

ist z. B. bei dem kleinen stehenden Röhrenkessel Fig. 7, Taf. 2 der Fall. Im Wasserraum werden die Feuerröhren durch das Wasser gekühlt; die Feuergase haben aber bei dieser Kürze des Weges noch eine verhältnissmässig hohe Temperatur, zumal wenn ein solcher Kessel forcirt wird, und dadurch müssen sich die Röhren in dem nur sehr wenig kühlenden Dampfraume wesentlich mehr dehnen. So entsteht eine Gestalt des Rohres, wie sie in Fig. 19 caricaturartig angedeutet ist. Der Wasserstand xy schwankt aber unaufhörlich auf und ab. Steigt derselbe bis zur Linie $m'n$, so wird die Länge des Rohres zwischen diesen beiden Linien abgekühlt und verengt, das Material wird gestaucht, bald darauf wieder gestreckt und die Stelle muss aus demselben Grunde verderben, wie die Blechstelle unter dem Speiserohr (Fig. 16).

Es giebt noch mancherlei andere Gründe für ungleichmässige Ausdehnung und dadurch verursachte schädliche Spannungen in den Kesselwandungen. Wir wollen nur noch einige anführen, z. B. die verschiedenen Blechdicken. Infolge der nicht vollkommenen Wärmeleitfähigkeit des Eisens müssen sich dicke Kesselbleche stärker erhitzen und ausdehnen als dünne Bleche. Bei manchen Kesselconstructions sind diese Dicken sehr verschieden, u. a. bei Feuerröhrenkesseln. Die Feuerröhren haben gewöhnlich nur eine Blechdicke von 3 mm, während die Mantelbleche 13 mm Dicke haben. Bestreicht bei diesen Kesseln das Feuer zuerst die dicken Mantelwände (Unterfeuerungen), so ist der Unterschied am stärksten. Dies ist mit ein Grund, warum diese Kessel immer kurz gebaut werden, denn je kürzer der Kessel ist, um so kleiner sind die Dehnungsdifferenzen. — Günstiger sind die Verhältnisse, wenn zuerst die dünnwandigen Bleche von dem Feuer bespült werden (Innenfeuerung). Dann erhitzen sich die Feuerröhren stärker wegen des heisseren Feuers und können möglicherweise in der Gesamtausdehnung mit dem Mantel gleichen Schritt halten.

Die feste Verbindung zweier verschiedenen Metallsorten, wie Schmiedeeisen und Gusseisen, welche bei Dampfkesseln oft vorkommt (bei gusseisernen Domen und Mannlochaufsätzen, Verbindungsstutzen und Endköpfen etc.), muss auch Spannungen verursachen, weil sich Schmiedeeisen mehr ausdehnt als Gusseisen. Wenn man im allgemeinen verhältnissmässig wenig Schäden findet, oder keine, die mit Sicherheit diesem Umstande zugeschrieben werden können, so liegt es zumeist an den geringen Dimensionen, auf welche sich diese Verbindungen erstrecken. Vorzuziehen ist aber jedenfalls der Kessel, welcher ohne Anwendung von Gusseisen construirt und ausgeführt worden ist.

5. Constructionsfehler.

Wir werden hier nur diejenigen Constructionsfehler zu erörtern haben, welche auf den Kessel einen directen oder einen indirecten zer-

störenden Einfluss ausüben. Andere Fehler, welche keine Zerstörung verursachen, bleiben unberücksichtigt. Zu den indirecten gehören besonders diejenigen, welche in den vorstehenden Abschnitten besprochen wurden, und in den nach diesem folgenden Abschnitten noch zur Besprechung kommen werden; sie sind in diesem Abschnitte nur der Uebersicht wegen mit zu registriren; vorzugsweise sollen hier die direct zerstörend wirkenden Constructionsfehler behandelt werden.

Fehler in der Formgebung. Es lässt sich mit einigen Worten mathematisch nachweisen, ist aber auch an jeder Seifenblase mit Augen zu sehen, dass die natürlichste Form eines Gefässes (zunächst für inneren Druck) die Kugelgestalt ist. Bei dieser haben alle Theile der Gefässwandungen genau dieselbe Spannung zu bestehen, der Druck ist nicht bestrebt, die Form zu ändern, dieselbe ist stabil. Bei jeder anderen Form eines solchen Gefässes ist der innere Druck bestrebt, dieselbe in die Kugelgestalt überzuführen; dadurch werden die Gefässwandungen gebogen und erleiden schädliche Spannungen. Es müsste deshalb jede Abweichung einer Kesselform von der Kugelgestalt als fehlerhaft bezeichnet werden. Da dieselbe aber für Dampfkessel aus vielerlei anderen Gründen nicht practisch ist, so hat man andere Formen erfinden müssen, welchen die Kugel- und Kreisform zu Grunde liegt. Im allgemeinen hat sich das cylindrische Gefäss als am brauchbarsten und geeignetsten für Dampfkessel herausgestellt. Sind dessen Enden mit halbkugelförmigen Flächen geschlossen (Fig. 20 Taf. 2), so ist die Form zwar nicht die natürlichste, denn die Spannung (die Anstrengung des Materials) in den Kugelflächen ist kleiner als in der Cylinderfläche und in dieser selbst ist die Spannung in der Längsrichtung kleiner als in der Umfangsrichtung, aber die Form ist trotzdem stabil; die einzelnen Spannungen sind im Gleichgewicht und es kommen keine Ausbiegungen (nach der Kugelform hin) vor. Man kann daher diese cylindrische Form nicht als fehlerhaft, sondern zum Unterschied von der natürlichsten, der Kugelform, als practische Kesselform bezeichnen.

Die Dampfkesselpraxis drängt aber noch zu grösseren Formfehlern hin. Aus mancherlei Gründen werden z. B. die Endflächen des Cylinders nicht halbkugelförmig, sondern nur flach gewölbt (Fig. 21), sogar eben gemacht (Fig. 22).

Letzteres ist nun die grösstmögliche Abweichung von der Kugelform und der Dampfdruck biegt diese Böden stark nach aussen, sie der Kugelgestalt nähernd (wie punktirt). Lässt der Dampfdruck nach, so federt der Boden wieder zurück, sodass mit dem Wechsel des Dampfdruckes der ebene Kesselboden beständig hin- und hergebogen wird.

Wenn man sich vergegenwärtigt, wie leicht man einen an einem Ende festgehaltenen Stab durch fortgesetztes Hin- und Herbiegen durchbrechen kann und wie der ausgebogene Boden am stärksten in der

Ecke beansprucht wird, so leuchtet ein, dass hier am leichtesten eine Zerstörung auftritt und schliesslich ein Bruch erfolgen muss; die Erscheinung ist ganz analog der im vorigen Abschnitte an Fig. 12 besprochenen, es bilden sich zuerst Furchen und dann Brüche.

Für einfache Cylinderkessel ist es deshalb ein entschiedener Fehler, wenn deren Böden eben sind.

Es wurde aber schon erwähnt, dass halbkugelförmige Endflächen eine geringere Spannung erleiden, die Blechstärke derselben, welche nicht gern kleiner genommen wird als die der Cylinderwände, daher nicht ausgenutzt ist, und dass die vielen Nähte solcher Böden einen Mangel in sich schliessen. Daher sind die flachgewölbten Böden, die eine Zwischenform bilden zwischen ebenen und halbkugelförmigen Böden, am richtigsten. Es sind heute alle leistungsfähigeren Kesselschmiedereien darauf eingerichtet, solche Böden aus einem Stück Blech zu schmieden. Es ist nur darauf zu sehen, dass ihre Wanddicke nicht zu klein bemessen wird (nicht kleiner als $\frac{4}{3}$ der cylindrischen Kesselwandstärke) und die Wölbung genügend gross ausfällt, mindestens $\frac{1}{10}$ des Durchmessers. Endlich darf die Ecke, welche der Bord mit der Bodenfläche bildet, nicht zu scharf sein (Fig. 24), denn dann leidet das Blech schon bei der Schmiedearbeit und es kann, trotz der Wölbung der Bodenfläche, doch die Bordecke ungenügende Festigkeit haben. Die Gestaltung des Bordüberganges in einem Bogen von ca. 30 mm Radius ist empfehlenswerth (Fig. 23).

Aber auch wenn das Blech ganz gesund geblieben ist, hat die scharf gebogene Ecke am Bord viel geringere Festigkeit als die schlank gebogene. Bei letzterer wird die Ausweichung des Bodens eine Biegung der ganzen Faserlänge des Kreisbogens x verursachen und je kürzer dieser Bogen ist, um so kürzer ist die derselben Biegung ausgesetzte Faser des Materials, um so stärker muss daher auch die Durchbiegung an jedem Punkte derselben sein. Bei einer scharfen Ecke ist die Faserlänge gleich Null, weshalb sich die ganze Durchbiegung auf diese eine Stelle concentriren und diese sehr stark beanspruchen muss.

Die Erscheinung, dass ein kurzer Stab, um ein gewisses Maass durchgebogen, viel leichter bricht als ein langer, ist auf die Dampfkessel bezogen ein sehr wichtiger Umstand, und wird derselbe noch öfter zu berücksichtigen sein, wie er auch schon im vorigen Abschnitte (Fig. 13) vorgekommen ist.

Trotzdem haben auch ebene Böden ihre Berechtigung, und zwar bei Flammröhrenkesseln, bei weitröhri gen sowohl als auch bei engröhri gen Systemen. Bei diesen Kesseln würden gewölbte Böden die Verbindung und Dichtung der Flammrohre ausserordentlich erschweren. Ausserdem kommt bei denselben als günstiger Umstand hinzu, dass die Kesselböden durchbrochen sind und die Last des Dampfdruckes auf

den Boden in demselben Maasse kleiner ist, in welchem die volle Blechfläche des Bodens verkleinert wird. Ferner bilden aber auch die Flammrohre und ihre Verbindungsnähte Versteifungen der Böden. Endlich haben wir im vorigen Abschnitte auch gesehen (Fig. 12 und 13), dass wegen ungleicher Ausdehnung bei Flammrohrkesseln ein elastisches Nachgeben der Kesselböden von Wichtigkeit ist. Gewölbte Böden sind aber für diesen Zweck zu steif und würden daher leichter, wenn nicht Biegungsfurchen, so doch lockere und undichte Nähte verursachen.

Während man bei einfachen Cylinderkesseln keine Veranlassung hat, die Verbindung des Bodens mit dem Mantel anders als durch Bördeln des ersteren herzustellen (Fig. 23), so ist diese Verbindung bei Flammrohrkesseln nach Art der Fig. 26, durch Bördeln des Mantels nach aussen vorzuziehen, weil man dadurch für die Flammrohre und deren Nähte mehr Raum gewinnt und die Naht von aussen besser gearbeitet werden kann, besonders aber auch, weil von Flammrohr- bis Bodennahtmitte eine grössere Entfernung für das Durchbiegen des Bodens erreicht wird. Aus allen diesen drei Gründen ist die Bördelung des Kesselmantels nach innen (wie in Fig. 26 punktirt) ein arger Fehler.

Auch in der Verbindung des Flammrohres mit dem Boden sind vier Arten möglich: Bördelung des Flammrohres nach aussen oder innen und Bördelung des Bodenbleches nach aussen oder innen. Gewöhnlich findet man das Rohr nach aussen gebördelt (Fig. 12 u. 13). Aber schon früher, in Abschnitt 1 ist an Fig. 11 Taf. 1 gezeigt, welchen Vortheil die dort gezeichnete Naht: Bördelung des Bodens nach aussen, hat. Dieselbe Naht hat aber auch noch den hier zu vergleichenden Vortheil, dass sie zwischen zwei benachbarten Nähten einen grösseren Abstand liefert. Sie hat nur den Nachtheil, dass sie sich stärker abkühlt als das übrige Blech, welchen Umstand man nöthigenfalls unschädlich macht durch gutes Einpacken. Zur richtigen Beurtheilung der verschiedenen Nähte ist noch Folgendes zu beachten: Die Ecknaht, welche einen nicht gebördelten Boden mit dem Mantel verbindet (die obere in Fig. 26), hat der Blattnaht gegenüber, welche einen gebördelten Boden mit dem Mantel verbindet (Fig. 23 u. 24), einen Nachtheil. Bei der Ecknaht ruht die ganze Last des Druckes auf den Nietköpfen, bei der Blattnaht auf den Nietbolzen. Die Nietköpfe bieten aber erfahrungsmässig viel weniger Festigkeit gegen Abreissen, als die Nietbolzen gegen Durchschneiden (Abscheren), denn abgesprungene Nietköpfe kommen im Kesselbetriebe häufig vor. Bei der Blattnaht bietet auch die Reibung beider Bleche aufeinander einen bedeutenden Widerstand und entlastet die Nietbolzen wesentlich, welcher Umstand bei der Ecknaht ganz wegfällt.

Alle diese Nähte können auch durch Winkeleisen, also ohne jeden Bord, hergestellt werden (Fig. 25). Die Festigkeit der Winkeleisennahte

ist geringer als die der Bordnähte, wie Wilson durch Experimente bestimmt nachgewiesen hat.

Wenn nun auch trotzdem die Verbindungen mit Winkeleisen in fast allen Fällen des Dampfkesselbaues vollständig genügende Festigkeit bieten, so enthalten sie doch immer den Nachtheil, dass durch jede derselben der Kessel stets eine Rundnaht mehr erhält, von denen jede eine Ecknaht hat.

Ihrer bedeutenden Stärke wegen sind die Winkeleisenringe gewöhnlich nicht dem Einbrechen, wie schlecht gearbeitete Bordbiegungen, ausgesetzt, dafür aber erleiden oft die Böden an den Winkelringen entlang Einfurchungen (wie bei f Fig. 25) und kann man deshalb den Winkeleisenringnähten gar keinen Vortheil, sondern nur Nachtheile zusprechen.

Eine specielle Art von Verbindungen ist die des Mantels kleiner stehender Röhrenkessel mit der Feuerbüchse unten (Figur 27). Die Feuerbüchse wird durch die Dampfspannung nach unten, der Mantel nach oben gedrückt und das unten eingenetete Quadrateisen hat das Bestreben zu kippen, und zwar um so mehr, je niedriger es ist bei derselben Breite. Dadurch wird der äussere Mantel sowohl als der innere an den Zwischeneisen entlang auf Abbiegen beansprucht, was bei längerem Wechseln der Spannungen die bekannten Furchen verursacht. Dagegen schützt genügende Höhe des Zwischenringes; am sichersten schützt eine solche Höhe, welche eine Doppelnäht zulässt.

Eine Reihe von Fehlern in der Formgebung der Dampfkessel kommen vor infolge von Ausführungs- und Herstellungsschwierigkeiten. Hierher gehört z. B. die ungenaue Cylinderform des Kessels. Die Blechbiegemaschinen erzeugen zwar eine gute cylindrische Gestalt, dieselbe wird aber ungenau durch die gewöhnliche Bildung der Naht durch Ueberblattung (Fig. 28. Die punktirten Linien bilden hier die genaue Kreisform). Indem das gebogene Blech verhältnissmässig leicht federt, kann ohne Schwierigkeit in der Cylinderform insoweit eine Deformation eintreten, dass die eine (obere) Umfangshälfte innerhalb, die andere ausserhalb des genauen Kreises, und so die beiden Blechkanten nebeneinander liegen; dadurch entsteht ein angenäherter Kreis, eine Spirale.

Um eine genaue Kreisform zu erzielen, müssten nur die beiden Randstreifen des Bleches nach Art der Fig. 29 geschmiedet werden, was jedoch in der Ausführung zu schwierig ist, als dass es immer gesehen könnte.

Der Dampfdruck wird nun stets bestrebt sein, an einem gewöhnlich gerollten Bleche die richtige Cylinderform Fig. 29 zu bewerkstelligen und die Einknickungen c und d verursachen, die aber beim Nachlassen der Spannung wieder zurückfedern. Die dauernden Wiederholungen dieser Biegungen verursachen die bekannten Furchen an

den Nähten entlang. Dass diese Art der Zerstörungen gewöhnlich nur bei hohen Spannungen vorkommt, liegt hauptsächlich in der grösseren Blechdicke, welche dabei die Kessel haben, weil mit dieser Dicke die Abweichung von der genauen Kreisform zunimmt.

Bei solchen Verhältnissen des Kessels, welche derartige Zerstörungen befürchten lassen, muss man deshalb andere Nähte anwenden, welche die genaue Kreisform des Kessels sichern.

Die eine Naht ist die schon in Fig. 29 abgebildete; sie kommt der schwierigen Herstellung wegen nicht zur Anwendung. Auch hat sie den Nachtheil, dass die Niete nicht senkrecht zur Zugrichtung liegen und daher auf den Nietköpfen ein Theil des Zuges lastet; die Köpfe springen leichter ab und die Naht wird in der Stemmfrage geöffnet, daher leichter undicht.

Ein häufig angewendetes Mittel besteht dagegen in der Herstellung einer Naht durch Ueberblattung nach Fig. 28, jedoch mit doppelter Nietereihe (Fig. 30). Dadurch wird die Naht steifer und die Einknickungen bei c und d treten nicht in schädlicher Weise auf.

Weniger oft wird die Laschenverbindung benutzt.

Die einfache Laschennietung (Fig. 31) hat vor der einfach genieteten Ueberblattung keinen Vortheil, da der Laschenquerschnitt auch ausserhalb des genauen Kreises liegt; ausserdem hat sie aber den Nachtheil, dass jede Naht aus zwei Reihen Niete besteht. Uebrigens kann dabei auch noch der Fehler gemacht werden, dass die Lasche auf die Seite des Dampfdruckes gelegt wird, wodurch dieser bestrebt ist, die Naht aufzubrechen (Fig. 32). Auf der entgegengesetzten Seite des Dampfdruckes (aussen) ist die Wirkung der Lasche eine wesentlich günstigere.

Dagegen erreicht man durch die Doppellaschennaht (Fig. 33) eine vollständig genaue Cylinderform, da hier der Zug durch die Mitte beider Laschen geht. Freilich macht diese Naht viel Arbeit, denn es müssen allein vier Stemmfragen bearbeitet und gedichtet werden, Grund genug für den Umstand, dass diese Naht bei Dampfkesseln fast gar nicht angewendet wird.

Frei von allen diesen Nachtheilen ist die geschweisste Längsnaht, deren Herstellung besonderer, grossangelegter Einrichtungen und vieler Geschicklichkeit bedarf, deshalb bis jetzt für den Dampfkesselbau ohne Bedeutung war. Doch haben die letzten Gewerbeausstellungen zumal die Schlesische, gezeigt, dass in neuerer Zeit Erstaunliches in Schweissarbeiten geleistet wird, was vielleicht auch dem zukünftigen Dampfkesselbau zu gute kommen dürfte.

Noch viel wichtiger als beim Kesselmantel ist die genaue Kreisform bei den Flammrohren, auf welche der Dampf von aussen drückt. Hier ist nur Gleichgewicht vorhanden bei genau cylindrischer Gestalt

und es wird in diesem Falle das Material nur auf rückwirkende Festigkeit, auf Zerdrücken desselben in sich, beansprucht. Bei der geringsten Abweichung von der Kreisform aber ist das Gleichgewicht zerstört, das Blech wird auch auf Biegung beansprucht und falls es nicht Steifheit genug besitzt, giebt es nach, erfährt aber dabei, entgegengesetzt den Verhältnissen bei innerem Drucke, eine weitere Abweichung von der Kreisform, welche sich nun immer mehr vergrössern muss, bis das Rohr vollständig zusammengeklappt ist. Flammrohre müssen deshalb so stark und steif sein, dass sie unter dem grössten Dampfdruck nicht die geringste Biegung erleiden, sonst ist immer die Gefahr vollständiger Zerstörung vorhanden.

Solange aber die Flammrohre nur durch Nietung hergestellt werden, kann von ganz genauer Rundung nicht die Rede sein; es kommen auch noch andere Ausführungsfehler, Blechfehler und dergl. dazu. Ausserdem ist es unberechenbar, in welcher Weise ein Kessel, abgesehen von der Anstrengung durch die Dampfspannung, beansprucht wird, durch Wärmeausdehnungen, sowie durch verschiedene zufällige Anstrengungen, stossartige Schwankungen der Spannung infolge unregelmässiger pulsirender Dampfentnahme durch grosse Expansionsmaschinen oder schnellen Oeffnens eines Kesselventiles, Herausfliegen eines Ventiles oder einer Dichtung, Zerstören eines Leitungsrohres und dergl.; alle solche Vorkommnisse wirken besonders gefährlich gerade auf Flammrohre, wenn dieselben nicht einen bedeutenden Ueberschuss von Festigkeit haben.

