für Rohre mit gelaschter oder geschweißter Längsnaht

bei stehenden Flammrohren.

Als wirksame Versteifungen sieht das Gesetz neben den Stirnplatten und den Rohrwänden Ausführungen nach den Fig. 387 bis 391 an, sofern die Höhe der Abkröpfung nicht weniger als 50 mm beträgt.

¹⁾ Näheres und Versuch einer rechnerischen Ermittlung dieser Einflüsse für Wellrohre: B. Müller, Z. Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 779.

Von den bezeichneten Versteifungen ist diejenige Fig. 390 am wenigsten zu empfehlen, da sie dem Rohrgar keine Längselastizität verleiht; eine solche ist aber

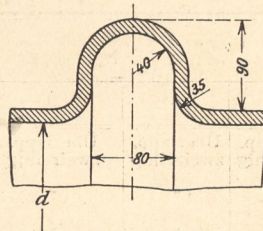


Fig. 389.

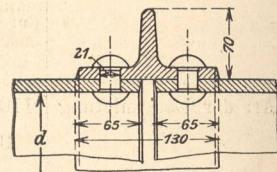


Fig. 390.

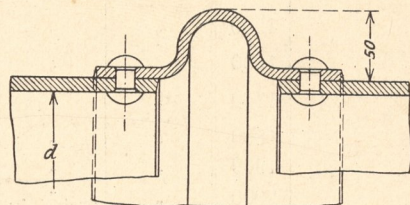


Fig. 391.

unbedingt erforderlich, um die Spannungen zu vermeiden, welche im Betriebe durch die größere Ausdehnung des Flammrohres gegenüber dem Kesselmantel auftreten. Ferner ist als ungünstig anzusehen, daß die Nietköpfe der Flammung ausgesetzt sind und daher leicht undicht werden; dieser letztere Nachteil ist noch bei Fig. 391 vorhanden. Schließlich ist es nicht günstig, daß die Wärme an den Überlappungen durch 2 Blechdicken hindurchgehen muß. Diese Nachteile sind bei Bauart Fig. 388 abgeschwächt, bei dem Adamsonschen Versteifungsring Fig. 387 und bei der Pommé-Welle Fig. 389 ganz vermieden.

Dieses letztere Profil hat wegen der Höhe der Welle von 90 mm eine gute Längselastizität und bietet außerdem den Vorteil, daß die Rundschweißnaht, welche im Scheitel der Welle liegt, der direkten Einwirkung der Flamme entzogen ist.

Die häufig abgebildete Bauart des geschweißten Winkelringes Fig. 392 (siehe auch Fig. 20) sollte man nicht mehr verwenden, da sie den Zweck der Versteifung nur sehr unsicher erfüllt und die obenerwähnten Nachteile auch besitzt¹⁾; sie wird deshalb vom Gesetz als wirksame Versteifung nicht angesehen.

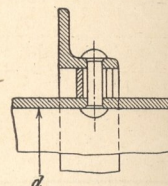


Fig. 392.

C. Die Quersieder,

nach dem englischen Erfinder auch Galloway-Rohre genannt, werden ebenso nicht als wirksame Versteifungen angesehen, da durch sie das Flammrohr nicht im vollen Umfange versteift wird. Dem Gesetze entsprechend kann die versteifende Wirkung der Querrohre berücksichtigt werden, indem man in Gl. (90) die Länge *l* derjenigen Rohrstrecken, welche von Quersiedern durchdrungen werden, wie folgt annimmt:

Bei der Rohrstrecke *a*

$$l = l_1 + 0,5 l_2, \text{ sofern } l_1 \text{ die größere Strecke,}$$

bei der Rohrstrecke *b*

$$l = l_1 + l_2, \text{ sofern } l_1 \text{ größer als } l_2, \text{ ist,}$$

andernfalls tritt *l*₃ an die Stelle von *l*₁,

¹⁾ Nähere Begründung s. Bach, Maschinenelemente 1908, S. 255.

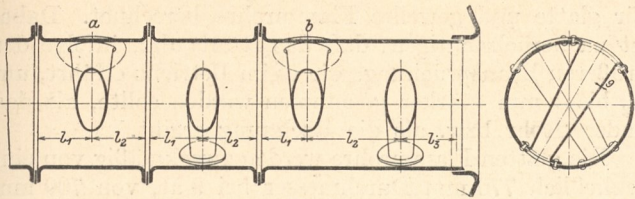


Fig. 393.

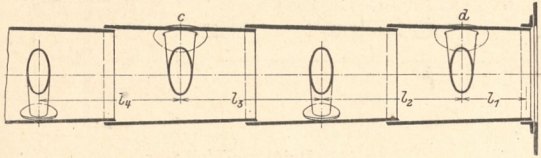


Fig. 394.

bei der Rohrstrecke *c*

$$l = l_1 + l_2, \text{ und}$$

bei der Rohrstrecke *d*

$$l = l_2 + l_3 \text{ beziehungsweise } l = l_3 + l_4.$$

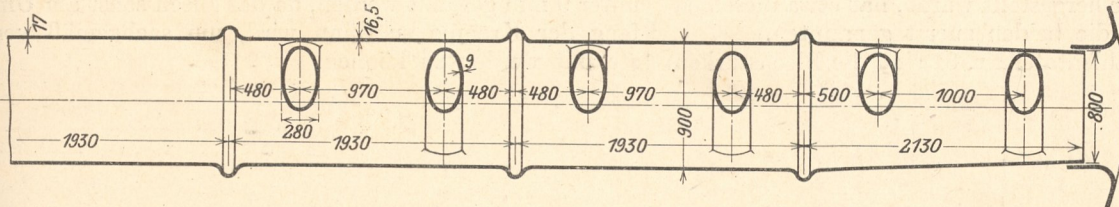


Fig. 395. Flammrohr mit Pommé-Wellen und eingeschweißten Quersiedern.