Nun ist aber in neuerer Zeit gerade nachgewiesen (s. Wehage, „Dinglers Pol. Journal“, Band 242, S. 236), dass die Flammrohre in den gewöhnlichen Verhältnissen keinen besonders grossen Ueberschuss von Festigkeit haben und dass dieser Ueberschuss jedenfalls kleiner ist, als man bisher angenommen hat. Die bisher angenommenen Verhältnisse und zu Rechnungen benutzten Formeln stützen sich auf Versuche von Fairbairn, welcher meist Modelle, Rohre in kleinen Abmessungen zu den Experimenten benutzte, die nicht so zuverlässig sein können als die Untersuchungen von Wehage.

Die Festigkeitsverhältnisse der Flammrohre sind deshalb so undurchsichtiger Natur, weil es der Theorie bisher noch nicht gelungen ist, die Gesetze festzustellen, welche zwischen den Dimensionen und der Widerstandsfähigkeit von Rohren bei äusserem Drucke bestehen; daher ist man allein auf die Resultate der erwähnten Versuche angewiesen. Die häufigen Defecte an Flammrohren, welche man in den Berichten der Dampfkesselrevisoren vorfindet, scheinen die Resultate von Wehage zu bestätigen, dass nämlich die Sicherheit in den Flammrohren nicht so gross ist, als man bisher infolge der Fairbairn'schen Versuche angenommen hat. Deshalb ist es äusserst wichtig, nicht nur

neue Flammrohre stärker als bisher zu construiren, sondern auch die der alten Kessel auf Nothwendigkeit einer nachträglichen Versteifung zu untersuchen.

Versteifung der Flammrohre. Ist die Blechstärke eines vorliegenden Kessels gleich oder gar kleiner als diejenige, welche aus der gebräuchlichen, nachstehenden Tabelle entnommen wird, so ist die nachträgliche Anbringung von Versteifungsringen im allgemeinen nothwendig, da die Stärken dieser Tabelle als die zulässig kleinsten bezeichnet werden müssen.

Tabelle der Wandstärken für Feuerrohre mit äusserem Druck.

Wandstärke in mm	Dampf-Ueberdruck in Atmosphären:												
	1	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	6	7	8	9

Grösster zulässiger Durchmesser in Centimetern:

a) für messingene Feuerrohre mit äusserem Druck.

2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	12	10	9	9	8	8	7	7	7	7	6	6	5	5
4	22	19	17	16	15	14	13	13	13	12	11	11	10	10
5	—	28	26	23	22	21	20	19	19	18	17	16	15	15

b) für schmiedeeiserne Feuerrohre mit äusserem Druck.

6	70	61	56	52	48	46	44	42	41	39	37	35	34	32
7	85	74	68	63	59	56	53	51	50	47	45	42	41	39
8	100	87	80	74	70	66	63	60	58	55	53	50	48	46
9	115	101	91	85	81	76	72	69	67	64	60	57	55	53
10	130	114	103	96	93	85	82	78	76	72	68	65	62	60
11	—	127	115	107	104	95	91	87	84	80	76	72	69	67
12	—	—	127	118	115	105	101	97	93	88	84	80	77	74
13	—	—	—	129	126	115	110	106	102	96	92	87	84	81
14	—	—	—	—	—	125	120	115	111	105	99	95	91	88
15	—	—	—	—	—	—	129	124	119	113	107	102	98	95
16	—	—	—	—	—	—	—	133	128	121	115	110	105	102

Die Nothwendigkeit einer solchen Versteifung wächst mit der ungenügenden Rundung der Rohre und erstreckt sich auch auf Rohre mit stärkeren Blechen, wenn die Rohre Rundungsfehler haben.

Für genügend rund kann ein Flammrohr gelten, bei welchem die beiden Durchmesser I und II (Fig. 28 Taf. 2) nicht mehr als um $\frac{3}{4}$ der Blechstärke verschieden sind. Wenn also das Blech 12 mm stark ist, macht sich bei einer Differenz der beiden bezeichneten Durchmesser von 9 mm bereits eine Versteifung des Rohres nothwendig. Ist die Differenz aber grösser als die 3fache Blechstärke, dann ist auch

eine Ringversteifung nicht mehr sicher genug, sondern es muss die betreffende Rohrlänge herausgenietet und durch eine neue ersetzt werden.

Ueber die falsche und richtige Anbringung der Versteifungsringe selbst ist in Abschnitt 1 Näheres mitgetheilt. Hier bleibt nur noch zu erwähnen, dass nachträgliche Versteifungsringe, um sie auf das Rohr zu bringen, aus zwei Theilen hergestellt und durch Ueberplattung bei p und q über dem Flammrohre zusammengenietet werden (Fig. 34 und 35). Die Entfernung der Stehbolzen nehme man dabei nicht grösser als 200 mm.

Das Vorzüglichste, was es in steifen Flammrohren giebt, sind jedenfalls Wellrohre, wie sie von der Firma Schulz, Knaut & Co. in Essen in den Handel gebracht und in Fachkreisen sehr geschätzt werden. In Fig. 36 und 37 ist ein Kessel mit solchem Flammrohr skizzirt und kann von diesen Rohren behauptet werden, dass sie einen ausserordentlich hohen Grad von Steifigkeit besitzen. Ausserdem wird (was beiläufig erwähnt werden möge) ihnen nachgerühmt, dass sie die Wärme besonders gut aufnehmen, in demselben Raume eine grössere Heizfläche besitzen, infolge ihrer Fähigkeit zu federn der Kesselstein leicht losspringt und dass sie im ganzen einen ausgezeichneten Nutzeffect ergeben. Die allgemeinste Einführung solcher Flammrohre ist im Interesse des ganzen Kesselbetriebes sehr wünschenswerth und nur durch den Umstand etwas beschränkt, dass Wellrohre von kleinerem als ca. 650 mm Durchmesser nicht hergestellt werden können. Deshalb sind zwei Rohre in einem Kessel nicht unterzubringen und es wird aus diesem Grunde nur ein Wellrohr von möglichst grossem Durchmesser angeordnet. Damit aber die Reinigung des Kessels bei den sonst engen Zwischenräumen mit der nöthigen Bequemlichkeit ausgeführt werden kann, ist das Wellrohr nach der einen Seite gerückt (Fig. 37) und haben diese Constructionen den Namen Seitrohrkessel erhalten.

Eine gute Versteifung der Flammrohre bilden auch die älteren und bekannteren Galloway-Rohre (Fig. 15 Taf. 2), doch haben diese gegen die Wellrohre den Nachtheil, dass sie gerade die gefährlichste Stelle des Flammrohres, die Feuerplatte, nicht versteifen und dass sie bei weitem nicht so einfach sind als die Wellrohre; auch erschweren die Querröhren das Befahren der Flammrohre wesentlich und machen es für erwachsene Personen meist unmöglich.

Um sich experimentell von der genügenden Steifigkeit und Festigkeit der Flammrohre eines Kessels zu überzeugen, kann man sich einer kalten Wasserdruckprobe sehr gut bedienen. Nur muss dieselbe mit Vorsicht ausgeführt werden, damit die Flammrohre durch dieselbe nicht beschädigt werden. Es kommt darauf an, die kleinsten Bie-

gungen der Rohre zu erkennen, was mit blossem Auge nicht sicher genug geschehen kann. Man stellt deshalb in Abständen von 1—2 m innerhalb der Rohre kreuzweise Stäbe auf, die man so gross bemisst, dass die verticalen Stäbe etwas schief stehen und durch leichte Reibung an den Rohrwänden stehen bleiben (Fig. 39). Erweitert sich der Durchmesser an dieser Stelle nur im geringsten, so fällt der betreffende Stab um. Die horizontalen Stäbe werden etwas kürzer als der Durchmesser gemacht und in die obere Hälfte des Rohres leicht eingeklemmt (Fig. 38), sodass auch diese bei der kleinsten Bewegung des Bleches, besonders Vergrösserung des Durchmessers, herunterfallen müssen.

Zusammengesetzte Kesselsysteme bedingen manchmal stark unrunde Kesseltheile; so ist z. B. bei den Fairbairn-Kesseln (Fig. 40 u. 41) die sogenannte Feuerkammer K, welche den Uebergangsraum zwischen den weiten R und den engen Flammrohren r bildet, sehr stark unrund (oval) und ist dieselbe auch noch äusserem Drucke ausgesetzt. Günstig wirkt dabei die Kürze derselben und die kräftige Versteifung durch beide Böden. Trotzdem muss man über die beiden Böden weg von aussen sehr kräftige eiserne Träger T legen und viele Stellen der Feuerkammerwand mittels Stehbolzen daran befestigen.

Verankerungen. Unter Verankerung des Kessels in engerem Sinne versteht man bei den stationären Kesseln (mit den anderen beschäftigen wir uns hier nicht) die Verankerung der ebenen Kesselböden.

Da der Dampfdruck die beiden Böden in entgegengesetzter Richtung auseinander zu treiben bestrebt ist, so liegt es sehr nahe, beide durch feste Stangen — Längsanker — miteinander zu verbinden, sodass ein Theil des Bodendruckes von den Ankeren aufgenommen wird. Je nachdem der Anker straffer oder loser eingesetzt wird, kann ein grösserer oder kleinerer Theil der Bodenlast auf ihn übertragen werden, und zieht man die beiden Böden mit den Ankeren im kalten Zustande fest zusammen, so können sie stärker belastet werden als die Böden selbst. Dehnt sich nun der Kessel mehr aus als der Anker, so kann es kommen, dass die Böden ebenso stark nach innen gezogen werden als sonst durch die Dampfspannung nach aussen, die Anker können also ebenso viel schaden als nützen. Reisst aber ein Anker bei solcher Belastung, so erfahren die Böden einen gewaltigen Stoss, der dem Kessel gefährlich werden kann. Da die Anker bei ihrem beschränkten Querschnitt nicht zu stark belastet werden dürfen, so folgt, dass bei richtiger Construction alles darauf ankommt, die Belastung im Kessel zweckmässig zu vertheilen. Die dabei in Betracht kommenden Verhältnisse sind jedoch so verschieden und vielseitig, dass man sichere Regeln für die Allgemeinheit nicht aufstellen kann. Man ist bei der Construction auf die Erfahrung angewiesen und muss mit möglichster Berücksich-

tigung derselben nach Gutdünken und practischem Gefühl verfahren.

Es ist als sicher anzunehmen, dass sich die Kesselwände in der Längenrichtung durch Erwärmung mehr ausdehnen als die Anker, welche nur auf die Temperatur des Kesselwassers kommen können; doch dürfte dieser Umstand zu Gunsten der Längsanker sprechen, da sich die letzteren durch den Dampfdruck infolge ihrer Elasticität und kleinen Querschnittes wieder mehr ausdehnen als die Kesselwandungen. Bei langen Ankern aber dürfte diese elastische Ausdehnung derselben derart überwiegen, dass solche lange Anker ihren Zweck verlieren und dadurch die Regel begründet ist, dass Längsanker bei Kesseln von grösserer Länge nicht anwendbar sind, während sie für kurze Kessel recht zweckmässig sein können.

Wegen seines verhältnissmässig geringen Querschnittes ist der Längsanker zur Aufnahme sehr grosser Lasten nicht geeignet; ferner hat er den Nachtheil, den Raum des ganzen Kessels der Länge nach zu durchschneiden, und darf er deshalb nicht in den freien Kesselraum gelegt werden, wo er die im Kessel nothwendigen Arbeiten behindern würde. Aus allen diesen Gründen ist der Längsanker am anwendbarsten in bestimmten Fällen, nämlich bei engröhrigen Flammrohrkesseln, welche immer kurz construirt werden, bei denen der Längsanker gut zwischen die Rohre hinein oder dicht daneben gelegt werden kann, welche endlich durchbrochene Böden haben und den Anker nie so schwer belasten, zumal die Flammrohre selbst eine bedeutende Verankerung bilden. Die Längsanker haben bei diesen Kesseln eigentlich nur den Zweck, eine etwaige zu grosse Beanspruchung der Flammrohre durch die Last der Böden zu verhindern.

Bei den Längsankern ist sorgfältig der Fehler zu vermeiden, dass an einzelnen oder einer Stelle eine Querschnittsverkleinerung vorkommt, da sich der kleinste Querschnitt am leichtesten und stärksten ausdehnt, welche Erscheinung mit zunehmender Belastung fortschreitet, weshalb sich die ganze Ausdehnung des Ankers auf diesen verkleinerten Querschnitt localisirt und ihn viel leichter zum Bruche bringt, als wenn der Anker durchweg gleichmässige Stärke hat. Solche Querschnittsverkleinerungen kommen besonders leicht und häufig vor an den Befestigungsstellen des Ankers, und findet man diese daher gewöhnlich an der Befestigung gerissen.

Bei Befestigung durch Verschraubung (Fig. 42) darf daher das Gewinde nicht auf den glatten Anker, sondern muss auf eine Verstärkung der Enden geschnitten werden; der Schraubenkern muss mindestens ebenso stark sein als der glatte Schaft des Ankers.

Was die Befestigungen des Ankers selbst betrifft, so ist zu bemerken, dass die mittels Schrauben (Fig. 42) den Nachtheil hat, die Kesselböden zu durchlöchern, während die Dichtungen nicht ganz zu-

verlässig sind; am besten sind diese Dichtungen mit kupfernen Unterlegscheiben zu bewerkstelligen. Ferner verbrennen die äusseren Muttern leicht an demjenigen Boden, welcher vom Feuer zuerst getroffen wird. Deshalb ist es richtiger, den Anker an diesem Ende statt mit einer Schraubenmutter mit einem flachen Kopfe zu versehen, dessen Höhe nicht mehr als $\frac{1}{3}$ des Ankerdurchmessers beträgt (Fig. 43).

Kommen die Längsanker zwischen die engen Flammrohre eines Kessels zu liegen, z. B. bei x u. y in Fig. 1 Taf. 1, so ist nur die Befestigung mittels Schraube und flachen Kopfes möglich. Ausserhalb der Rohrbündel ist die Befestigung mittels angenieteteter Oesen O (Fig. 44 u. 45) vorzuziehen.

Wie schon erwähnt, sind Längsanker nur dann zweckmässig, wenn sie in (bei x und y) oder dicht neben den Reihen der Flammrohre angeordnet sind, bei t und z (Fig. 1 Taf. 1), keineswegs aber im freien Kesselraume. Nichtsdestoweniger findet man diesen Fehler sehr häufig und manche Kesselfabrik stellt sich mit dieser Construction ein übles Zeugniß aus. So werden die Feuerröhren eines engrohrigen Kessels gewöhnlich in zwei Bündeln angeordnet (Fig. 1 Taf. 1), damit dazwischen der Raum bleibt, in welchem behufs Reinigens ein Mann stehen kann. In völliger Verkennung dieses Zweckes legt man nicht selten in die Mitte dieses Raumes einen oder zwei Längsanker v und w, sodass der werthvolle Raum vollständig tott liegt.

Für ein- und zweiflammrohrige Kessel eignen sich Längsanker nicht, weil die Kessel länger gebaut werden, ferner, weil sie hier nicht so passend untergebracht werden können wie bei den vorigen Kesseln und immer den Raum zum Reinigen beschränken würden. Deshalb wendet man hier sogenannte Eckanker an (Fig. 46 Taf. 2), welche nur schräg durch den Winkel von Boden und Kesselmantel schneiden und diese beiden miteinander verbinden. Wegen des entstehenden Dreiecks a b c nennt man diese Anker auch Dreiecksanker. Dieselben befestigen sich am Mantel besonders bequem, indem sie an dem betreffenden Ende flach geschmiedet und direct angenietet werden können (Fig. 47).

Die Eckanker sind auch bei allen langen Kesseln vorzuziehen, bei denen Längsanker wegen ihrer ausgiebigen Elasticität unzuweckmässig resp. zwecklos sein würden.

Allerdings wird ein Eckanker unter sonst gleichen Verhältnissen stärker beansprucht als ein Längsanker, weil er nicht in der Richtung der wirkenden Kräfte liegt. Daher macht man solche Eckanker gewöhnlich besonders gross im Querschnitt, indem man letzteren rechteckig gestaltet und den Anker aus einem Stück Blech herstellt (Fig. 12).

Die Blechanker werden mit Winkeleisen an Boden und Mantel befestigt, aber fehlerhaft ist es, an jeder Befestigung nur ein Winkeleisen einseitig anzuwenden, weil dann das Ankermaterial von Niet- zu

Nietreihe keine Ebene bildet, und schädliche Nachgiebigkeit und Verbiegungen die Wirkung des Ankers ganz oder theilweise illusorisch machen. Das Blech des Ankers muss an jeder Befestigungsstelle mit zwei Winkeleisen angenietet werden, wie in Fig. 75 u. 76 der Längsanker befestigt ist.

Ein weiterer Fehler kann mit den Blechankern leicht begangen werden, wenn dessen fortgesetzt gedachte Ebene nicht durch die Längsaxe des Kessels geht; nur wenn dies der Fall ist, schliesst sich der Blechanker am Kesselmantel in einer geraden Linie an, in jedem anderen Falle ist dies eine krumme Linie und die Winkeleisen nach dieser krummen Linie zu biegen, ist eine kaum ausführbare Arbeit. Das Winkeleisen liegt dann stellenweise nicht am Mantel an, es federt beim Nieten, die Nieten bleiben locker und undicht und deshalb trifft man besonders häufig Ankernieten, welche nicht dicht halten wollen.

Die Blechanker können erst eingietet werden, nachdem der Boden am Mantel sitzt. Um die Arbeit zu erleichtern, wird der Anker häufig vor dem Befestigen des Bodens an denselben genietet, auch werden die Winkeleisen an den Kesselmantel vorher festgenietet. Wenn diese Einzelarbeiten nicht sehr sorgfältig ausgeführt werden, passen beim Ansetzen des Bodens die Anker schlecht auf die Winkeleisen und findet man daher die Blechanker so oft gebogen und gekröpft, wodurch ihr Zweck wesentlich vermindert wird.

Im übrigen ist es ein Vortheil der Blechanker, dass sie die wirkenden Kräfte auf grössere Flächen der Bleche übertragen und gleichzeitig eine gute Versteifung ebener Wandflächen abgeben.

Es sei hierbei jedoch hervorgehoben, dass Versteifungen von ebenen Kesselböden ohne gleichzeitige Verankerung, z. B. nach Fig. 48, unbedingte Constructionsfehler sind, weil dadurch die ganze Biegung des Bodens auf die Bordecke allein concentrirt wird und hier um so schneller eine Zerstörung in bekannter Weise eintreten muss.

Bemerkt wurde schon, dass Blechanker nicht zu nahe an die Flammrohrnähte der Böden herangehen dürfen, damit letztere Freiheit zum Federn behalten. Finden sich an einem Kessel schädliche Wirkungen einer solchen Verankerung, so hilft man dadurch am einfachsten ab, dass die Ankerbindung des Bodens an einer oder zwei Nieten, welche dem Flammrohre zunächst liegen, gelöst wird.

Versteifung der Mannlochränder. Dass und warum Mannlöcher in den Kesselwänden Schwächungen derselben sind, ist im Anhang zu Abschnitt 2 näher erörtert und es erübrigt hier nur noch anzudeuten, in welcher Weise die gefährlich überlastete Kante des Mannloches am besten versteift werden kann. Damit das Loch möglichst klein werde, bekommt es gewöhnlich ovale Form, welche sich dem menschlichen Körper am besten anschliesst und für einen Mann mittlerer

Grösse 280 mm breit und 380 mm lang sein muss, jedenfalls aber 300 mm breit und 400 mm lang sein kann.

Zu kleine Mannlöcher sind auch eine indirecte Ursache von Zerstörungen des Kessels, insofern sie eine genügende Reinigung und Controle erschweren, resp. verhindern. — Da eine Unterbrechung der Kesselwand nach der Kessellänge eine grössere Schwächung ist, als nach dem Umfange, so ist es richtig, das Mannloch in die Querrichtung zu legen, die 300 mm Breite also in die Kessellänge zu bringen.

Die einfachste Versteifung des Mannlochrandes ist ein etwa 60 mm breiter und 15–20 mm dicker, aufgenieteteter, schmiedeeiserner Ring (Fig. 49). Die Nieten können innerhalb des Kessels versenkt werden, wie links gezeichnet, um der Deckeldichtung eine glatte Fläche zu bieten, oder die Nieten werden weiter nach aussen gerückt, wie auf der rechten Seite gezeichnet. Diese Construction hat den Nachtheil, dass der Deckel auch eine cylindrisch gebogene Gestalt haben muss und dass die unebenen Dichtungsflächen von Kesselblech und Deckel nicht bearbeitet werden können und deshalb schwieriger zu dichten sind. Der zerstörende Einfluss solcher Undichtheiten ist im zweiten Abschnitte besprochen. Aus diesen Gründen sind gusseiserne Versteifungsringe practischer, welche so geformt werden können, dass sie zweierlei Zweck haben, den der Versteifung und den der Deckeldichtung. Dieser Versteifungsring ist in Fig. 50 und 51 in Längen- und Querschnitt gezeichnet. Die Fläche *m* ist eben und kann, wenn auch nicht bearbeitet, so doch viel leichter gedichtet werden als bei der vorigen Construction. Ein Nachtheil besteht aber noch darin, dass der Ausschnitt im Kesselblech grösser ist als das Mannloch selbst. Deshalb ist der innere Versteifungsring noch zweckmässiger, wie er in Fig. 52 und 53 in beiden Querschnitten gezeichnet ist. An demselben ist die Fläche *m* ebenfalls eben, kann aber ausserdem noch gehobelt werden am Ringe sowohl wie am Deckel. *r* ist ein dünner Bandeiserring und ist nur lose eingelegt, damit die Dichtung nicht herausgequetscht werden kann. Bei dieser Construction erhält der Ausschnitt im Kesselmantel auch die kleinste Ausdehnung, der Ring wird nicht vom Kesselblech ab-, sondern an dasselbe angedrückt, so dass die Verbindungsniete nicht belastet sind. Die Construction ist nur bei kleinen Kesseln nicht practisch, indem sie bei diesen den freien Raum im Kessel merklich verengt. — Da manche Constructeure nicht für gusseiserne Versteifungen sind, wegen der ungleichen Ausdehnung von Guss- und Schmiedeeisen, so werden solche Ringe nebst Deckeln auch aus gepresstem Schmiedeeisen gefertigt, welche noch den Vortheil grösserer Leichtigkeit bieten.

Bei Kesseln, welche einen Dom haben, ist es zweckmässig, das Mannloch in der Domdecke anzubringen, weil dann eine Extradurch-

brechung des Kesselmantels erspart wird und die Domdecken ohnehin stark gewählt werden.

Der Ausschnitt, welchen der Dom im Kesselmantel verursacht, ist aber noch wesentlich grösser als das Mannloch; er ist so gross, dass die Versteifung, welche der augenietete Dom abgiebt, von vielen Ingenieuren für unzureichend erachtet wird. Es ist deshalb der Festigkeit des Kessels förderlich, wenn nicht das ganze Mantelblech innerhalb des Domes ausgeschnitten, sondern in diesem nur ein gewöhnliches Mannloch angebracht wird (Fig. 22 Taf. 1). Es ist nur darauf zu achten, dass die beiden Mannlöcher im Mantel und in der Domdecke parallele Richtung haben, da sonst, zumal bei kleineren Kesseldimensionen, das Ein- und Aussteigen unnützerweise erschwert wird. Ist die Domdecke aus Gusseisen, so ist es zweckmässig, den Mannlochrand nach innen mit einer angegossenen Leiste zu verstärken, wenn auch nur des Bearbeitens und dichterem Schlusses wegen.

Bei engröhrigen Flammrohrkesseln, deren Vorderboden gewöhnlich mit vermauert wird, ist an diesem Boden unten ein sogenannter Reinigungsstutzen S (Fig. 4 Taf. 1) erforderlich, dessen Querschnitt auch die Grösse eines Mannloches haben muss. Der Schlussdeckel D dieses Stutzens ist daher auch nichts anderes als ein Mannlochdeckel; der Stutzen S dient dem Rande der Durchbrechung im Boden als Versteifung, aber gewöhnlich ist der Stutzen selbst nur wenig steif. Die Flanschen desselben werden häufig umgebördelt, welche Arbeit jedoch, bei einem so kleinen Umfange, wie dieser Stutzen hat, schwierig ist, zumal der Stutzen nicht kreisrund, sondern oval ist. Es kommt daher sehr häufig vor, dass diese Borde sehr schwach im Eisen werden. Beim Anschrauben des Deckels federt der Bord, ist deshalb kaum dicht zu erhalten und bricht mit der Zeit durch. Aber selbst wenn der Deckel dicht geworden ist, kann es leicht kommen, besonders wenn die vielen Deckelschrauben nicht gleichmässig fest angezogen worden sind, dass an einer Stelle die Dichtung herausgequetscht wird und dann der ganze Kessel ausser Betrieb gestellt werden muss, nur um diese Dichtung zu erneuern, deren dauernde Haltbarkeit wieder eben so unsicher ist. Dabei macht sich das Lösen und Festziehen der vielen Deckelschrauben als eine recht lästige Arbeit bemerkbar und hat schon mancher Kesselbesitzer den Wunsch und das Verlangen nach einer anderen Construction laut werden lassen. Auch kommt es häufig vor, dass gerade die Dichtungsflächen dieses Mannlochverschlusses sehr stark verrosten und bald in gefährlicher Weise geschwächt werden, wozu gewöhnlich der Umstand beiträgt, dass über demselben die Wasserstandshähne angeordnet sind, die nicht ganz dicht halten und fortwährend Wasser zwischen beide Flanschen tropfen lassen.

Als bei weitem zweckmässiger sei deshalb die in Fig. 54, Taf. 2 skiz-

zirte Einrichtung empfohlen, bei welcher an den Stutzen vorn der Bord nicht nach aussen, sondern nach innen geschmiedet ist, wodurch die Blechstärke in dem Bord nicht verringert, sondern eher vergrössert wird; wobei ferner der Deckel wie jeder andere Mannlochdeckel mit nur zwei Bügelschrauben befestigt und vom Dampfdruck selbst gegen die Dichtung gepresst wird; auch kann hierbei die Dichtung nie herausgequetscht werden. Der Stutzen muss dadurch zwar weiter werden, wodurch wieder weniger Feuerrohre unterzubringen sind und der Kesselboden ein grösseres, schwächendes Loch erhält. Diesen Uebelständen ist dadurch vorzubeugen, dass man den Stutzen konisch macht, d. h., die Weite am Boden gleich der nothwendigen Mannlochweite, vorn am Deckel dagegen nach Bedarf weiter macht. Um aber gleichzeitig auch bearbeitete Dichtungsflächen herstellen zu können, ist die Construction Fig. 56 anzuwenden. Hier wird ein Ring R geschmiedet und eingepasst, darauf die Nietlöcher gebohrt, dann die nach innen gekehrte Dichtungsfläche gehobelt und schliesslich der Ring eingietet. Allerdings ist damit wesentlich mehr Arbeit verknüpft, aber die Einrichtung ist dafür eine vollkommene.

In Bezug auf alle Mannlochdeckel bleibt noch zu bemerken, dass die beiden im Deckel befestigten Schraubenbolzen, Figur 54, möglichst kurz, die Bügel also möglichst flach ausgeführt werden sollten, da die beiden Schraubenbolzen das Ein- und Ausbringen des Mannlochdeckels um so mehr erschweren, je länger sie sind. Auch kommt es nicht selten vor, dass die Schraubenbolzen im Deckel locker werden und bei der nächsten Inbetriebsetzung des Kessels sich undicht erweisen. Alle diese Uebelstände fallen weg bei der in Fig. 55 skizzirten Einrichtung. Auf den Deckel wird in seiner Längenrichtung eine Schiene c genietet, die mit zwei Schraubenlöchern versehen ist, in welche die beiden Bügelkopfschrauben eingeschraubt werden. Die Schiene c dient zugleich als bequeme Handhabe für den Deckel. — Fig. 57 zeigt einen solchen Mannlochverschluss mit Bleidichtung.

Fehler in der Anordnung der Bleche und Nähte. Bei Beschaffung eines Kessels wird es für den Besitzer von Vortheil sein, auf folgende Punkte zu achten. Es ist weiter oben erörtert, dass jede gewöhnliche Längsnaht eines Kesselmantels eine schwache Stelle desselben ist, und werden die Längsnähte aller Schüsse in gerade fortlaufende Linien gelegt, Fig. 58, so bekommt der Kesselmantel eine oder mehrere über seine ganze Länge hin sich erstreckende schwache Stellen. Verbindet man aber die einzelnen Schüsse so miteinander, dass die Längsnähte des einen Schusses zwischen den Längsnähten seiner Nachbarschüsse liegen, wie in Fig. 59 skizzirt (Versetzen der Längsnähte), so wechseln in einer Linie (z. B. M N) Nähte und volle Blechstärken miteinander ab; letztere dienen ersteren als Versteifung,

die Schwächung in der Linie M N ist nur halb so gross als vorher. Die in Figur 29 Tafel 2 skizzirten Biegungen der Blechränder werden durch die abwechselnd zwischenliegenden cylindrischen Bleche gehemmt und die Nähte können wegen der Steifheit der vollen Tafeln nicht so weit auseinander gezogen werden. Der volle Querschnitt würde den geschwächten Nähten gegenüber vollständig zwecklos sein, wenn er nicht dazu verwendet würde, die Nähte möglichst zu entlasten und eine durchschnittliche, mittlere Festigkeit des ganzen Mantels zu bewerkstelligen. Für das Zusammenrücken der Längsnähte in nahezu eine Linie ist nur ein Grund vorhanden, und zwar der leichter Arbeit. In Fig. 60 ist bei A der Nahtwechsel in dieser Weise gezeichnet; es ist ersichtlich, dass dabei in ganz ungezwungener Art alle hohlen Ecken vermieden sind. Anders ist es bei dem Nahtwechsel B, wo das glatte Blech des hinteren Schusses über die Naht des vorhergehenden Schusses hinweggeht und an der Abstufung eine hohle Ecke e erzeugt, welche in Fig. 61 noch deutlicher gezeichnet ist. Da durch diese Ecke das Wasser austreten würde, muss sie ausgefüllt werden, und das geschieht einestheils, indem das obere Blech möglichst in die Ecke hineingeschmiedet wird, anderentheils durch Ausstrecken (Zuschärfen) der Blechecke i. Deshalb macht der Wechsel B, Fig. 60, wesentlich mehr Arbeit als der Wechsel A, aber trotzdem ist die Construction B aus den angeführten Gründen unbedingt vorzuziehen. Für die Anordnung aber, welche durch Fig. 58 veranschaulicht und in Fig. 62 deutlicher gemacht ist, bei welcher die Längsnähte nicht nur dicht nebeneinander, sondern genau ineinander liegen, giebt es gar keinen rechtfertigenden Grund, denn die Arbeit ist mindestens ebenso gross, wie bei der Naht B, weil zwei Blechecken zugeschärft werden müssen, und das Verstemmen der vier übereinander liegenden Blechecken ist recht mühsam. Nichtsdestoweniger giebt es heute noch Fabriken, welche den Kessel nach Fig. 58 bauen, und es ist daher Sache des Bestellers, solche Constructionen abzulehnen.

Die Kesselbleche erhalten bei ihrer Fabrikation eine Längen- und eine Breitenausdehnung; die Länge überwiegt die Breite an Ausdehnung bei gewöhnlichen Blechen mehrfach. Würden diese Bleche nun so im Kesselmantel angeordnet, dass ihre Länge in die Längenrichtung des Kesselmantels fällt, so ist einleuchtend, dass der Mantel nur wenig Rundnähte, dafür aber mehr Längsnähte erhielte. Da nun bekanntlich die Längsnähte Schwächungen des Kesselmantels darstellen, die Rundnähte dagegen Versteifungen, so sollen die Bleche immer mit ihrer Länge quer zur Mantellänge, die Blechbreite also in die Richtung der Mantellänge gelegt werden. Es sprechen dafür aber noch mehr Gründe. Die Bleche haben in ihrer Längenrichtung, weil das ihre Walzrichtung ist und in dieser die ausgestreckten Eisensehnen liegen, grössere Festig-

keit als nach der Breitenrichtung und wird bei der Queranordnung der Bleche diese festere Faserrichtung in die Richtung des Mantelumfanges zu liegen kommen, wo die grösste Anstrengung des Kessel vorhanden ist. Auch die Biegung der Bleche erfolgt dabei derart, dass ihre Faserlängen gerollt werden; eine Biegung quer über die Fasern hinweg muss auf Lockerung ihres Zusammenhanges hinwirken. Wenn diese Umstände in der vollen Blechtafel auch weniger in Betracht kommen, so gewinnen sie an Wichtigkeit an der Naht. Das Stanzen der Nietlöcher, deren Reihe in der Faserrichtung liegt, bewirkt schon ein Auseinanderpressen der parallelen Fasern, deren Zusammenhang nach dem Lochen auch noch auf einen kleineren Querschnitt beschränkt worden ist. Auf den so schon gelockerten Streifen der Blechfasern wirkt eine Biegung in demselben in erhöhtem Grade brechend, und wenn dann im fertigen Kessel auf diesen Streifen auch noch die grössere Zugkraft wirken würde, so wären alle Umstände vereinigt, welche die Festigkeit dieser Naht verringern. Man findet diesen Fehler nur selten oder gar nicht, schon aus dem Grunde, weil die Biegung in der grösseren Längenausdehnung entsprechend viel schwerer geht als in der Breite und grössere Biegemaschinen erforderlich sein würden.

Es giebt aber Fälle, in welchen Ausnahmen von dieser Regel berechtigt sind. Eine solche Ausnahme ist die Feuerplatte des Kessels, d. i. diejenige Blechtafel, welche gerade über dem Feuerherd liegt, wenn der Kessel für Innen- oder Unterfeuerung construirt ist. Bei der Feuerplatte sollen die Nähte alle möglichst weit vom Feuerherd entfernt sein, wofür die Gründe im ersten Abschnitt näher erörtert sind. Mit der Vordernaht hat das keine Schwierigkeit, sie kann leicht geschützt werden.; auch die beiden Längsnähte sind leicht im Mauerwerk (bei Unterfeuerungen) oder unter dem Rost (bei Innenfeuerungen) zu placiren; die Hinternaht dagegen kann nur durch eine gehörige Länge der Feuerplatte genügend weit hinter den Rost verlegt werden. Deshalb steht hier die Bedingung obenan, die Länge der Feuerplatte in die Längenrichtung des Kessels zu legen. Auch ist anzunehmen, dass gerade die Feuerplatte, wegen des fortwährenden Wechsels von hoher Erhitzung und starker Abkühlung in der Längenrichtung viel mehr beansprucht wird als andere Bleche. Bei einer Feuerplatte sind aber auch die anderen Umstände, welche sonst für die Querlage des Bleches sprechen, viel weniger ins Gewicht fallend, denn die Platte wird von besonders guter Qualität genommen, bei welcher die Festigkeiten beider Richtungen wenig verschieden sind. Die Feuerplatte soll auch bei der Fabrikation abwechselnd nach beiden Richtungen lang und quer gewalzt werden, ferner warm gebogen und die Nietlöcher nicht gestanzt, sondern gebohrt werden. Wie weit die Feuerplatten-Hinternaht hinter der Feuerbrücke liegen soll, ist schon in Abschnitt 1 angegeben und

hängt besonders von der Art der Kohle ab. Es ist zweckmässig, bei der Dimensionirung des Rostes auf die Maasse der Feuerplatte Rücksicht zu nehmen, wenn diese bereits fertig vorliegt. Leichter lassen sich beide in Uebereinstimmung bringen, wenn alles neu construirt wird.

Eine sehr bekannte und allgemein beachtete Regel bei Herstellung von Kesseln bezeichnet es als groben Fehler, die Nähte so zu legen, dass die äussere Blechkante dem Feuer entgegen gerichtet ist, wie z. B. die Kanten a in Fig. 9, Taf. 1. Man nimmt an, dass eine solche Kante leichter verbrennt, als wenn sie in der Richtung des Feuers liegt. Der Umstand ist jedoch nicht von Wichtigkeit, wenn die Naht über 1 m hinter dem Roste liegt, und im Feuer verbrennen beide Nähte gleich leicht. Feuerplattenflicke sind mit Nähten beider Art behaftet, es ist also die Regel gar nicht ausnahmslos durchführbar.

Feuerplatten sollten ferner immer so angenietet sein, dass ihre Kanten alle ausserhalb des Kessels liegen, damit sie im Falle einer Reparatur leicht abgenommen und durch neue ersetzt werden können. Bei vielrohrigen Flammrohrkesseln sind bei solchen Feuerplattenreparaturen gewöhnlich die unteren Flammrohre den Nietarbeiten durch zu grosse Nähe hinderlich, und ist es zweckmässig, bei Eintheilung der Rohre und der Nähte dafür zu sorgen, dass zu den vielleicht vorkommenden Reparaturen die nöthige Entfernung beider vorhanden ist.

Auf Reparaturen sollte überhaupt bei der Construction eines Kessels Rücksicht genommen werden; die Nähte und Bleche können gewöhnlich so gelegt werden, dass kleine Reparaturen, welche auch an den übrigen Stellen eines Kessels vorkommen, bequem und wo möglich ohne Entfernung des Mauerwerkes ausführbar sind. Bei den besten Kesseln findet sich während des Betriebes einmal eine lecke Nahtstelle, besonders leicht ein undichter Nahtwechsel. Eine solche Stelle lässt sich gewöhnlich mit einigen Schlägen in wenigen Minuten dichten, wohingegen die Beseitigung und der Wiederaufbau des Mauerwerkes, also die Nebenarbeit, tagelange Arbeit beansprucht. Im Folgenden seien einige Beispiele angeführt, in welcher Weise man in verschiedenen Fällen verfahren kann. Es sei in Fig. 63, Taf. 2, ein Siederohr angedeutet, bei welchem gewöhnlich jeder Schuss aus nur einem Bleche besteht, also nur eine Längsnaht enthält. Diese wird man bei dem einen Schusse am besten in die Gegend n des Feuercanals, beim nächsten Schusse, weil dieser versetzt werden soll, in die Gegend q legen, und zwar so, dass der äussere Blechrand in beiden Fällen nach unten gerichtet ist, weil hierbei zum Verstemmen von unten her der beste Platz ist und die Nähte sich in dieser Anordnung sehr leicht und sicher übersehen und überwachen lassen. — Oberkessel, Fig. 64, haben immer grössere Durchmesser und infolge dessen zwei Bleche, also zwei Längsnähte in jedem Schusse. Hierbei wird es sich offenbar empfehlen, die Längsnähte des einen

Schusses zu beiden Seiten bei s und t und die vorspringenden Blechkanten unten anzuordnen, während die Längsnähte des anderen Schusses oben und unten zu liegen kommen, bei u und o, um gut zugänglich zu sein. Vorn bei der Feuerplatte wird die Eintheilung nach Fig. 65 sich erforderlich machen, weil deren Breite nicht den halben Kesselumfang umspannen wird. Liegt der Kessel unten auf einer Längszunge, Fig. 66, so wird der betreffende Schuss mit seiner unteren Längsnäht neben diese Zunge gelegt. In Fig. 67 ist die Anordnung skizzirt für einen Kessel mit Unter- und Seitenzügen. Die Längsnähte des einen Schusses liegen bei n und q, die des anderen Schusses bei s und t. Bedingt es eine Einmauerung, dass die Längsnähte zweier Schüsse nicht genau um die Hälfte versetzt werden können, so ist es kein ins Gewicht fallender Fehler, es genügt auch ein Versetzen um $\frac{1}{4}$ der Blechlänge.