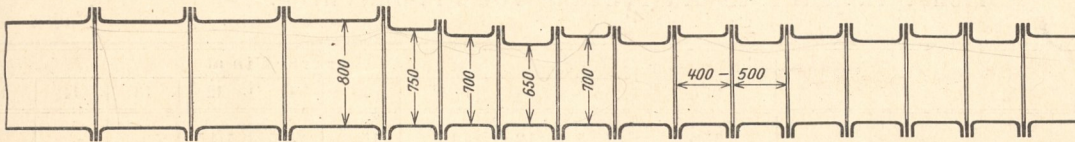


Fig. 396. Pauckschsches Stufenrohr

Sind mit Rücksicht auf die Größe, die Befestigungsweise, den Durchdringungsort des Querrohres usw. Zweifel vorhanden, ob es in ausreichendem Maße versteifend einwirkt, so ist es rätlich, für *l* die volle Länge einzusetzen, also von einer rechnermäßigen Berücksichtigung der Querrohre abzusehen.

Der Vorteil, den die Quersieder infolge Vergrößerung der Flammrohrinnenheizfläche bieten, geht größtenteils dadurch verloren, daß sie die Flugaschenablagerung begünstigen und die Feuerrohre behufs Reinigung und Revision nur schwer zugänglich machen. Über die Erregung eines lebhaften Wasserumlaufes, die durch den Quersieder erzielt werden soll, sind die Ansichten sehr geteilt. Es steht zu erwarten, daß der hierdurch erzielte Effekt, wenn überhaupt vorhanden, kaum meßbar sein wird. Die Quersieder werden konisch ausgeführt, in der Längsnaht geschweißt und meist unter einer Neigung von 60° so in die Flammrohre eingenieter, Fig. 393, daß unten die enge Umflanschung am inneren und oben die weite Umflanschung am äußeren Flammrohrumfang anliegt, wobei die Schweißnaht auf der vom Feuer abgewendeten Seite zu liegen kommt. Werden Gallowayrohre in Wellrohrfeuerrohre eingebaut, so werden sie in der Regel eingeschweißt, da die entsprechende Zurichtung des Wellrohres ohnehin eine Bearbeitung im Feuer erforderlich macht und die größere glatte Fläche für die Überlappung der Flanschen des Querrohres nicht so leicht an einem Wellrohr anzubringen ist. Um die Befahrbarkeit nicht zu behindern, werden ab und zu Quer-

sieder bei Flammrohren auch seitlich eingebaut und dann ebenfalls eingeschweißt, weil für das Einbringen der Niete in den scharfen Ecken zu wenig Platz bleibt. Fig. 395 zeigt ein Flammrohr mit solchen seitlich eingeschweißten Quersiedern und Pomméwellen, gebaut vom Otten-sener Eisenwerk A.-G. Altona-Ottensen.

Das Pauckschsche Stufenrohr Fig. 396 weist infolge des Umstandes, daß es in der Hauptsache aus nur 400 bis 500 mm langen Schüssen mit teilweise hohen Umflanschungen besteht, eine verhältnismäßig große Längselastizität auf. Gleichzeitig erleichtern die vielen Umflanschungen die Wärmeübertragung an den Kesselinhalt und die sichelförmigen Abstufungen bewirken ein Wirbeln der Heizgase, so daß der Effekt des Rohres ein guter ist, was durch die weite Verbreitung und die vielen Nachahmungen, die die Pauckschsche Bauart gefunden hat, bestätigt worden ist.

D. Wellrohre.

Am besten wird den Forderungen einer wirksamen Versteifung bei gleichzeitiger guter Längselastizität durch

die Wellrohre entsprochen. Für die Berechnung kommt die über die ganze Länge des Rohres verteilte Versteifung dadurch zum Ausdruck, daß das Maß *l* in Gl. (15) gleich Null gesetzt wird und die Gleichung somit die Form

$$s = \frac{p \cdot d}{1200} + 2 \text{ mm} \quad (91)$$

annimmt, worin *d* den kleinsten inneren Flammrohrdurchmesser bedeutet.

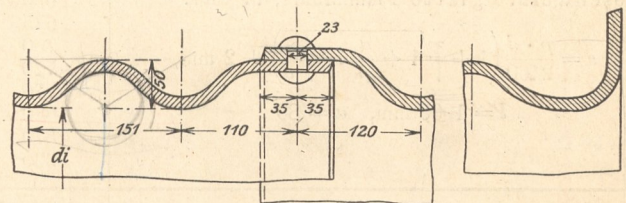


Fig. 397. Fox-Wellrohr.

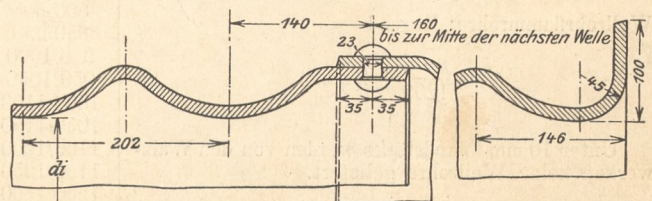


Fig. 398. Morison-Wellrohr.

Von den gezeichneten Profilen sind diejenigen von Fox und Morison (Fig. 397 und 398) etwa gleichwertig