Um die Schüsse durch gewöhnliche Nähte miteinander zu verbinden, werden die Enden derselben ineinander gesteckt und vernietet. Dabei sind dreierlei Anordnungen möglich. Erstens, die Schüsse werden um die doppelte Blechstärke abwechselnd enger und weiter gemacht und jeder Schuss einmal in und einmal über die benachbarten Schüsse gesteckt, Fig. 68; zweitens werden die Schüsse alle an einem Ende um die doppelte Blechstärke enger als am anderen Ende gemacht, sodass jeder Schuss in den vorhergehenden gesteckt werden kann, Fig. 69; drittens wird jeder Schuss gleichmässig weit, aber im ganzen um die doppelte Blechstärke enger als der vorhergehende gemacht, um in diesen gesteckt werden zu können, Figur 70. Bei der Wahl einer dieser Constructionen ist nun zunächst der Umstand maassgebend, dass alles Wasser beim Ablassen aus dem Kessel von selbst abfliessen soll. In der Anordnung der Fig. 68 wird nach rechts sowie nach links hin Wasser an vorspringenden Blechrändern stehen bleiben; dagegen kann auch keine Neigung des Kessels nach irgendeiner Weise helfen. Besser ist es zu erreichen mit der Construction Fig. 69. Hier bedarf der Kessel nur einer Neigung um den reichlichen Betrag der Schussverjüngung, wie in Fig. 71, damit das Wasser nach links hin vollständig abfliessen kann; nur ist darauf zu achten, dass auch das Wasserablassrohr W am linken Kesselende angebracht ist und nicht etwa am rechten, wie es häufig genug vorkommt. Ohne jede Neigung fliesst das Wasser ab bei der Construction Fig. 70 und nur, wenn sonst keine Nachtheile damit verbunden sind, kann man dem Kessel noch eine geringe Neigung nach links geben. Es ist nicht nur der vollständige Abfluss des Wassers, was mit den Constructionen Fig. 69 und 70 bezweckt wird, auch das Ausräumen und Ausfegen des Schlammes und des Staubes geht leichter von statten, wenn man nur über rückspringende und nicht über vorspringende Blechränder hinwegzufahren braucht.

Ein anderer maassgebender Umstand für die Anordnung der Schüsse ist der Abfluss des Dampfes aus solchen Kesseltheilen, in welchen sich kein Dampf ansammeln soll, z. B. Siederohre. Auch dafür wird sich die Construction Fig. 68 nicht eignen, weil dieselbe oben im Scheitel ebenfalls nach beiden Seiten vorspringende Nahränder enthält. Dagegen wird bei der Construction Fig. 69 der Dampf nach links hin vollständig abströmen können, wenn der Sieder nach dorthin Steigung und an demselben Ende einen Dampfabzug D hat. Diese Construction ist also ungeeignet, wenn Wasser und Dampf vollständig abfliessen sollen, weil Wasser Neigung und Dampf Steigung des Kessels erfordert. Für Siederohre und derartige Kesseltheile bleibt deshalb nur als richtige und allen Anforderungen entsprechende Construction die nach Fig. 70 übrig, unter der Bedingung, dass dabei der Kesselkörper ganz horizontal liegt und Wasser sowohl als Dampf ihren Abfluss im weitesten Schusse haben. Kann der Dampfabfluss bei einem Siederohr nicht im letzten Schusse angebracht werden, wie in Fig. 18, Taf. 1, so muss doch der betreffende Schuss der weiteste sein und die weiter hinten liegenden müssen wieder enger werden. Sind mehrere Sieder miteinander verbunden, so muss dasselbe Princip auch auf die übrigen Sieder und auf die Verbindungsschüsse ausgedehnt werden. Der Verbindungsschuss V (Fig. 72) muss also weiter sein als der weiteste Schuss vom Sieder I und jeder der von II folgende Schuss muss weiter sein als der vorhergehende. In Bezug auf den Wasserabfluss kann jeder Sieder für sich als selbständig behandelt werden, wenn jeder ein besonderes Wasserablassrohr erhält; es brauchen dann die Schüsse des Sieders II nicht die Fortsetzung von I zu bilden. Bei Kesseln, welche Dampfraum haben, wo es also nur auf den Abfluss des Wassers allein ankommt, ist auch die Construction Fig. 71 anwendbar.

Fehlerhafte Dimensionen der Bleche. Die Kesselbleche sollen so gross als möglich gewählt werden, damit der Kessel möglichst wenig Nähte erhält. Die heutige Technik hat es in der Herstellung grosser Bleche sehr weit gebracht. Auf der Düsseldorfer Ausstellung im Jahre 1880 hatte die Firma „Union Dortmund“ ein Kesselblech ausgestellt von 11 m Länge, 2,420 m Breite und 10 mm Dicke; ein solches Blech hat ein Gewicht von ca. 2080 kg. Zu einem mittelgrossen Kessel von ca. 35 qm Heizfläche gehören nur 2 Stück solcher Bleche. Die Mäntel von Locomotivkesseln fertigt man thatsächlich mitunter aus einem einzigen Stück Blech an. Solche aussergewöhnliche Grössen von Blechen bedingen natürlich auch einen entsprechend höheren Preis, welcher für gewöhnliche Dampfkessel nicht angewendet werden kann. Aber auf eine gewisse Grösse der Bleche sollte jeder Kesselbesteller achten. Bleche, deren Gewicht nicht grösser ist als 200 kg, können für den gewöhnlichen Preis verlangt werden; dieselben haben bei einer Dicke

von 10 mm eine Breite von 1,200 m und eine Länge von 2,200 m. Solcher Bleche sind zu demselben Kessel von 35 qm Heizfläche 18 Stück erforderlich. Die Schlesische Gewerbeausstellung im Jahre 1881 hatte schon weitere Fortschritte in der Kesselbaukunst aufzuweisen und an verschiedenen Objecten war dort der Beweis geliefert, dass ganze Dampfkessel ohne jede Nietnaht durch Schweissung hergestellt werden können, wenn sie bezahlt werden.

Wichtiger noch als die Flächenausdehnung der Bleche ist die Dicke derselben, und in dieser Beziehung werden die häufigsten Fehler aus zu grosser Aengstlichkeit begangen. Obwohl die Stärke der Wandung eines Kessels abhängig ist von der specifischen Festigkeit der Blechsorte, der Maximalspannung des Dampfes und dem Durchmesser des Kessels, so genügt doch die theoretische Berechnung zur Bestimmung der Blechdicke nicht allein, sondern es muss noch eine durch Erfahrung und Praxis festzustellende Sicherheit angenommen werden, und so haben sich gewisse Regeln und Tabellen als Norm herausgebildet. (S. Uhland's Ingenieurkalender 1884, Seite 148). Für grössere Stärken werden zwei Gründe angeführt; einmal sollen sie dem Kessel eine grössere allgemeine Festigkeit verleihen, zum anderen sollen sie eine gewisse Stärke in Reserve haben, damit bei eintretenden Abnutzungen und Abrostungen immer noch die durchschnittliche Stärke übrig bleibe. Diesen Gründen stehen die folgenden gegenüber.

Grössere Blechstärken verursachen mehr Gewicht des Kessels und höheren Preis desselben, ferner geringere Wärmedurchlassungsfähigkeit der Wände, grössere Differenz der Erwärmung des Bleches auf der Feuer- und Wasserseite und infolge dessen stärkere Beanspruchung durch Wärmedehnungen; ungleichmässiger Ausdehnung des ganzen Kessels und dadurch schädlichen Einfluss auf die Nähte. Wegen der ersten dieser Punkte sind starke Kesselbleche bei Besitzern nicht besonders beliebt; dagegen erscheint ihnen eine verstärkte Feuerplatte als nothwendig, weil diese mehr angestrengt wird als die übrigen Bleche. Aber diese grössere Beanspruchung hat ihren Ursprung gerade nur in den ungleichmässigen Wärmestreckungen und diese nehmen zu mit der Blechstärke; deshalb ist besonders die Verwendung starker Feuerplatten vollständig falsch. Das Gegenheil ist richtig; eine Feuerplatte hält sich um so gleichmässiger in der Temperatur und widersteht dem Wechsel von Erhitzung und Abkühlung um so besser, je schwächer sie ist. In Erkenntniss dieser Verhältnisse ist man anderseits bestrebt gewesen, diese Bleche möglichst schwach zu machen, und da die Dicke um so kleiner ausfällt, je kleiner der Durchmesser wird, so sieht man Kesselconstruktionen entstehen, bei welchen der Durchmesser möglichst klein gehalten ist. Am vollkommensten ist dieses Princip verwirklicht bei den sogenannten Wasserröhrenkesseln nach System Belleville,

Root u. s. w., welche nur aus Röhren bestehen von 75 bis 100 mm Durchmesser und Wandstärken erhalten von 3 bis 4 mm. Nur der kleine räumliche Inhalt dieser Kessel ist ein Hinderniss für ihre weiteste Verbreitung. Andere Constructionen bezwecken kleine Durchmesser wenigstens für die Rohre, mit welchen die erste Flamme in Berührung kommt; das ist der Fall bei den eigentlichen Siederkesseln mit Unterfeuerung (Fig. 74, Taf. 2).

Wird in einem Kesselmantel die Feuerplatte von stärkerem Bleche gefertigt als die übrigen, so muss sich dieselbe durch stärkere Erhitzung auch mehr dehnen als die andern Bleche, wodurch schädliche Spannungen in den Wänden und Nähten entstehen. Viel eher würde es zulässig sein, die Feuerplatte etwas schwächer und dafür von besserem Material zu wählen. Es ist aber überhaupt nicht empfehlenswerth, die Bleche, welche einen ganzen Kesselkörper bilden, von verschiedener Dicke zu machen, eben wegen der ungleichmässigen Dehnungen. In dieser Beziehung sind die vielrohrigen Flammrohrkessel (Fig. 1, Taf. 1) unzweckmässig, indem die Mantelwände durchschnittlich 13 mm, die Rohrwände dagegen nur 3 mm stark sind; dazu kommt noch der Umstand, dass gerade die ersteren, dicken Bleche im heissesten Feuer liegen, sich also aus doppeltem Grunde viel stärker dehnen müssen als die dünnen Rohrwände. Diese Kessel dürfen deshalb nicht zu lang gebaut werden, dann sind auch die Ungleichmässigkeiten der Dehnungen kleiner.

Zugänglichkeit. Nicht selten findet man Kessel so verbaut, dass sie stellenweise schwer oder gar nicht zugänglich sind und sich dort weder reinigen noch besichtigen lassen. In dieser Beziehung kommen an den eben besprochenen vielrohrigen Flammrohrkesseln häufig Fehler vor. Die Röhren werden vollständig unregelmässig in den Böden eingetheilt, sodass die innerhalb liegenden Rohre von aussen her vollständig unzugänglich sind und der dort sich ansammelnde Schlamm und Stein für immer ganz unberührt bleiben muss. Ein solches Rohrsystem wirkt ferner ungefähr so wie ein Kiesfilter: es fängt alle groben Unreinigkeiten, besonders Kesselsteinschalen, auf und die Zwischenräume füllen sich bald vollständig und fest zu; der Raum wird zwischen den Rohren immer kleiner und zuletzt kann das Wasser dort gar nicht mehr circuliren, die Rohre verbrennen. Zur Verhütung dieser Zerstörung müssen die Rohre in horizontalen und verticalen Reihen angeordnet werden, wie in Fig. 1, Taf. 1 gezeichnet, dann kann man, wie schon früher beschrieben, die Zwischenräume genügend reinigen und für solche Kessel ziemlich unreines Wasser verwenden. Zur besseren Zugänglichkeit dieser Zwischenräume ist es gebräuchlich, in der Mitte des Rohrsystems einen grösseren freien Raum zu lassen, der nicht schmalere als 250 mm sein und nicht mit Längsankern versperrt werden sollte. Der Zwischenraum der einzelnen Rohrreihen sollte allermindestens 25 mm, besser aber

30 mm weit sein. Zweirohrige Flammrohrkessel sind in den Flammrohren nicht selten so eng, dass sie nur mit grösster Mühe, oder auch gar nicht befahren werden können. Das kleinste Maass für den Durchmesser befahrbarer Flammrohre ist 450 mm; zwischen Rohren und Kesselmantel ist ein freier Raum von mindestens 150 mm, zwischen den Rohren selbst ein solcher von 250 mm erforderlich. Für Siederohre ist ein Durchmesser von 450 mm zu klein, weil in denselben längeres Verweilen und Arbeiten beim Reinigen nothwendig ist; dieselben sollten nicht enger als 500—600 mm gemacht werden. Verbindungsstutzen von Siederohren sollen auch nicht enger als 450 mm werden. Ein unverzeihlicher Fehler sind zu kleine Mannlöcher, welche etwa nur für sogenannte „Reinigungsbuben“ eingerichtet, aber für den Heizer oder für den revidirenden Beamten unbefahrbar sind. Das Kesselreinigen sollte überhaupt nicht für unerwachsene Jungen, sondern gerade für kräftige, ausdauernde Männer berechnet werden.

Nicht weniger ist bei der Anlage der Feuerzüge darauf zu sehen, dass sie weit genug sind, um zum Befahren beim Reinigen, Besichtigen der Bleche und zur Ausführung kleiner Reparaturen Raum genug bieten. Aber nicht nur weit genug müssen die Züge sein, sondern sie müssen auch hinten sowohl als vorn genügend grosse Einsteigeöffnungen haben, die nicht kleiner sind als 400 mm hoch und breit.

Unterstützung der Kessel. Auf die Unterstützung der Kessel findet man im allgemeinen wenig Sorgfalt verwendet, und kommt es nicht selten vor, dass Kessel ihre anfängliche Lage verändern, sich nach vorn oder hinten hin neigen und dadurch den Wasser- und Dampfabfluss hemmen, ferner nach einer Seite kippen oder im ganzen tiefer sinken und dadurch die angeschlossenen Rohrleitungen zerbrechen, Flanschverschraubungen lockern, den Sicherheitsventilen eine schiefe Lage ertheilen u. s. w. Aber auch ohne eine sichtbare Veränderung in der Lage des Kessels können mangelhafte Unterstüzungen dem Kessel schädlich werden. Denkt man sich einen Kesselkörper in Figur 75, Tafel 2, hinten und vorn durch Quermauern, in der Mitte dagegen durch einen eisernen Stuhl unterstützt, so kann es geschehen, dass die Quermauern zusammen trocknen, deren zu leichte Fundamente sich senken, oder die Quermauern locker und mürbe werden und schliesslich einfallen, endlich bei Erneuerung auch zu lose unterbaut werden. Dann hören die Endmauern auf zu stützen und die ganze Last des Kessels ruht allein auf dem Eisenstuhl, welcher vollständig widerstandsfähig ist. Steht dieser Stuhl gerade in der Mitte, so kann es kommen, dass der Kessel auf ihm balancirt und seine anfängliche Lage und Richtung beibehält, aber seine ganze Last ruht nur auf einer kleinen Stelle der Bleche, die dann leicht eingedrückt und eingebeult wird. Das tritt um so sicherer ein, je kleiner die Auflagefläche ist, wenn also der Stuhl schmal und

oben flach gestaltet ist, wie Fig. 75 andeutet, oder wenn der Stuhl zu viel ausgebogen ist, wie in Fig. 73. Steht der Eisenstuhl gerade in der Stemmuge einer Naht (Fig. 76), so tritt noch eher eine Beschädigung ein, weil die Naht empfindlicher ist. Ohne dass hierbei die Verbiegung des Bleches eine sichtbare Grösse erreicht, kann die Naht schon undicht werden, indem der Druck des Stuhles auf Oeffnen der Naht wirkt. Es ist durchaus nicht erforderlich, dass ein so gewaltiger Druck entsteht, welcher im stande ist, die Niete der Naht zu strecken, denn ein solcher wird überhaupt nicht vorkommen können; wohl aber kann eine ganz geringe Verbiegung des Bleches nach Art der Fig. 77 eintreten, welche schon genügt, die Stemmuge zu öffnen. Dabei tritt noch die Unannehmlichkeit auf, dass, wenn die Naht thatsächlich leck geworden ist, wenn auch aus einem anderen Grunde, der Stuhl ein Verstemmen vollständig verhindert, und die unbedeutende Reparatur mit 10fachen Weitläufigkeiten verknüpft ist. Am schädlichsten kann aber der so angeordnete eiserne Stuhl auf folgende Weise wirken: Jeder Kessel dehnt sich in der Wärme aus und wenn er mit dem einen Ende fest liegt, schiebt sich der ganze Kessel nach dem anderen Ende hin etwas fort, z. B. in der Richtung des Pfeiles, Fig. 78. Dadurch kippt der Stuhl etwas auf und drückt nun mit erhöhter Gewalt und mit einer scharfen Kante direct in die Naht hinein, wobei diese wohl nicht dicht bleiben kann. Die aufgezählten Uebelstände kommen nicht vor, wenn der Stuhl nach Figur 79 angebracht wird. Dabei ist auch Sorgfalt darauf zu verwenden, dass der Stuhl fest unterbaut wird. Häufig findet man die Stühle deshalb verkeilt, d. h. es werden oben zwischen Stuhl und Kessel eiserne Keile eingetrieben. Dieses Verfahren ist ganz schlecht, denn abgesehen davon, dass die Keile dem Kessel wieder nur eine sehr kleine Auflage darbieten, werden sie bei den beständigen, kleinen Bewegungen des Kessels locker, sodass man sie nach einiger Zeit des Betriebes gewöhnlich mit der Hand herausziehen kann. Uebrigens kommt es auch vor, dass die Stühle nur zum Schein dastehen, am Kessel einen weiten Zwischenraum haben, der etwa mit Lehm oder Steinsplittern ausgefüllt ist. Eiserne Kesselstühle müssen zunächst auf einem soliden, in Cement gemauerten Fundamentklotze stehen und unten am Fundamente verkeilt werden, wo die entstehende Fuge mit Cement ausgegossen wird. Der Stuhl sollte immer so lang sein, dass er bei den Kesselbewegungen durch die Reibung am Kessel nicht kippen kann, wozu die Länge mindestens gleich der Höhe gemacht werden sollte (s. Fig. 80). Eine solche Unterstützung ist unbedingt zuverlässig für alle Fälle. Bei grössern Kesseln, wo es nicht so sehr auf Raumsparniss in der Zugbreite ankommt, sind auch in Cement gemauerte Pfeiler nach Fig. 4, Taf. 3 zweckmässig, zumal wenn keine Bodenfeuchtigkeit vorhanden ist, obwohl diese sich im Cementmauerwerk nur un-

merklich wenig hochsaugt. Die Breite dieses Pfeilers genügt vollständig mit $\frac{1}{2}$ Stein = 120 mm. Hier wird die Fuge oben zwischen Pfeiler und Kessel in Cement vergossen.

Liegt ein Kessel mit seiner ganzen Länge auf einer Mittelzunge auf, Fig. 5, so ist diese natürlich die bestmögliche Unterstützung und macht jede anderweitige Unterstützung überflüssig. Nur 2 Seitenstützen sind noch zu schaffen, welche durch die Seitenmauern gebildet werden, und der Schwerpunkt muss auch richtig senkrecht über der Zunge liegen, sonst wirkt ein Theil des Druckes auf die weniger zuverlässigen Seitenmauern, drückt diese in eine schiefe Stellung, erzeugt in der ganzen Länge des Mauerwerkes Risse und löst sich auf der anderen Seite vom Mauerwerk ab. Dass ein Kessel vollständig umgefallen wäre, ist wohl noch nicht vorgekommen, weil solche Kessel mit einer unteren Mittelzunge, gewöhnlich mit Innenfeuerung gebaut sind, deshalb tiefer auf dem Fussboden F liegen und keine hohen Seitenmauern haben. Hochliegende Kessel mit Unterfeuerung (Fig. 67, Taf. 2) liegen immer auf 2 Längsmauern.

Unbrauchbar und ganz verwerflich sind die Unterstützungen, welche direct hinter dem Feuerherde liegen, z. B. U in Fig. 6, Taf. 3, ganz besonders aber, wenn sie aus Eisen bestehen, denn sie verbrennen sehr bald. Am ersten Tage schon werden sie glühend und verlieren dadurch jeden Widerstand; sie dehnen sich dabei auch stark aus, biegen sich infolge dessen vollständig krumm, und nach dem Erkalten reichen sie gar nicht mehr an den Kessel heran, sie haben dann das Aussehen wie in Fig. 7. Eiserner Unterstützungen sollen überhaupt nur in solchen Feuerzügen stehen, die nicht heisser werden als allerhöchstens 500° Cels., vorausgesetzt, dass es sich um gusseiserne Stützen handelt. Schmiedeeiserne Stützen vertragen noch viel weniger Hitze. Beide dürfen aber überhaupt nur niedrig, d. h. nicht höher als 300 mm sein, damit ihre Dehnung in der Wärme und der Druck gegen den Kessel nicht zu bedeutend wird. Dicht hinter dem Feuerherd sind aber auch gemauerte Pfeiler ganz zwecklos und bei starkem Feuer im ganzen ersten Zuge nicht zuverlässig. Kessel mit Unter- resp. Zwischenfeuerung sind deshalb immer seitlich zu unterstützen, wozu sie seitliche Winkelträger T (Figur 7) erhalten. Dieselben haben den Fehler, dass die unter ihnen freiliegenden wenigen Steinschichten leicht herunter brechen, wodurch die Mauerung beschädigt wird und der Kessel seine Stützen verliert. Besonders ungünstig liegen in dieser Beziehung die Verhältnisse bei Siederohr-Gegenstromkesseln. Der Oberkessel ist bei diesen hinten genügend sicher gestützt durch den angenieteten Verbindungsstutzen W (Fig. 10), aber vorn stützt er sich nur auf die Seitenträger. Dort verbrennt jedoch das tragende Mauerwerk wegen der Nähe des Feuerherdes am stärksten, und dieses entblösst beim Herunterfallen gerade die allergefährlichste

Stelle des Kessels, weil das erste Feuer dann an den Dampfraum des Kessels gelangen kann. Ein solcher Kessel ist daher vorn mit besonderer Sorgfalt zu unterstützen. Das geschieht zunächst durch gehörig lange Seitenträger, wie in Fig. 10, dann aber durch eiserne Ständer S S, die im Mauerwerk vor Erhitzung geschützt sind und den Druck des Kessels auf das untere, kalte Mauerwerk übertragen. Um den Zweck dieser Ständer noch mehr zu sichern, sind unter denselben breite eiserne Platten empfehlenswerth. Ferner ist es zweckmässig, die Ständer oben und unten in die eisernen Platten einzulassen und die unteren durch eine eiserne Stange miteinander zu verbinden; so bilden diese Stützen zugleich die beste Seitenverankerung für das Mauerwerk. Bei diesen Gegenstromkesseln ist noch Sorgfalt auf die gleichmässige sichere Unterstützung zu verwenden, denn geben dabei die Unterstüzungen unregelmässig nach, dann werden die Verbindungsstutzen stark belastet, gebogen und in den Nähten gelockert oder eingebrochen.

Betreffs der Anzahl von Unterstüzungen eines Kessels ist zu bemerken, dass unter keinen Umständen mehr erforderlich sind als, der Länge nach gezählt, 3 Stück, von denen je eine an den Enden und eine in der Mitte angebracht wird. Bei kurzen Kesseln, d. h. solchen bis 4 oder 5 m Länge, genügen die Stützen an beiden Enden vollständig. Gewöhnliche Kesselgrundmauern allein genügen aber als Endstützen nicht. Der Theil des Mauerwerkes, welcher die Last des Kessels trägt, müsste denn in Cement gemauert und gut fundamentirt sein, oder es ist ein eiserner Stuhl mit einzumauern (Fig. 27, Taf. 1).

Bei Flammrohren ist das Bedürfniss für mittlere Unterstüzungen noch viel geringer als bei Siederohren, weil erstere mit ihren Enden nicht nur frei aufliegen, sondern fest vernietet sind. Ferner kommt aber noch in Betracht, dass die Flammrohre nicht mit Wasser gefüllt und daher viel leichter sind als Siederohre; ja noch mehr, die Flammrohre schwimmen im Wasser vollständig, sodass von den Rohren gar kein Druck nach unten wirkt, ausser wenn der Kessel leer ist. Wenn also eine Stütze angebracht werden soll, kann sie nur den Zweck haben, das Eigengewicht der Rohre tragen zu helfen, aber durch ihr eigenes Gewicht werden auch die längsten Rohre nicht beschädigt, sie müssten denn sehr schlecht gearbeitet sein. Trotzdem werden Flammrohre sehr oft nicht nur unterstützt, sondern durch feste Steifen ganz fest mit dem Mantel vernietet. Nun ist aber im vorigen Abschnitte bereits erwähnt, wie sich im Betriebe ein Flammrohr nach oben durchbiegt (Fig. 12 Taf. 2), und diese Biegung infolge Wärmedehnung ist so gewaltig, dass kein Hinderniss sie aufhalten kann. Ist nun die Absteifung der schwächere Theil, so bricht diese durch und das Flammrohr folgt dann frei den unvermeidlichen Bewegungen; ist aber die Versteifung sehr stark, so hält sie das Rohr an der einen Stelle fest, sodass dieses nachgeben

und einknicken muss. Zu den unvermeidlichen Bewegungen muss dem Kessel in allen seinen Theilen freies Spiel gelassen werden, und so dürfen auch die Flammrohre in der Mitte nicht festgehalten sein. Eine Unterstützung, auf welcher das Rohr im kalten, leeren Zustande des Kessels frei aufliegt, hat, wenn keinen Vortheil, so doch wenigstens keinen Nachtheil. Letzteres könnte höchstens noch durch Raumversperrung geschehen, wenn die Stütze breit und ungeschickt gemacht wird.

Verbindungen der Kesseltheile. Zusammengesetzte Kesselsysteme werden häufig in einzelnen Theilen ausgeführt und am Orte der Aufstellung zusammengeschräubt, um sie bequemer und leichter transportiren zu können. Das kommt z. B. vor bei Siederrohrkesseln, wo der Verbindungsstutzen W, Fig. 10, Taf. 3, getheilt ist und an der Lagerstätte verdichtet wird. Dampfsammler ferner werden gewöhnlich aus demselben Grunde durch Flanschverschraubungen (Fig. 8) mit dem Dampfkessel verbunden. Diese beiden Beispiele sollen zugleich den Unterschied illustriren von solchen Verbindungen, welche im Feuer oder mindestens innerhalb des Mauerwerkes liegen und solchen, die jederzeit sichtbar sind. Die schlechteste der Verbindungen ersterer Art ist glücklicherweise veraltet und wird jetzt nicht mehr ausgeführt, existirt aber von früher her noch häufig genug. Es ist dies eine muffartige Verbindung und in Fig. 11 skizzirt. Die eine Hälfte A des Stutzens ist weiter als die andere B und beide sind ineinander gesteckt. Zwischen den Wandungen beider bleibt ein Raum von ca. 20 mm, welcher unten abgeschlossen wird durch einen Ring C aus Schmiedeeisen, der seinerseits durch Klemmschrauben an B befestigt wird. Der Zwischenraum wird ausgefüllt mit Kitt zum Zweck des Abdichtens, und zusammengehalten werden beide Theile durch den Anker D. Diese Verbindung ist sehr schlecht, weil das Blech des Stutzens A durch den Kitt an der Kühlung behindert wird und verbrennt. Die Anker D werden ausserdem locker, gehen manchmal ganz verloren, verhindern die Passage zwischen beiden Kesseltheilen und ist ihre Anbringung auch schon ganz vergessen worden. Es giebt noch manche andere Arten dieser Verbindungen, aber alle mit weicher Dichtung sind mangelhaft, weil sie in der Hitze verderben, und kein Kesselbesitzer sollte sich zur Uebernahme eines Kessels mit derartiger Verbindung verleiten lassen. Der Kessel kann sehr wohl so hergestellt werden, dass keine andere als genietetete Nahtverbindungen vorkommen, und sollen die Theile einzeln transportirt werden, so sind sie an Ort und Stelle durch Kesselschmiede zusammenzunieten. — Liegt die Verbindungsstelle ausserhalb des Mauerwerkes, wo sie stets sichtbar ist, so bleibt eine Schraubenverbindung viel eher zulässig, da hier Undichtigkeiten weniger schädlich sind, sofort bemerkt werden und oft schon im Betriebe, wenigstens aber bei der nächsten Betriebspause, beseitigt werden können. Am gebräuchlichsten und richtigsten ist an diesen

Stellen die Flanschverschraubung (Fig. 8), vorausgesetzt, dass sie mit aller Sorgfalt hergestellt wird. Dazu gehört vor allen Dingen, dass die Dichtungsflächen bearbeitet werden, und da die Flanschenringe immer vor dem Anieten abgedreht werden, sich aber beim Anieten leicht verziehen, so müssen sie, um einigermaassen zuverlässig zu sein, kräftig und stabil gemacht werden. Auch von dem benutzten Dichtungsmaterial ist die Dauer und Zuverlässigkeit der Verschraubung abhängig. Gummi ist bei bearbeiteten Flanschen nicht besonders practisch, weil es mit zunehmender Temperatur weicher wird, oft nachgezogen werden muss und trotzdem nicht selten herausgetrieben wird, was immer einen Betriebsaufenthalt zur Folge hat. Bei nicht bearbeiteten Dichtungsflächen ist Gummi gerechtfertigter, weil er sich den Unebenheiten am besten anschliesst und darin fester gehalten wird. Der berühmte „Hanfzopf“, aus einer mit Kitt durchkneteten Hanfflechte gewickelt, ist nicht sehr zuverlässig und sein Dichthalten für die Dauer zufällig. Asbestpappe ist für gut bearbeitete Flächen empfehlenswerth und die Dauer lässt auch nichts zu wünschen übrig, wenn sie von guter Qualität ist. Eine dauerhafte Dichtung giebt auch Drahtgewebe mit Mennigkitt zusammen als 2–4fache Zwischenlage angewendet. Ein Ring aus Bleirohr giebt auch eine sicher dichtende Zwischenlage ab, doch dürfte eine Bleidichtung nach Art der Fig. 12 am allerbesten, bequem, zweckmässig, sicher und billig sein. Die Winkelringe R brauchen dabei gar nicht bearbeitet zu werden; die Blechkanten a und b brauchen nur freihändig abgeschrägt, oder, wo Blechkantenhobelmaschinen im Gebrauch sind, mit solchen vor dem Biegen bearbeitet zu werden. Zu stemmen sind bei der Einrichtung auch nur die Nietköpfe von innen. Die Rinne r wird mit Blei ausgegossen und die scharfe Kante a drückt sich dicht in das Blei ein. Die beiden Ringe R können so weit voneinander entfernt sein, dass man, falls sich ja einmal eine Undichtheit zeigen sollte, mit einem Werkzeug dazwischen gelangen und die Stelle verlöthen oder nachstemmen kann.

Bei Anwendung einer weichen dichtenden Zwischenlage vermeide man den sehr häufig vorkommenden Fehler, die Zwischenlage so gross zu schneiden wie die Flanschen selbst (Fig. 13, Taf. 3). Damit ist der Uebelstand verbunden, dass die grösste Pressung in der Nähe des äusseren Flanschenrandes entstehen kann, und wenn die Flanschen im geringsten federn, ist es bestimmt der Fall. Dann dichten aber die Flanschen am inneren Rande schlecht, der Dampf kann bis zu den Schrauben vor und an ihnen heraus dringen. Nicht nur, dass dann die Verschraubung undicht ist, die Schrauben rosten auch schnell ab. Der zwischengelegte Dichtungsring braucht durchaus nicht breiter zu sein als 10 mm oder, wenn er einige Dicke hat, nur 5 mm; er muss dabei so klein sein, dass er innerhalb des Schraubenkreises liegt (Fig. 14). Dadurch wird

wesentlich an Dichtungsmaterial gespart, aber es ist auch der Schraubendruck auf den schmalen Ring entsprechend grösser als auf den breiten und wird ersterer viel inniger und dichter angepresst.

Alle diese Bemerkungen zu den Flanschdichtungen gelten natürlich auch für alle Dampfrohrleitungen. In Fig. 15, Taf. 3, ist die Dichtungsart der Fig. 12 gezeichnet in Anwendung für gegossene Rohre. Es ist dabei angenommen, dass jedes Rohr an einem Ende eine kreisförmige Rinne für das Blei und am anderen Ende einen angegossenen scharfkantigen Ring *c* hat. Bei sauberer Arbeit genügt es vollständig, diese Formen durch Rohguss herzustellen, oder freihändig mit dem Meisel etwas nachzuhelfen. — Um diese Dichtungsart für alte Rohre anzuwenden, dreht oder kreuzt man in beide Rohrflanschen Rinnen ein, die mit Blei ausgegossen werden, und legt einen losen, zweiseitig scharfkantigen gusseisernen Ring *c* dazwischen, wie die Punktirung andeutet. Wenn Dampfrohrleitungen trotz guter Verschraubungen nicht gut dicht halten wollen, was besonders bei langen Leitungen und nach einer Betriebspause beim Wiederanwärmen bemerkt wird, so ist die Ursache noch in anderen Fehlern zu suchen. Zunächst müssen, wenn die beiden Endpunkte der Leitung fest liegen, Compensations- oder Bogenrohre eingeschaltet sein, deren Bogen nicht unter, sondern über der Leitung liegt. Zwischen 2 festen Punkten der Leitung ist nur ein solches Bogenrohr erforderlich und deshalb ist darauf zu sehen, dass möglichst wenig Punkte der Leitung fest gemacht werden, am besten gar keiner. Es ist sogar dafür zu sorgen, dass die Leitung bei den Dehnungsbewegungen in ihren Unterstützungspunkten nicht zuviel Widerstand durch Festhängen oder Reibung vorfindet. Sehr gut ist es deshalb, wenn die Stützen den Bewegungen der Leitung folgen können, wie das am einfachsten und vollkommensten zu erreichen ist durch Aufhängen der Leitung mittels Ketten oder schwingender Haken (wenn möglich, nicht unter $\frac{1}{2}$ m lang). Solcher Stützen oder Träger müssen auch genügend viele vorhanden sein, am besten an oder neben jeder Flanschenverschraubung, damit jedes einzelne Rohr an seinen beiden Endpunkten getragen wird. Liegen die Stützen zu weit, oder sind sie der Leitung schlecht angepasst, so hängt diese infolge ihres Eigengewichtes durch und ist bestrebt, die Verschraubungen aufzubiegen. Wenn die Dichtungsflächen der Flanschen nicht bearbeitet sind, so geschieht es leicht, dass die Rohre nach dem Zusammenschrauben nicht in einer geraden Linie liegen, sondern einen Winkel bilden (Fig. 16). Jeder Zug in der Leitung wirkt dann biegend auf die Verschraubung. Muss die Leitung in der Richtung eines solchen Winkels gelegt werden, so ist es gut, die dem Eckrohr benachbarten Flanschen in möglichst grosser Entfernung zu halten und das Eckrohr aus biegsamen Kupfer zu machen. Wird die Leitung nicht aufgehängt, sondern hingelegt (auf das Terrain, in einen Canal etc.),

so lege man unter dieselbe in der Nähe jeder Verschraubung eine Rolle (Fig. 17). Soll die Leitung an Wandconsolen entlang geführt werden, so ist es besser, sie an die Consolen zu hängen, als darauf zu legen. Die Consolen, oder auch das Gebälk, die Decke etc., an welche eine lange Dampfleitung gehängt wird, dürfen endlich nicht ungleichmässig nachgeben.

Armaturbefestigung. Betreffs der Befestigung von Armaturen an Dampfkesseln ist zu erwähnen, dass es keinen unangenehmeren Fehler giebt, als wenn die Armaturflanschen direct an das Kesselblech geschraubt werden, wie z. B. in Fig. 18. Es muss dann jeder Schraubenkopf im Kessel einzeln gedichtet werden und es ist ein Zufall, wenn alle Schrauben dicht geworden sind und im Betriebe dicht halten. Wenn dagegen auch nur die Dichtung einer einzigen Schraube murrathen ist, oder im Laufe des Betriebes undicht wird, so ist dem Uebelstande nicht anders abzuhelpen, als dass der Kessel entleert und abgekühlt wird, nur um diese einzige Schraube zu dichten. Aber auch die Flanschdichtung selbst ist wegen der krummen und rohen Flächen schwierig und unsicher zu bewerkstelligen. Muss man dann solche Dichtung eine Zeit lang blasen lassen, dann wird, wie im Abschnitt 2 erörtert, das Kesselblech selbst angegriffen und zerstört. Diese Dichtungen benöthigen gewöhnlich auch eine häufige Erneuerung und verursachen damit unangenehme Zeitverluste und Kosten. Jeder Kesselbesitzer verwahre sich daher bei Uebnahme eines neuen Kessels vor solcher Construction. Für jedes einzelne Kesselarmaturstück muss am Kessel ein aufgenieteter Flanschstützen vorhanden sein, dessen freie Flansche eben und bearbeitet ist. Manche Kesselfabriken nieten gleich als Domdecke einen gusseisernen Boden ein (Fig. 19), an welchem ein genügender Vorrath von Stützen angegossen ist und alle zugleich abgedreht werden können. Diese Einrichtung verursacht der Fabrik wenig Arbeit und gewährt für die Verbindung der Armaturen die grösste Bequemlichkeit. Auch ein bearbeiteter Mannlochrand lässt sich in dieser Domdecke kostenlos mit einrichten. Wo es alte Kessel mit direct angeschraubten Flanschen giebt, da lasse man diese Flansche oder einen neuen Stützen nachträglich aufnieten. Gewöhnlich lassen sich die alten Schraubenlöcher gleich mit als Nietlöcher benutzen; nur stehen dieselben für Nietung zu weit, sodass zwischen je 2 Schraubenlöcher noch ein neues Nietloch gebohrt werden muss. Das Blech des Kessels muss gut an die Gusseisenflansche angerichtet und bei x (Fig. 20) angestemmt werden. Ist zu dieser Stemmarbeit nicht genügender Platz vorhanden, so wird eine Kupfer- oder Eisenplatte P zwischen Kesselblech und Stützen gelegt (Fig. 21) und diese von aussen nach beiden Seiten verstemmt. Es kommt aber auch vor, dass die alten Schraubenlöcher sehr gross, viereckig und ausgefressen sind und dass sie durch die Niete nicht

ausgefüllt, viel weniger gedichtet werden können. Dann wird das Blech mit diesen alten Löchern herausgeschnitten und ein Stutzen mit extra verbreiteter Flansche benutzt. Kleinere Stutzen, bis etwa 50 mm Weite, können auch aus einem Stück Gasrohr (Fig. 22) hergestellt werden, an welchem die Flansche T angelöthet und gestemmt ist, dessen anderes Ende aber mit Gasgewinde in das Kesselblech eingeschraubt wird. Das Gewinde kann etwas konisch geschnitten und mit etwas dünnem Mennigekitt bestrichen werden. In dieser Weise fest eingedreht, hält das Gewinde dicht. Werden die verschiedenen Stutzen am ganzen Kesselmantel vertheilt und in der Kesselfabrik fertig angenietet, so ist auf dem Transport Gefahr vorhanden, dass die abstehenden Stutzen beschädigt und zerbrochen werden. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, dieselben ganz niedrig zu machen, besonders aber den untersten (Wasserablasstutzen), so niedrig, dass nur die Schraubenköpfe genügend Raum zwischen beiden Flanschen haben (Fig. 23). Dann müssen aber die Schraubenlöcher nach einer Seite offen sein, weil die Schrauben nicht mehr von hinten eingesteckt werden können, sondern seitlich eingehängt werden müssen. Diese Stutzen empfehlen sich unten auch deshalb, weil der Ablasshahn weniger tief unter den Fussboden zu liegen kommt.

Armaturen. An den wichtigsten Constructionen der Armaturen mögen noch die am häufigsten vorkommenden Fehler besprochen werden.

Wasserstand. Eine sehr oft laut werdende Klage der Kesselwärter und Besitzer betrifft das Springen der Wasserstandsgläser. Die Gründe des Zerspringens sind von mancherlei Art. Es kann die Ursache in den Gläsern selbst liegen, wenn sie schlecht gekühlt sind und viel Spannung bei ihrer Herstellung erhalten haben. Gut gekühlte Gläser sind ausserordentlich dauerhaft und halten Jahre lang den Druck und den Temperaturwechsel des Kesselbetriebes aus. Da man aber den Gläsern im voraus nicht ansehen kann, ob sie gut oder schlecht gekühlt sind, so ist es zweckmässig, dieselben immer vor Zug und plötzlichem Temperaturwechsel von aussen her zu schützen. Zu dem Zwecke hat man das Glas mit einer Messinghülse umgeben, in welcher vorn nur ein schmaler Spalt gelassen ist. Diese Hülsen erschweren die Beobachtung des Wasserstandes und schützen dasselbe auch nur unvollständig. Besser sind jedenfalls solche Hülsen aus Glas, gewöhnliche Glasylinder, wie sie für Gaslampen benutzt werden. Diese Glasylinder werden in die Fassungen des Wasserstandsglases mit eingesetzt, zu welchem Zwecke diese Fassungen allerdings besonders construirt sein müssen. Um diesen Schutz auch bei alten, bestehenden Constructionen nachträglich anzubringen, kann sich der Kesselwärter selbst in folgender einfacher Weise helfen: Ein Glasylinder von pas-

sender Länge wird nach der Längenrichtung in zwei Hälften gespalten (was mit einem Stück glühender Holzkohle leicht zu machen ist). Diese beiden Cylinderhälften stellt man um das Wasserstandsglas herum und verbindet sie oben und unten durch kleine Blechreifen (Fig. 24), die vor dem Einziehen des Wasserstandsglases über dasselbe gesteckt waren. Uebrigens kann auch die hintere Hälfte des Schutzcyllinders durch eine solche Hälfte aus Blech ersetzt werden. Ist dieses auf der Innenseite weiss lackirt, so wird der Wasserstand sehr deutlich und klar sichtbar. Auch die Marke des niedrigsten Wasserstandes findet auf dieser lackirten Fläche in Form einer schwarzen Linie einen sehr guten Platz.

Von anderen Ursachen des Zerspringens der Wasserstandsgläser ist die ungenaue Ausrichtung der Glasfassungen hervorzuheben. Liegen die beiden Metallfassungen eines Glases nicht in einer geraden Richtung, so erfährt das Glas beim Anziehen der Dichtungsmuttern Biegungen und hat ähnliche Spannungen zu bestehen, wie wenn es schlecht gekühlt ist. Man überzeugt sich leicht von der richtigen oder falschen Stellung der Glasfassungen durch Visiren mit dem blossen Auge; wer darin weniger Uebung hat, bedient sich einer Schnur, die er an die Fassungen anlegt und damit möglichst rundherum geht. Es genügt aber nicht, dass die Fassungen im kalten Zustande des Kessels richtig stehen, es ist dies im Betriebe noch viel mehr nöthig und die Controle muss in beiden Fällen vorgenommen werden, denn die Biegungen der Wandungen, an welchem die Verbindungen des Wasserstandsglases angebracht sind, verändern die Stellung der Fassungen oft ganz wesentlich. In Fig. 25 ist z. B. der ebene vordere Stirnboden A eines Kessels mit dem Wasserstandsglase B und den Verbindungsrohren C skizzirt. Die punktirten Linien deuten die Lage dieser Theile an, wenn der Stirnboden des Kessels eine Durchbiegung erfahren hat, und machen es begreiflich, wie leicht ein Glas dadurch zerbrochen werden kann. Die Abweichung in den Fassungen wird um so grösser, je länger die Verbindungsrohre C sind, und ist dann auch für Abhilfe um so nothwendiger zu sorgen. Diese besteht einfach darin, die Entfernung der vorderen Rohrenden durch eine starre Verbindung zu fixiren; dadurch biegen sich die Rohre mit dem Kesselboden und die Glasfassungen bleiben unverändert. Diese Rohrverbindung E (Fig. 26 und 27) wird dicht hinter den Flanschen F angebracht und deshalb aus zwei Theilen hergestellt. Eine Verbindung nach Art der Fig. 28 findet man häufiger ausgeführt; dieselbe ist einfacher in der Construction, hat aber den Nachtheil, dass sie zwei Dichtungen extra benöthigt und nachgiebiger ist. Wenn der betreffende Stirnboden des Kessels nicht hinter Mauerwerk, sondern frei liegt, wie in Fig. 6, Taf 3, und dabei flach gewölbt oder sonst gut versteift ist, so müssen und können die

Verbindungsrohre kurz sein; sie ganz wegzulassen, also die Hähne direct an die Kesselwand zu schrauben, ist aber keinesfalls rathsam, da etwas Beweglichkeit in dem Kesselblech fast immer vorkommt. Eine gewisse Entfernung des Wasserstandsapparats vom Kessel ist aber auch erwünscht aus dem Grunde, damit beim Ausblasen der Hähne das Wasser nicht die vordere Stirnwand bespritze und beschmutze, die heisse Feuerthür nicht nass werde und zerspringe, Undichtheiten der Hähne nicht dieselben Uebelstände bewirken und dann vor allem, dass die Griffe der Hahnküken rundherum gedreht werden können. Es kommt oft genug vor, dass die Hähne eingeschliffen und einpolirt werden müssen, und diese Arbeit ist nur unvollkommen und schwierig auszuführen, wenn der Hahngriff nur soviel Platz hat, dass er um ein Stück hin- und hergedreht werden kann. Auch ist es lästig, wenn man beim Gebrauche der Hähne immer Vorsicht üben muss, damit man sich an der heissen Kesselwand nicht die Finger verbrenne.

Es ist zeitweise erforderlich, ein Wasserstandsglas herauszunehmen, entweder um es zu reinigen oder die schadhafte Dichtungen zu erneuern etc. Nicht wenig Kesselwärter sind unfähig, diese Arbeit vorzunehmen, ohne das Glas zu zerbrechen, und schlagen ein solches deshalb gleich von vornherein in Stücke, in der Meinung, dass es doch nicht anders möglich sei. Leute dieser Art dürfen nicht Kesselwärter sein, denn eine solche Arbeit ist durchaus nicht schwer. Kalt gewordene Gummidichtungen halten allerdings das Glas ausserordentlich fest, sodass es kaum loszubringen ist: deshalb muss man in solchem Falle das Glas nicht im kalten, sondern im warmen Zustande herausnehmen. Noch besser ist es, die Dichtung aus Asbestfasern herzustellen, welche man jederzeit mittels eines spitzen Hakens herausnehmen kann, wodurch das Glas frei wird. Die Hauptgefahr liegt aber in der Benutzung eines grossen Hammers und eines dicken Meissels zum Lösen der Stopfbüchsenringe: der erste Schlag zertrümmert das Glas. Zum Lösen hat man sich vielmehr eines besonderen Werkzeuges zu bedienen, bestehend aus einem gabelförmigen Keile, mit welchem man den Stopfbüchsenring hinter seinem Rande umfasst und ihn wie mit einem Hebebaume herauszieht, natürlich immer parallel mit der Richtung des Glases: dann kann man dasselbe auch nicht zerbrechen.

Der Einfachheit wegen ist für die beiden gesetzlich vorgeschriebenen Wasserstandsapparate eine gemeinschaftliche Verbindung derselben mit dem Kessel beliebt, für welchen Fall aber das Gesetz die Weite der Verbindung auf mindestens 60 qcm inneren, freien Querschnitt normirt. Diese Construction hat aber dann wenig oder keinen Zweck, wenn der Stirnboden, an welchem die Wasserstandsapparate befestigt werden, frei liegt, denn dann ist eine Einzelverbindung ebenso einfach. Wenn aber die Verbindungen mit der

Kesselwand innerhalb des Mauerwerks und theilweise im Feuer liegen und die Rohre das Gemäuer durchschneiden, dann ist eine solche gemeinschaftliche Verbindung zweckmässig. Dazu werden die weiten, ca. 90 mm Durchmesser haltenden Rohre aus Gusseisen gewählt, und diese sind stark und starr und zu den oben erwähnten Biegungen nicht geeignet. Deshalb ist es rathsam, nur das untere Rohr von der vorgeschriebenen Weite zu machen, da in den gesetzlichen Vorschriften auch nur von einem solchen Rohre die Rede ist. Das obere Dampfverbindungsrohr kann enger, von etwa 40 mm lichtigem Durchmesser und aus biegsamem Schmiedeeisen (Gasrohr) oder aus Kupfer sein.

Oft verbindet man diese Rohre, statt mit den eisernen Schienen E (Fig. 26 bis 28), mit gusseisernen Hohlkörpern (Fig. 29), in welchen sich der Wasserstand entsprechend demjenigen im Kessel einstellt und welche nun dazu dienen die eigentlichen Wasserstandsapparate aufzunehmen. Diese Construction sollte nur zugelassen werden, wenn beide Verbindungsrohre und auch der Körper selbst die Weite von mindestens 60 qcm Querschnitt haben, denn ist der Körper K enger, etwa 40 mm im Durchmesser, und es wird der Hahn a geschlossen und c geöffnet, um das Rohr r allein ausblasen zu lassen, so reisst der Dampfstrahl das Wasser in K in die Höhe und es tritt gleichzeitig Wasser aus dem Hahne c, sodass über den wahren Wasserstand Unsicherheit entstehen kann. Noch unzuverlässiger ist diese Einrichtung, wenn der zweite Wasserstandsapparat aus einem Paar Probirhähnen p und q besteht, bei welchem allein aus dem austretenden Dampf- oder Wasserstrahl auf den Wasserstand geschlossen wird.

Die Hähne sind an Wasserstandsapparaten ein nothwendiges Uebel; für den Wärter eine Last. Es verursacht Mühe, die Hähne stets in dichtem Zustande zu erhalten. Sollen sie gebraucht werden, dann sitzen sie häufig fest und sind erst zu lösen und zu lockern. Von dem häufigen Gebrauch der Muttern werden die Kanten derselben verdorben und können nicht mehr sicher gefasst werden. Die vielen verschiedenen Grössen der Muttern verursachen die Bereithaltung einer Reihe von Schraubenschlüsseln, aus welchen der richtige durch zeitraubendes Probiren und Suchen herausgefunden werden muss. Nicht selten fehlt es sogar ganz an den Schlüsseln und der Hahn wird, durch Schlagen mit dem Hammer auf den Griff aufgewürgt, wobei entweder der Griff abgebrochen, oder die Dichtungsfläche des Hahnes vollständig zerkratzt wird. Um dem Uebelstande mit den Mutterschlüsseln gründlich abzuhelfen, versehe man alle Kopfschrauben, z. B. d, e und f (Fig. 29) mit Querlöchern, dann hat man für alle, gleichviel welcher Grösse, nur einen einzigen einfachen Dorn, am besten aus ungehärtetem Stahl nöthig. Auch die Muttern der Hahnküken können mit solchen Querlöchern, Fig. 33, oder die Küken mit Kopfschrauben versehen werden in der

Weise, wie Fig. 30 darstellt, um in gleicher Weise mit demselben Dorn gehandhabt zu werden.

Damit die Hähne sich leichter in dichtem Zustande erhalten, hat man zweckentsprechende Constructionen dieser Hähne angestrebt und ausgeführt. Gewöhnliche Hähne, wie Fig. 30 und 33 — 34, sind im allgemeinen an 3 Stellen undicht, nämlich an beiden Kükenenden h und v — seitliche Dichtungen — und in der Mitte bei o (Figur 34) — Durchgangsdichtung. Bei den beiden Verbindungshähnen a und b (Fig. 29) ist die mangelhafte Durchgangsdichtung ohne Nachtheil, weil diese Hähne doch immer offen sind und nur ausnahmsweise kurze Zeit einmal geschlossen werden, während welcher eine mässige Undichtheit nicht störend ist. Dagegen sind die seitlichen Undichtheiten unangenehm. Diese sind aber gerade durch die Construction Fig. 31 leicht und sicher zu beseitigen, indem das Hahngehäuse auf einer Seite geschlossen ist, auf der anderen Seite aber durch eine weiche Stopfbüchsenpackung verschlossen wird, welche gleichzeitig das Küken in das Gehäuse drückt. An Stelle des dritten Hahnes c (Figur 29) hat diese Construction aber nur einen theilweisen Zweck, weil dieser Hahn immer geschlossen ist und deshalb auch in der Durchgangsdichtung gut schliessen soll. Hier ist aber ein gewöhnlicher Hahn leichter dicht zu halten, weil er zu jeder beliebigen Zeit herausgenommen (natürlich nachdem die Hähne a und b geschlossen sind) und in Stand gesetzt werden kann. Bei ganz schlechtem Wasser, wo die Instandhaltung dieses Hahnes zuviel Mühe verursachen würde, ist es auch gerathen, denselben gar nicht anzubringen, sondern an seiner Stelle eine einfache, senkrechte Oeffnung einzurichten, die mit einem Spunde aus weichem Holze verschlossen wird (Figur 35). Ein solcher dichtet unter allen Umständen sehr gut. Für den Gebrauch ist er natürlich zweckmässig mit einem seitlichen Griffe zu versehen und ausserdem thut man gut, immer, bevor man denselben öffnet, zuerst die beiden Verbindungshähne zu schliessen und dieselben auch erst wieder zu öffnen, nachdem der Spund eingesteckt ist.

Gewöhnliche Hähne, bei denen die Küken mit Schrauben fest zu ziehen sind, werden sehr häufig von ungeschickten Wärtern zu fest gezogen. Diesen Nachtheil haben die Hähne System Klein (Firma: Klein, Schanzlin & Becker in Frankenthal) nicht, welche, wie in Fig. 36 gezeichnet, durch den Dampfdruck selbst in das Gehäuse gedrückt werden; die Dichtungsflächen werden deshalb viel weniger leicht verdorben. Sie haben gleichzeitig theilweise den Vortheil der Construction Fig. 31, indem das Gehäuse auf einer Seite nicht offen ist. Statt der Hähne hat man auch kleine Ventile benutzt, die, wenn das Wasser keine groben resp. faserigen Bestandtheile enthält, den Hähnen in Fig. 31 gleichwerthig sind; jedoch müssen sie so eingerichtet sein, dass sie mit

einer halben Umdrehung auf und zu sind und nicht ein längeres Hin- und Herschrauben benöthigen. Die Construction fällt aber mit Ventilen nicht ganz so einfach aus wie mit Hähnen.

Die Hähne an Wasserstandsapparaten dürfen keineswegs zu klein und schwach sein, denn je kleiner der Hahn ist um so schwerer ist er dicht zu erhalten, und um so schneller verdirbt er. Der mittlere Durchmesser des Hahnkübens sollte nicht kleiner sein als 25 mm. Der Holzgriff ist auf eine angegossene Angel wie in Fig. 30, oder nach Fig. 24 auf eine eingietetete eiserne Angel von mindestens 8 mm Dicke zu schieben. Die Löcher in den Küben sind langrund zu machen, damit bei eintretender Abnutzung nicht gleich eine Verengung des freien Durchganges entsteht, denn zum gelegentlichen Nachfeilen fehlt es nicht selten an Verständniss, Aufmerksamkeit, an Geschicklichkeit und Werkzeug. Die Löcher sind in das Küben alle in der Richtung des Griffes durchzubohren, damit es auffallend ersichtlich ist, ob ein Hahn offen oder geschlossen steht.

Weniger schwierig ist es, die Dichtungen des Glases bei o und u (Figur 24) in gutem Zustande zu erhalten, weil das Glas nicht bewegt wird. Jedoch tritt dort eine andere Unannehmlichkeit auf. Gewöhnlich wird daselbst als Dichtungsmaterial Gummi benutzt, welches in der Wärme sehr weich wird, sich neben dem Glase hinausquetscht und vor dem Ende des Glases zusammenballt, auf welche Weise es nur zu leicht das Glas verstopft und Täuschungen über den richtigen Wasserstand verursacht. Dagegen giebt es nur die Vorsicht, die Dichtungsschrauben ganz leicht anzuziehen, wenn anfangs auch die Dichtung nicht gleich vollständig gelingt; erst wenn nach vollständigem Erwärmen des Gummis die Packung nicht von selbst dicht wird, ist die Schraube vorsichtig nachzuziehen. Noch sicherer ist es aber, statt Gummi lockere Fasern von Asbest zu benutzen, welcher sich bei dieser Temperatur nicht verändert und eine dichte Packung abgiebt. Solche Packung muss aber sorgfältig eingelegt werden, damit sie rundherum gleichmässig vertheilt und das Glas nicht einseitig gedrückt wird, weil es sonst in Berührung mit dem heissen Metall kommt und zerspringt.

Probirhähne sind insofern unvollkommene Wasserstandsapparate, als ein Hahn nur Aufschluss giebt, ob das Wasserniveau darunter oder darüber liegt. Zweckmässig ist dagegen die Construction eines Probirhahnes, welcher die genaue Lage des Wasserspiegels angiebt, wie ein solcher im Pract. Masch.-Constr. Jahrg. 1882, Seite 113, beschrieben ist.

Eine practische Vorrichtung an Stelle eines gewöhnlichen Probirhahnes, wenn bei schlechtem Wasser letzterer schwer dicht zu halten ist, zeigt Figur 32, eine Art Klappenventil mit Gewichts- und Hebelbelastung von Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover. Die weiche Dichtungsplatte i kann, wenn nöthig, jederzeit leicht erneuert werden.

Unzweckmässig ist es aber, wenn man, wie es in dem betreffenden Circular angegeben ist, das Gewicht nur etwas anhebt, denn dann bläst das Wasser rundherum, besonders rückwärts zwischen den Scharniertheilen durch, beschmutzt die Umgebung und belästigt den Wärter. Es ist besser, den beweglichen Ventiltheil ganz zurück zu drehen, damit der Strahl voll und frei ausblasen kann, dann lässt er auch am deutlichsten erkennen, ob er aus Wasser oder Dampf besteht.

Trotz der besten Vorrichtungen zur Erkennung des Wasserstandes kann es vorkommen, dass Wasser im Kessel mangelt, denn es ist nicht ausgeschlossen, dass der Wärter bei seinem Dienste einschläft, oder dass das Wasser irgend einen plötzlichen, unvermutheten Ausweg findet u. dergl. m. Deshalb sind auch selbstthätige Apparate construirt worden, welche bei eintretendem Wassermangel der Gefahr vorbeugen. Dahin gehört bei Flammrohrkesseln der Schmelzpfropfen in der Feuerplatte, welcher aus Blei besteht und etwas früher vom Wasser entblöst wird als die Platte; nachdem er geschmolzen ist, bläst das Wasser ins Feuer und verlöscht dasselbe. Diese Einrichtung leidet an der Unvollkommenheit, dass sie nur für Flammrohrkessel zweckmässig ist und dass der Kessel nach einem solchen Falle vollständig entleert und abgekühlt werden muss, damit der Bleipfropfen wieder eingesetzt werden kann. Auch wird der Pfropfen bei schmutzigem Wasser von innen incrustirt, zu wenig gekühlt und schmilzt dann zur Unzeit.

Diese Uebelstände beseitigt die bekannte Black'sche Sicherheitspfeife, welche nach Schmelzen des Pfropfens durch einen Hahn abgeschlossen und mit einem neuen Pfropfen versehen werden kann, ohne den Betrieb im mindesten zu stören. Diese Pfeifen geben durch den ausströmenden Dampf ein lautes Signal, welches hinreicht, einen schlafenden Wärter zu wecken und andere Leute auf die Gefahr aufmerksam zu machen. Uebrigens könnte, wenn es in besonderen Fällen wünschenswerth erschiene, der ausblasende Dampf auch noch in das Feuer geleitet werden, um dieses zu löschen.

Von den neueren Alarmapparaten ist der „Control- und Sicherheits-Apparat“ für Dampfkessel und Dampfkocher von Richard Schwartzkopff in Berlin anzuführen, welcher einen allgemeineren Zweck verfolgt, nämlich, ein hörbares Signal auf jede beliebige Entfernung vom Kessel zu geben 1., wenn während des Betriebes der Wasserstand zu tief sinkt (Controle für die Wasserstandsvorrichtungen am Kessel); 2. wenn beim Anheizen nicht Wasser genug im Kessel ist, wodurch schon öfters Kessel ausgeglüht und verdorben worden sind (ein selbstthätiger Alarmapparat für diesen Zweck war noch nicht bekannt); 3. wenn zu hohe Dampfspannung eintritt (Controle für Manometer und Sicherheitsventil); 4. wenn ein Siedeverzug vorkommt, welcher speciell bei Dampfkochern möglich ist.

Der Apparat besteht aus zwei concentrischen Metallrohren a und i (Fig. 1, Taf. 4), von denen das innere unten geschlossen, oben offen, das äussere oben durch Zusammenlöthen mit dem inneren geschlossen, unten aber offen ist. Das äussere Rohr a wird von oben dampfdicht in den Kesselmantel eingeschraubt, resp. mit einer Flansche auf demselben befestigt und reicht bis zum niedrigsten Wasserstande in den Kessel hinein. Das innere Rohr i ist so lang, dass es bis in die Nähe der höchsten feuerberührten Theile herunterreicht. Solange genügend Wasser im Kessel vorhanden ist, wird der obere Theil der Rohre verhältnissmässig kühl gehalten, mag sich in dem oberen ringförmigen Raum Luft oder aber nach Absorption derselben Wasser befinden. Sobald jedoch das Wasser unter die tiefste zulässige Grenze zu sinken beginnt, fällt die Wassersäule aus dem durch die beiden Rohre gebildeten ringförmigen Raume in den Kessel zurück, Dampf tritt in den Ringraum ein und erhitzt in wenigen Secunden beide Rohre bis oben hinauf fast bis auf die Temperatur des Kesseldampfes. Um die Höhe des Apparates zu verringern und trotzdem, solange kein Wassermangel im Kessel ist, den oberen Theil der Rohre verhältnissmässig kühl zu halten, ist das äussere Rohr a (Figur 2) auf eine gewisse Länge unterbrochen und durch ein Rohr c die Verbindung zwischen den getrennten ringförmigen Räumen hergestellt. — Das innere Rohr i ist bestimmt zur Aufnahme von zwei, bei bestimmten Temperaturgraden schmelzenden Legirungsringen l und l₁, die, jeder für sich, durch ihr Schmelzen zwei bis dahin isolirte Metalldrähte in Contact bringen und auf diese Weise ein elektrisches Lätewerk oder einen anderen zweckentsprechenden Apparat in Thätigkeit setzen. Diejenige Legirung, welche zum Anzeigen des Wassermangels während des Betriebes dient und die bei einer Temperatur von 100° C. schmilzt, befindet sich im oberen Theile des inneren Rohres i; sie schmilzt, sobald sich der ringförmige Raum mit Dampf gefüllt hat. Die andere Legirung, welche die im Kesselwasser oder im Kesselinernen überhaupt herrschende Temperatur controliren soll, liegt nahe dem Boden des Rohres i und schmilzt bei einer Temperatur, welche wenig höher ist als die dem höchsten zulässigen Druck entsprechende Temperatur. In beiden Fällen findet die Uebertragung der Wärme durch das Metallrohr auf eine metallene Hülse und von dieser direct auf die Legirung statt, welche die Form eines geschlitzten Ringes hat. In das Rohr i werden von oben 2 Metalldrähte d und d₁, die zur Verhütung von Oxydation vernickelt oder platinirt sein können, eingeführt. Diese Drähte sind durch kolbenähnliche Isolatoren m, am besten aus Serpentin gefertigt, gehindert, einander zu berühren. An der Stelle, wo die Drähte d und d₁ das Rohr i verlassen, werden dieselben mit 2 anderen, zu einer elektrischen Batterie und zu einem Lätewerk führenden Leitungsdrähten verbunden. An diesen im Rohr

i befindlichen Drähten sind in geeigneter Weise oben und unten kolbenähnliche isolirende Schälchen s und s_1 , aus Serpentin oder einer anderen die Elektrizität schlecht leitenden Masse gefertigt angebracht, welche die in der Zeichnung angedeutete trichterförmige Form haben und die zum Tragen der vorhin erwähnten Legirungsringe l und l_1 dienen; diese Serpentin Kolben s und s_1 werden von einer metallenen Hülse k und k_1 umfasst, welche sich eng an die Wandung des inneren Rohres i anlegt, um eine möglichst vollkommene Wärmetransmission für die Legirungsringe zu erreichen.

Sobald nun durch eine der vorhin erwähnten Ursachen eine der beiden Legirungen geschmolzen ist, ergiesst sich das Metall in den trichterförmigen Raum, stellt den Contact zwischen den Drähten her und setzt ein Lätewerk in Bewegung. Je ein auf den Drähten verschiebbarer Kolben n oder n_1 wird zum Theil in die Hülse k resp. k_1 geschoben, um den Legirungsring gegen atmosphärische Luft zu schützen, in welcher er mit der Zeit eine chemische Veränderung erleiden und seinen Schmelzpunkt verändern könnte. Die Bedienung des Apparates nach erfolgtem Functioniren geschieht ohne jede Störung des Betriebes in der Weise, dass die beiden Drähte d und d_1 , an denen die Schälchen nebst Kupferhülse und Legirungsring befestigt sind, aus dem Rohr i nach oben herausgezogen werden, der flüssige Inhalt (nach Anheben der Kolben n und n_1) aus dem Schälchen ausgegossen und wieder ein entsprechender Legirungsring eingelegt wird. Ebenso lässt sich das Innere des Apparates jederzeit herausnehmen und besichtigen und durch verbindende Berührung beider Leitungsdrähte lässt sich der ordnungsmässige Zustand des Apparates sehr leicht prüfen, indem dadurch die elektrischen Glocken ertönen müssen.

Sicherheitsventil. Ein Armatuurtheil, der in ausserordentlich vielen Fällen sich nicht in gehörigem Zustande befindet, ist das Sicherheitsventil, wovon zumeist dessen Constructionsängel die Ursache sind. Der Fehler, welcher am Sicherheitsventil am häufigsten vorkommt, besteht in Undichtheit desselben. Das Ventil bläst entweder bei den verschiedensten Spannungen mehr oder weniger ab, oder es hält im allgemeinen dicht, bläst aber nicht bei der concessionsmässigen, höchsten Dampfspannung, sondern etwas früher oder später ab. Dann kommt es auch vor, dass das Ventil nach einmaligem Abblasen nicht wieder dicht schliessen will, oder von selbst überhaupt nicht wieder zufällt, oder dass es weit über dem höchsten Drucke noch nicht geöffnet hat, bis es plötzlich gewaltsam herausgeschleudert wird und durch die momentane Entlastung einer Stelle eine rapide Dampfentwicklung innerhalb der ganzen Wassermasse auftritt; diese wird dadurch mit Vehemenz gegen die Kesselwandungen geschleudert, welche dem Anprall nur zu leicht nachgeben und eine Explosion entstehen lassen. So kann das

Sicherheitsventil seiner Bestimmung direct entgegen wirken. Solche Mängel können durch folgende, hauptsächlichste Constructionsfehler verschuldet werden.

Die Dichtungsflächen des Ventiles können zu breit sein. Das ist gewöhnlich der Fall bei den Ventilen mit kegelförmiger Sitzfläche a (Fig. 37, Taf. 3), welche ausserdem nicht so genau zusammengepasst werden können. Die Dichtungsflächen drücken sich bei solcher Form weniger kräftig und innig aneinander; der Dampf tritt infolge dessen stellenweise dazwischen und die Dichtungsfläche wirkt theilweise mit als Druckfläche, sodass das Ventil früher abbläst, als es der eigentlichen Druckfläche entspricht. Die Dichtungsflächen sind aus diesem Grunde am besten eben zu machen, wie in Fig. 38, Taf. 3, und nicht breiter als 2 mm zu dimensioniren.

Manche Ventile werden nach Fig. 37 construirt, indem der Belastungshebel auf eine mittlere Warze b drückt. Diese Warze ist nicht selten oben gerade und eben begrenzt und es ist ein Zufall, wenn der Hebel central drückt; gewöhnlich wird der Hebel auf einer Seite der Warzenkante aufliegen und nicht in der Mitte, sondern beispielsweise auf die hintere Hälfte weniger drücken, weshalb das Ventil hier vorzeitig abblasen muss. Die Ventilwarze b soll deswegen genau halbkugelförmig abgedreht sein, wie in Fig. 38 gezeichnet. Trotzdem ist immer noch schiefer Druck möglich und sogar häufig, z. B. wenn der Hebel nicht genau horizontal liegt, oder wenn seine Auflagestelle krumm oder schief ist. Etwas Aehnliches tritt ein, wenn der Hebel seitlich nicht genau über die Ventilmitte hinweg geht und einseitig drückt; es lässt sich dann aber immer der Bock c so drehen, dass der Hebel die richtige Lage erhält. Ist bei dieser Drehung die Gabel d hinderlich, so muss sie der neuen Hebellage entsprechend abgeändert werden. Oft wird allein durch diese Gabel der Hebel einseitig gedrängt und muss auch dann die Gabel passend erweitert, gebogen oder versetzt werden. Diese Gabel soll überhaupt nicht den Zweck haben, den Hebel zu führen, sondern sie soll nur zufällige, seitliche Stösse unschädlich machen. Deshalb kann und soll der Hebel in der Gabel allseitig reichlich Spielraum haben, sonst ist er Reibungen und Klemmungen ausgesetzt. Man findet die Gabeln theils oben offen, Fig. 39, theils geschlossen ausgeführt (Fig. 40). Die geschlossene Gabel hat den Vortheil, dass die beiden Gabelhälften gegeneinander versteift werden und weder durch Absicht noch durch Zufall leicht zusammengebogen werden können, wodurch sonst eine Festklemmung des Hebels und eine nicht auffällige Ueberlastung des Ventiles zu bewerkstelligen ist. Der obere Steg e dieser Gabel kann allerdings auch benutzt werden, um Absteifungen des Hebels darunter zu verstecken; deshalb ist er dreikantig zu gestalten (Fig. 38).

Der ganze Hebelmechanismus mit dem Bock und der Gabel soll überhaupt recht kräftig und widerstandsfähig hergestellt werden, um allen zufälligen und absichtlichen Veränderungen möglichst vorzubeugen. Besonders bei den Constructionen Fig. 37 und 38 ist es leicht, durch Verbiegen des Bockes das Hebelverhältniss wirksam zu verändern, wobei die Absichtlichkeit einer solchen Veränderung nicht nachgewiesen werden kann. Deshalb ist es zweckmässig, den Hebelbock und die sog. Führungsgabel mit dem Ventilsitz in einem Stücke herzustellen.

Eine andere sehr gebräuchliche und verbreitete Construction der Sicherheitsventile ist in Fig. 41 dargestellt, wobei der Hebel mittels eines Druckstiftes *f* sich auf das Ventil stützt. Diese Construction hat den Vortheil, dass der Stützpunkt des Hebels immer genau centriert ist und bleibt und durch Verbiegung des Bockes keine Ueberlastung des Ventiles herbeigeführt werden kann. Eine solche Veränderung hat dann vielmehr den Erfolg, dass der Stift *f* in eine schiefe Stellung kommt, infolge dessen nur ein Theil des Hebeldruckes senkrecht auf das Ventil wirkt und dieses nicht später, aber früher abbläst. Die Einrichtung hat aber auch den Nachtheil, dass man den Druckstift *f* sehr häufig ohne besonderes Verschulden der Kesselwärter schief findet und diese dann glauben, es sei erlaubt, so viel Belastung nachträglich aufzulegen, bis das Ventil dem gehörigen Drucke das Gleichgewicht hält.

Die bisher genannten Constructionen haben alle noch den Nachtheil, dass der Druckpunkt des Ventils über der Dichtungsfläche liegt, wodurch allzu leicht Kippen entsteht, umsomehr, je höher die Warze ist und je schiefer der Druckstift *f* steht. Dazu kommt häufig auch noch der Nachtheil, dass die Führung des Ventiles zu kurz gemacht wird. Je länger die Führung ist, um so weniger nachtheilig ist der schiefe, kippende Belastungsdruck; die Führung sollte daher nie kürzer sein als ihr Durchmesser. Aber nicht nur die Führungsrippen des Ventiles müssen diese Länge haben, sondern natürlich auch die cylindrische Führungsfläche des Sitzes.

Der schiefe, kippende Druck ist aber auch überhaupt zu umgehen dadurch, dass der Stützpunkt des Hebels nicht über die Dichtungsfläche, sondern in oder noch unter dieselbe verlegt wird, wie Fig. 42 zeigt. Werden ausserdem die Scharniere des Hebels durch Schneiden ersetzt, wie in derselben Figur gezeichnet, so entfallen auch die Reibungen der Bolzen und endlich können, wie gezeichnet, durch passende Biegung des Hebels alle Schneiden in eine horizontale Ebene gebracht werden. Diese Construction kann daher unter allen Hebelventilen als die beste bezeichnet werden.

Um jeder Klemmung mit möglicher Sicherheit vorzubeugen, ist noch stets darauf zu achten, dass die Dichtungsflächen immer recht genau horizontale, die Führungen also immer senkrechte Lage haben.

Die Umstände, welche eine Veränderung dieser anfänglich richtigen Lage bewirken, sind: Neigung des ganzen Kessels, schiefes Anziehen der Flanschverschraubungen mit weichen Dichtungen und allmähliches Schiefziehen dieser Packungen durch das weit ausgeladene Belastungsgewicht.

Das Ventil soll so eingerichtet sein, dass es nöthigenfalls einmal auf seinem Sitze hin- und hergedreht werden kann, und ist zu diesem Zwecke ein Loch *g* (Fig. 42) am zweckmässigsten, in welches derselbe Dorn gesteckt werden kann, mit dem in schon erörterter Weise die Muttern der Hähne und dergl. gedreht werden sollen.

Bisher ist nur von sogenannten offenen Sicherheitsventilen die Rede gewesen. Eine andere sehr verbreitete Art sind die geschlossenen Sicherheitsventile (Fig. 43) sowohl mit vollständig verschlossenem Hebelmechanismus (s. linke Seite) als auch nur mit geschlossenem Ventilgehäuse (s. rechte Seite). Für diese Constructionen gilt dasselbe wie für die offenen Ventile; sie haben aber gegen letztere noch verschiedene Nachtheile. Die Dichtungsfläche des Ventiles liegt nicht frei und sichtbar, entstehende Undichtheiten werden weniger leicht bemerkt und es ist nicht zu ersehen, an welcher Stelle und in welcher Weise das Ventil undicht ist, um danach Abhilfe zu treffen, was bei offenen Ventilen oft gleich während des Betriebes geschehen kann. Auch lassen sich absichtliche Absteifungen und Belastungen in dem geschlossenen Gehäuse anbringen, die bei einer Revision kaum zu bemerken sind. Der grösste Nachtheil der geschlossenen Ventile besteht aber darin, dass der Verbindungsbolzen *h* durch das Gehäuse treten muss. Um den allseitigen Schluss des Ventiles zu wahren, wird die dafür nothwendige Oeffnung möglichst eng an den Bolzen anschliessend ausgeführt, sodass dieser beim Drehen um einen nahen Punkt *i* in der Oeffnung klemmen muss. Deshalb findet man die Einrichtung manchmal dahin abgeändert, dass der Bolzen in der Oeffnung gerade geführt und dafür der Drehpunkt mittels des Gelenkes *k* schwingend gemacht wird (s. linke Seite Fig. 43). Aber in die Führung setzt sich Staub, welcher sehr stark hemmt, oder der Bolzen rostet auch vollständig ein, und das Ventil wird dadurch ganz unbeweglich. Sind solche Ventile an Dampfkesseln vorhanden, so ist es rathsam, die Oeffnung für den Verbindungsbolzen reichlich weit zu machen und event. den Drehbolzen des Hebels unverrückbar fest zu stellen.

Am zuverlässigsten werden alle die gerügten Uebelstände beseitigt durch Cario's Sicherheitsventil, welches in No. 24 des Jahrganges 1882 des Pract. Masch.-Constructeur beschrieben ist.

Speiseventile. Jeder Kessel muss den gesetzlichen Bestimmungen gemäss ein sog. „selbstthätiges“ Speiseventil haben, welches durch den

Druck des Kesselwassers ohne jedes weitere Zuthun geschlossen wird. Daraus geht zunächst hervor, dass ein solches Ventil derart angeordnet sein muss, dass der Raum A über dem Ventilkegel (Fig. 8, Taf. 4) mit dem Kessel, der Raum B unter dem Ventilkegel mit der Pumpe verbunden ist. Wer aber weiss, wie unsicher es oft ist, ein Handabsperrventil dicht zu schliessen, wird sich klar darüber sein, dass ein selbstthätiges Ventil ganz unzuverlässig und daneben immer noch ein Handabsperrventil erforderlich ist. Der wirkliche Zweck des selbstthätigen Speiseventils ist daher nur auf wenige Fälle beschränkt. Diese Fälle sind hauptsächlich folgende: 1. Die Speiseleitung könnte defect werden und der Kessel infolge dessen einen wesentlichen Theil des Wassers unbemerkt abblasen, wodurch die Gefahr des Wassermangels nahe liegt. 2. Das Wasser könnte aus einem Kessel in einen an derselben Speiseleitung liegenden zweiten Kessel gedrückt werden, wenn dieser mit geringerer Spannung arbeitet. 3. Die Ventile der Speisepumpen könnten versagen (nicht schliessen) und das Kesselwasser durch die Pumpe zurück in das Wasserreservoir treten. Dieser letztere Umstand kann aber am selbstthätigen Speiseventil auch vorkommen und bietet es deshalb für alle die genannten Fälle auch keine unbedingte Sicherheit; man kann nur annehmen, dass ja in den allerseltensten Fällen alle functionirenden Theile gleichzeitig versagen werden. Da es aber oft genug vorkommt, dass das selbstthätige Speiseventil auch einmal versagt, nachgesehen und in Ordnung gebracht werden muss, so müsste deshalb jedesmal der Kessel abgeblasen werden, wenn das Ventil geöffnet werden soll. Daher ist es wichtig, die beiden Speiseventile so anzuordnen, dass das Handabsperrventil zuerst am Kesselstutzen befestigt und an dieses das selbstthätige Ventil geschraubt wird, an welches sich die Speiseleitung anschliesst (s. Fig. 44, Taf. 3). Wenn das erste Ventil abgesperrt ist, so ist das zweite zugänglich. Liegen noch mehr Kessel an derselben Speiseleitung, so stören diese die Arbeit an dem einen Ventile nicht, weil aus ihnen kein Wasser in die Speiseleitung zurück kann. Nur wenn die Reparatur an dem betreffenden Ventile soviel Zeit beansprucht, dass inzwischen die Speisepumpe arbeiten muss, ist die Leitung an dem zu reparirenden Ventile mit einer Blindflansche abzusperren.

Kann das Versagen eines selbstthätigen Speiseventils manchmal folgenschwer sein, so ist aller Grund vorhanden, das Ventil so zu construiren, dass ein Versagen möglichst ausgeschlossen ist. Verursacht wird letzteres besonders durch kurze und klapperige Führungen, welche leicht festklemmen. Begünstigt wird das Klemmen noch durch den seitlichen Druck des zurückwirkenden Wassers auf das im Schliessen befindliche Ventil bei Constructionen wie in Fig. 10, Taf. 4. Das aus dem Kessel zurücktreibende Wasser drückt, wie der Pfeil andeutet, seitlich gegen den Ventilkegel, welcher nur noch kurz geführt ist, sodass der-

selbe kippen und klemmen muss, zumal wenn die Führung schon weit und ausgenutzt ist. Besser ist deshalb die Construction Fig. 8, bei welcher der Kegel oben geführt wird, wo das Wasser zurücktreibt, und wobei die Führung auch nicht durch das Hochheben verkürzt wird. Lange Führungen erhält man besonders durch oben und unten (doppelt) geführte Ventilkegel (Fig. 9). Werden die Ventile mit dem Sitze im Gehäuse vertieft, wie die Fig. 11 z. B. für ein Eckventil andeutet, so kann auch das zurückwirkende Wasser nicht seitlich und klemmend auf das Ventil drücken. Bei den geraden — Durchgangsventilen — Fig. 10 ist Vertiefung im Gehäuse nicht möglich und Doppelführung daher um so nothwendiger.

Ein weiterer und fast noch unangenehmerer Grund zum Versagen des Speiseventils ist das Zwischensetzen von Unreinigkeiten. Dagegen lässt sich nichts weiter thun, als die Dichtungsfläche des Ventiles recht schmal, resp. als scharfe Kante auszuführen, welche körnige und sandige Unreinigkeiten bei Seite schiebt, Faserstoffe aber auch durchschneiden kann. Allein auch wenn sich Schlamm und Stein an den Wänden des Ventilgehäuses ansetzt und den Durchgang für das Wasser verengt, wird die Wirkung des Ventiles beeinträchtigt, was sich durch starkes Schlagen in der Speiseleitung bemerkbar macht; auch bleibt infolge solchen Schlammes der Ventilkegel oft in offener Stellung hängen. Bei schlammhaltigem Wasser giebt es daher genug Veranlassung, das Speiseventil recht oft nachzusehen, und damit dies ohne Schwierigkeit geschehen kann, muss die Disposition des Ventiles passend getroffen werden. Es darf dasselbe deshalb nicht in engen, mühsam zugänglichen Winkeln oder Löchern aufgestellt werden, wie z. B. unter dem Feuerrost, zwischen Asche und Schlacken, wie es bei Unterkesselconstructions häufig genug gefunden wird. Auch findet sich das Ventil am hinteren Ende des Unterkessels vor, in einer schmalen Schlucht zwischen Kessel- und Gebäudewand. Der freieste Platz ist jedenfalls oben auf dem Kessel, nicht nahe am heissen und beengenden Dampfdom oder anderen Garniturtheilen.

Ablassventile. Schwieriger noch als bei den Speiseventilen liegen die Verhältnisse bei den Wasserablassventilen, durch welche immer die im Kessel befindlichen Unreinigkeiten abfließen müssen, und zwar in viel concentrirter Form als durch das Speiseventil. Solche Unreinigkeiten bleiben unter dem Ventil sitzen und verhindern ein dichtes Abschiessen. Durch festes Zudrehen verderben dann auch noch die Dichtungsflächen. Diese sind aus demselben Grunde wie bei dem Speiseventile, recht schmal resp. scharfkantig auszuführen. Es werden statt der Ablassventile vielfach Ablasshähne angewendet, weil bei diesen weniger leicht Unreinigkeiten zwischen die Dichtungsflächen gerathen. Das ist bei Hähnen aber nur zu vermeiden, wenn sie vorzüglich in der Schmierung erhalten werden, und eignet sich

dazu am besten eingedicktes Mineralöl, welches mit Graphit noch dicker gemacht werden kann.

Ein Uebelstand bei Ablassventilen oder Hähnen ist ferner die Verbindung derselben mit dem Kessel, und zwar ist diese am unangenehmsten, wenn sie theilweise oder ganz im Feuerzuge liegt. Ist das der Fall, so muss das Verbindungsrohr extra auf der Länge, welche im Feuerzuge liegt, gut eingemauert werden, damit der Schlamm in demselben nicht festbrennt, weil es sich sonst sehr leicht verstopft. Ausserdem muss aber der Ablasshahn täglich einmal geöffnet werden, damit der Schlamm darin sich mit der Zeit nicht fest setzen kann und das Rohr verstopft. Ein solches Verbindungsrohr darf aber innerhalb der Kesselmauerung keine Schraubendichtung haben, weil diese zu unzuverlässig ist und der Hitze nicht widersteht. Das Rohr muss vielmehr direct an den Kessel genietet und gestemmt werden und so lang sein, dass es aus dem Gemäuer herausragt, wo der Hahn angeschraubt wird (Fig. 12, Taf. 4). Dabei ist aber darauf zu sehen, dass das Rohr an der Stelle, wo es durch die Mauer geht, nicht zu fest gelagert wird, denn der schwere Kessel kann sich wohl soviel senken, um auf das Rohr einen grösseren Druck auszuüben, als dieses ertragen kann und daher es abbrechen. Man lasse deshalb unter dem Rohre in der Mauerung einen genügenden Spielraum s. Auch kann man Kupfer zu diesem Rohre nehmen, welches biegsam ist und nicht so leicht bricht. Liegen die Kessel mit ihrer Ablassstelle frei (Fig. 32, Taf. 1), so ist nur ein angenieteteter Stutzen erforderlich; ein gerader Stutzen ist noch besser als ein Kniestutzen.

Ablasshähne werden oft zu eng resp. klein gemacht, und nimmt dadurch das Wasserablassen recht unbequem viel Zeit in Anspruch. Der Durchgangsquerschnitt einer Ablass-einrichtung sollte mindestens 20 qcm sein, bei grösseren Kesseln, d. h. solchen mit bedeutendem Wasserinhalt, auch bis 30 qcm.

Die Dampfabsperrentile erfüllen in den meisten Fällen ihren Zweck recht schlecht. Es kann wohl behauptet werden, dass es ein vollständig gut und dicht abschliessendes Ventil überhaupt nicht giebt, und wenn es wirklich einmal sauber eingedichtet wird, so ist dieser Zustand nur von kurzer Dauer. Wenn man also auch mit den Dampfabsperrentilen unvollständiges Dichthalten mit in den Kauf nehmen muss, so hat man doch das Augenmerk darauf zu richten, dass sie annähernd dicht halten und solchen Abschluss immer mühelos bewirken lassen. Ein entschiedener und nicht zu dulddender Fehler ist es, wenn ein solches Ventil mehreremal wieder auf- und zugeschraubt werden muss, bis es zufällig leidlich schliesst. Soweit die Construction in Betracht kommt, ist dabei Folgendes zu beachten: Die Dampfabsperrentile werden häufig so construirt oder derart angebracht, dass der

Dampfdruck sie zu öffnen bestrebt ist, sodass die Schraubenspindel diesem ganzen, oft bedeutenden Dampfdrucke widerstehen muss und in ungünstiger Weise auf Zerknicken beansprucht wird, weshalb sie so fest zu schrauben ist, dass noch ein genügender, schliessender Ueberdruck entsteht. Wenn nun ein solches Ventil nicht sehr sorgfältig und sachverständig gearbeitet ist, so wirkt der Druck der Schraubenspindel gewöhnlich excentrisch oder schief auf den Ventilkegel, wodurch genau wie bei den Sicherheitsventilen ein allseitig dichter Schluss nicht möglich ist. Zudem kann es sich immer ereignen, dass die Schraubenspindel unter der grossen Belastung bricht, das Ventil auffliegt und der ausströmende Dampf nicht nur Unheil anzurichten Gelegenheit findet, sondern der entstehende Stoss auch dem Dampfkessel gefährlich werden kann. Dieser Fall liegt noch viel näher, wenn die Ventilschraubenspindel aus Eisen besteht und deshalb dem Rosten und Zerknischen ausgesetzt ist. Alle solche Spindeln sollten bei Dampfkesseln unbedingt aus Messing hergestellt werden. Ferner ist es viel richtiger, wenn der Dampf von oben schliessend auf den Ventilkegel drückt, denn dieser drückt mathematisch genau gleichmässig auf; auch kann dann niemals ein Bruch entstehen, in Folge dessen das Ventil auffliegt. Die Schraubenspindel muss an dem Ventilkegel überhaupt nicht befestigt, sondern nur angehängt sein und muss allseitig Spielraum an der Hängestelle haben, damit diese nicht etwa ein gleichmässiges Andrücken durch den Dampf verhindert. Die Schraubenspindel soll überdies mit einem Konus C (Fig. 13 Taf. 4) versehen sein, welcher sich beim Öffnen gegen den Grundring der Stopfbüchse legt und diese von innen her abdichtet, damit die Stopfbüchse nöthigenfalls auch während des Betriebes nachgedichtet werden kann.

Manometer. Von den Manometern sei hier nur bemerkt, dass heutzutage fast ausschliesslich noch Federmanometer angewendet werden. Nicht etwa, weil dieselben zuverlässiger wären, denn, im Gegentheil, die Quecksilbermanometer sind unstreitig am zuverlässigsten; sie bedürfen nur einer etwas geschickteren und kundigeren Behandlung als die Federmanometer. Während letztere jedoch die nicht zu beseitigende Eigenschaft haben, dass sich die Feder, zumal in der Wärme, verändert, kann das Gewicht des Quecksilbers sich niemals ändern. Die Construction der Federmanometer zu beschreiben ist hier nicht der Ort, dagegen mag die Construction der Quecksilbermanometer hier so weit erörtert werden, als nothwendig erscheint, um den gewöhnlichen fehlerhaften Einrichtungen derselben vorzubeugen, denen zufolge diese Manometer sonst ungerechtfertigterweise so unbeliebt geworden sind. Vor Allem sind die Constructionen mit Eisenrohren, Faden und Schwimmer nicht rathsam, da sie sich weniger leicht in Stand halten lassen; diejenigen mit Glasrohr sind unbedingt vorzuziehen. Für Spannungen bis

4 At ist das einfache Gefässmanometer (Fig. 14 und 15) am zweckmässigsten; für höhere Spannungen ist das zweischenklige oder Hebermanometer (Fig. 16) empfehlenswerth. Bei ersterem ist das Glasrohr AB unten schräg abzuschneiden, damit es sich unten sicher und fest auf den Boden des gusseisernen Quecksilbergefässes aufsetzen kann, ohne dass für die Communication des Quecksilbers der Querschnitt verengt wird. Das Bret der Scala muss sicher auf dem Gefässe aufsitzen, an 2 angegossene Knaggen k angepasst und mit denselben fest verschraubt werden. Der Boden und die Wand, auf und an welcher das Manometer steht, darf weder feucht, warm, noch dunkel sein. Im Scalenbret ist für das Glasrohr eine lange Rinne einzuarbeiten (Fig. 17) und deren Grund mit glänzend weisser Lackfarbe zu streichen. Der Grund der Scala dagegen ist schwarz und die Theilstriche weiss zu machen. Die Länge der Scala für 1 At, d. i. genau 1 kg pro Quadratcentimeter beträgt 740 mm. Bei dem Hebermanometer (Figur 16) ist das Schenkelrohr AC aus Schmiedeeisen, das Scalenrohr AB aber aus Glas herzustellen. Hier ist es ganz besonders wichtig, dass die Dichtung von Glas und Eisen bei A dauerhaft und gut ausgeführt wird; am besten ist es, dieselbe gleich mit Schellack zu vergiessen. Das Eisenrohr kommt unter den Fussboden zu stehen, das Glasrohr über denselben. Bezüglich des Scalenbretes gilt auch hier dasselbe, was darüber beim anderen Manometer gesagt war, nur die Scalenlänge selbst ist eine andere als dort. Sind die beiden Rohre Eisen- und Glasrohr in Fig. 16 im Inneren genau gleich weit, so ist die Scalenlänge für 1 At gleich 384 mm. Wünscht man noch eine kürzere Scala zu erhalten, so ist das Glasrohr entsprechend weiter zu machen als das Eisenrohr. Bezeichnet c das Verhältniss der lichten Querschnitte von Glas- und Eisenrohr, so wird die Scalenlänge für

1 At gleich $\frac{10\,000}{13,59(c+1) - c}$ mm. Bedeutet dann a die Anzahl der Atmosphären, für welche ein Manometer eingerichtet werden soll, so muss die Länge des Glasrohres oder die ganze Scala sein =

$a \cdot \frac{10\,000}{13,59(c+1) - c}$ mm. Das Eisenrohr aber muss in jedem Schenkel c mal so lang sein, als das Glasrohr. Ist ferner h die senkrechte Höhe in Millimetern des Verbindungsrohres mit dem Kessel, in welchem Wasser steht, d. h. von dem Nullpunkte der Scala aus gemessen, so muss diese Wassersäule aufgehoben werden durch eine Quecksilbersäule von

$\frac{h}{13,59}$ mm Höhe, oder, es darf in das Eisenrohr nur soviel Quecksilber

gebracht werden, dass es in beiden Schenkeln gleichmässig $\frac{h}{27,18}$ mm unter dem Nullpunkt steht, das ist bis an die kleine Oeffnung M. Soll

z. B. das Manometer bis 10 At gehen, und wird das Verhältniss der Querschnitte von Glas- zu Eisenrohr wie 3 : 1 gewählt, indem die Wassersäule im Verbindungsrohr 4000 mm hoch ist, so wird die Scalenlänge für 1 At gleich 195 mm, die ganze Scala gleich 1947 mm (das Glasrohr würde der Sicherheit wegen 2000 mm lang zu machen sein); das Eisenrohr wäre 6500 mm (genau 6160 mm) lang zu machen und beim Ein-giessen des Quecksilbers muss dasselbe in beiden Schenkeln 195 mm unter 0 stehen. Für das Eisenrohr ist ein entsprechend tiefes Bohrloch im Fussboden anzubringen, das auscementirt werden soll und dann um das Eisenrohr herum mit Sand voll füllen und oben mit Pech zu vergiessen ist, damit jede Möglichkeit zum Rosten ausgeschlossen bleibt. Die umgekehrte Anordnung dieses Manometers, wie in Fig. 18, ist durchaus nicht zu empfehlen, besonders deshalb, weil dabei das Glasrohr stets unter vollem Kesseldrucke steht und weil das leichtere Wasser unter dem schwereren Quecksilber steht, was allzu leicht Unordnung an dem Manometer verursacht. Der Absperrhahn für das Manometer ist nicht unten, sondern oben am Kesselschluss des Verbindungsrohres anzubringen, und muss es ein Dreiweghahn sein. Da die in dem Verbindungsrohre stehende Wassersäule im Betriebe stets mit drückt, so darf sie auch bei der Controle des Manometers nicht fortgelassen werden und deshalb ist auch oben, bei Angabe der Scalenverhältnisse, erörtert, dass das Manometer unter dem Einfluss dieser Wassersäule Null zeigen muss. Es ist wichtig, das Eisenrohr innen sehr sorgfältig metallisch rein zu machen und das Glasrohr, wenn es nicht neu ist, innen chemisch zu reinigen und zu trocknen.

Da Federmanometer immer in gewisser Höhe aufgestellt werden, so ist in der Regel keine oder nur eine unwesentliche Wasserdrucksäule im Rohre vorhanden und kann diese unberücksichtigt bleiben. Nur bei besonders hohen Kesseln (stehende oder zweietagige Kessel) kann diese Wassersäule einen beachtenswerthen Betrag erreichen. Man könnte dann das Manometer hoch genug anbringen, um diese Wassersäule zu vermeiden; allein es ist wünschenswerth, dass ein Federmanometer nicht wesentlich höher als der Augenpunkt des Wärters liegt. Es ist dann am besten, bei der Fabrik, in welcher das Manometer bestellt wird, die senkrechte Höhe des Verbindungsrohres anzugeben und zu verlangen, dass dieser Betrag bei Herstellung der Scala berücksichtigt werde. Bei Aufstellung der Federmanometer ist ferner darauf zu sehen, dass dieselben, resp. die Federn derselben nicht warm oder heiss werden, weil die Wärme erlahmend und erweichend auf die gehärteten Federn wirkt; sie sollen also nicht in unmittelbarer Nähe der Kessel befestigt werden, sondern mindestens in einer solchen Entfernung, dass die strahlende Wärme des Kessels nicht mehr merkbar hinreicht. Am besten eignet sich dazu das Stirnmauerwerk neben dem Kessel (s. Fig. 19).

Es ist ferner dafür zu sorgen, dass nicht der heisse Dampf selbst auf die Feder drückt, was der Fall sein würde, wenn das Verbindungsrohr in der in Fig. 19 punktirten Weise angebracht wäre, sondern das Verbindungsrohr muss einen nach unten gehenden Bogen B (einen sogenannten Wassersack) haben, in welchem sich immer kaltes Condensationswasser befindet, das den heissen Dampf zurückhält. Führt das Verbindungsrohr vom Manometer aus aufwärts nach dem Kessel, so spielt dieses Rohrstück ebenfalls die Rolle eines Wassersackes und ist ein besonderer Bogen nicht erforderlich.

Die Manometer müssen durch einen Hahn vom Kessel abgeschlossen werden können und einen vorschriftsmässigen Controlstutzen haben, welche zweckmässig beide in einem Dreiweghahne zu vereinigen sind (Fig. 20 u. 21). Für den Anschluss des amtlichen Controlmanometers ist im Deutschen Reiche die in Fig. 21 extra dargestellte ovale und geschlitzte Flansche eingeführt, mit welcher jedes Manometer versehen sein muss. Nur in Sachsen ist ein einfaches $\frac{1}{2}$ " engl. Muttergewinde vorgeschrieben, welches allerdings wesentlich einfacher sowohl in der Construction als im Gebrauche bequemer zu handhaben ist. Dieses Gewinde kann gleich in den Canal der Ovalflansche (Figur 20) eingeschnitten werden, welche Einrichtung dann beiden Vorschriften zugleich genügt. Dieser Hahn muss aber direct am Manometer angebracht sein und nicht am Kessel, weil sonst die Controle schwieriger ist und das Controlmanometer unter dem Einflusse der Dampfwärme stehen würde, also auch durch die Wärme leiden und beeinflusst werden müsste. Allerdings ist ein besonderer Hahn am Kessel auch noch wünschenswerth, weil an dem Verbindungsrohre oder seinen Verbindungsdichtungen während des Betriebes Reparaturen vorkommen können. Ganz kleine oder kurze Wassersäcke zwischen Kessel und Manometer, wie sie von Fabriken gern mitgeliefert werden, sind nicht empfehlenswerth, weil bei geringster Undichtheit des Hahnes gleich der heisse Dampf auf der Feder steht, während bei einem langen Verbindungsrohre der Dampf in solchem Falle Zeit findet, sich abzukühlen, ehe er bis an das Manometer gelangt. Die Dichtungen am Manometer und dessen Rohrverbindungen sind zweckmässigerweise mit Blei oder Asbest, gar nicht etwa mit Gummi herzustellen, da dieses zu leicht in das Rohr hineinquillt und es bei seinem geringen Durchmesser verstopft.

Speisevorrichtungen. Es ist nicht möglich, an dieser Stelle alle existirenden guten und schlechten Constructionen von Speisepumpen zu beschreiben; nur sei hervorgehoben, dass die Vorzüge der Injectoren noch zu wenig Berücksichtigung finden, zumal dieselben jetzt auch für warmes Speisewasser und mit verbrauchtem Abgangsdampf aus der Maschine zu betreiben gebaut werden. Sie haben die Annehmlichkeit, dass sie keinerlei Mechanismen enthalten und keiner Abnutzung unterworfen

sind. Auch die selbstthätigen Speiseapparate (z. B. von S. G. Cohnfeld in Zaukeroda bei Dresden) leisten gute Dienste, ermangeln fast jeder mechanischen Bewegungsvorrichtung und nutzen sich nicht ab; daneben bieten sie grössere Sicherheit gegen Wassermangel.

Von den Speiseleitungen ist zu bemerken, dass sie recht häufig der nothwendigen geschützten Lage, gegen Frost sowohl als gegen Feuchtigkeit und herabstürzende Gegenstände entbehren. Solche Gefahren müssen um so mehr von den Leitungen fern gehalten werden, als sie immer für beide Speisevorrichtungen gemeinschaftlich sind und ein Defect an den Rohren beide Speisevorrichtungen lahm legt. Es ist deshalb bei Anlagen der Rohrleitungen darauf zu achten, dass sie nicht durch Räume geführt werden, in welchen sie eingefrieren können, oder wenn das nicht zu umgehen ist, muss eventuell alles Wasser daraus abgelassen werden können. Die Leitung darf also keinen Wassersack (Bogen nach unten) bilden, oder es muss am tiefsten Punkte eines solchen ein besonderer kleiner Ablasshahn angebracht sein. Eiserne Leitungen dürfen nicht ganz oder theilweise in feuchter Erde, Mauerwerk oder dergl. liegen, wodurch sie verrosten können. Alle Dichtungsstellen müssen stets vollständig frei sein und bleiben, damit ein Defect darin sofort bemerkt und in der kürzesten Zeit bequem reparirt werden kann. Da sie aber auch vor zufälligen oder fahrlässigen Beschädigungen äusserer Gewalt geschützt sein müssen, so bietet sich als zweckmässigste diejenige nahe unter der Decke des Locales dar, jedoch so weit davon entfernt, dass zum Hantieren mit Schraubenschlüsseln genügend Raum bleibt. Es ist bei eisernen Leitungen ferner zu empfehlen, dieselben aus ganz gleichen Baulängen zusammenzusetzen und eine solche Länge in Reserve hinzulegen, ebenso neue Dichtungen vorrätig zu halten: Dann kann eine Reparatur ohne jeden Aufenthalt vorgenommen werden.

6. Fehlerhafte Behandlung.

Der allgemeinste Fehler in der Behandlung der Dampfkessel besteht in Mangel an Ordnung überhaupt, sowohl am Dampfkessel selbst als im Kesselhause. Leider wird dieser Ordnungsmangel in sehr vielen Fällen gefunden, und oft genug wird das Kesselhaus als Rumpelkammer benutzt und als dunkler Winkel betrachtet. Und gerade, weil das Kesselhaus der Ort ist, von welchem der ganze Fabrikbetrieb seinen Anfang nimmt, weil gewöhnlich fast alles Andere davon abhängig ist, sollte es mit besonderem Fleisse in bester Ordnung erhalten werden. Freilich kostet die Instandhaltung einige Mühe, doch ist dieselbe bei täglicher Anwendung nur gering und schon die Freude an dem Erfolge solcher Mühe ist ihres Aufwandes werth. Doch auch der practische Zweck ist nicht zu unterschätzen, und dürfte es daher nicht überflüssig