

das Wasser. Bleibt dann der Kessel einige Zeit ausser Betrieb stehen, so zieht die schweflige Säure Feuchtigkeit aus der Luft an.

Es ist nun aus der Chemie bekannt, dass solche wässrige schweflige Säure unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft in Schwefelsäure übergeht, welche wir schon als einen gefährlichen Feind der Kesselbleche kennen gelernt haben.

Diese Art der Zerstörung durch Schwefelsäure wird ausserordentlich oft beobachtet und sie dürfte sich bei allen Kesseln, welche mit Steinkohlen gefeuert werden, nachweisen lassen, ein Beweis gleichzeitig dafür, dass in allen diesen Kohlensorten auch Schwefel enthalten ist.

Wir haben zuletzt noch die Asche als Bestandtheil der Kohlen auf ihre Schädlichkeit für die Kesselbleche zu betrachten.

Im zweiten Abschnitte dieser Abhandlung besprachen wir, wie Feuchtigkeit aus undichten Verschraubungen und Packungen die Bleche äusserlich durch Rost zerstören kann. Man kann nun vielfach die Wahrnehmung machen, dass diese Zerstörung ausserordentlich beschleunigt wird, wenn in der Nähe oder auf solchen Stellen Asche liegt, wie z. B. auf den unter dem Feuerherd aus dem Mauerwerk hervorragenden Siedern der Siederohrkessel. Ein anderer Fall ist der, dass die über das Mauerwerk herausragenden Kesselbleche mit Asche abgedeckt werden. Aus undichten Packungen, Hähnen und Ventilen, durch ein schlechtes Dach etc. dringt oft viel Wasser auf die Kessel, welches durch die Asche sickernd dieselbe auslaugt und in dieser Beschaffenheit ein viel energischeres Rosten bewirkt, als in reinem Zustande.

4. Folgen ungleichmässiger Erwärmung oder Abkühlung der Wandungen.

Den Erscheinungen, welche uns in diesem Abschnitte zu beschäftigen haben, liegt die Thatsache zu Grunde, dass Eisen, wie die meisten anderen Körper, durch Erwärmung sich ausdehnt, grösser wird, durch Abkühlung sich wieder zusammenzieht.

Ein Eisenstab von 812 mm Länge dehnt sich bei einer Temperaturerhöhung von 100° um 1 mm aus; bei einer Erwärmung von 10° auf 210° wird er also ca. um 2 mm länger. Diese Temperaturdifferenz dürfte etwa bei einem Dampfkessel, welcher einmal ausser und dann wieder in Betrieb genommen wird, vorkommen. Hat ein solcher Kessel eine Länge von 10 m, so wird er im Betriebe um ca. 25 mm länger sein als im kalten Zustande.

Daraus folgt, dass die Enden des Kessels während der Temperaturwechsel Bewegungen ausführen und alles, was denselben entgegensteht, bei Seite schieben, was die mannigfachsten Unzuträglichkeiten und Zerstörungen verursacht.

Zunächst wird davon das Mauerwerk betroffen. Die vordere und hintere Stirnwand wird fortgeschoben, von dem übrigen Mauerwerk getrennt, wodurch in demselben Risse und Lockerungen entstehen, vielfach auch theilweiser Einsturz die Folge ist.

Bei sachgemässer Ausführung des Mauerwerkes ist gleich hierauf Rücksicht zu nehmen. Die Stirnwände dürfen nicht ganz fest gegen die Endflächen der Kessel gestossen werden, sondern es muss zwischen beiden der gehörige Spielraum bleiben. Die gegen den Kessel abzudichtenden Mauerstellen müssen so angeordnet werden, dass sie nicht an die Stirn- sondern an die Längswände zu liegen kommen.

Als Beispiel hierzu diene der in Fig. 9 u. 10, Taf. 2 skizzirte horizontale Heizröhrenkessel A. Man findet das Mauerwerk bei a, Fig. 10, sehr häufig in der dort angedeuteten Weise an die Stirnwand angeschlossen; richtiger ist aber entschieden der Anschluss, wie bei b gezeichnet. Den Anschluss des oberen Theiles bei c, Fig. 9, kann man wegen der gesetzlichen Bestimmungen freilich nicht verlegen, aber man kann sehr wohl einen Zwischenraum d von etwa 20 mm frei lassen, welcher nach unten durch eine am Kesselboden befestigte schmale gusseiserne Platte e abgeschlossen wird, die sich bei den Bewegungen des Kessels frei unter der Steinschicht verschieben kann, ohne derselben zu schaden. Diese Platte e kann gleichzeitig die Bequemlichkeit bieten, der ausgekragten Steinschicht als sichere Unterstüztung zu dienen. In ähnlicher Weise kann man sich in allen anderen Fällen behelfen.

Liegt ein Kessel mit seiner ganzen Last in den Stirnwänden auf, indem diese ihm als Unterstüztung dienen, so wird bei den Dehnungsbewegungen in dem Mauerwerk so bedeutende Reibung entstehen, dass auch dadurch die Steine gelockert und Mauertheile verschoben werden können. Die eisernen Unterstüztungen, welche schon im zweiten Abschnitt empfohlen wurden, erweisen sich also auch hier wieder als vortheilhaft. Der Mauerung übertrage man nur die Rolle der Umhüllung und allseitiger Zugabschliessung. Trotzdem werden aber Reibungen zwischen Kessel und Mauerwerk nie ganz zu vermeiden sein, weshalb eine zweckmässige Verankerung des letzteren nie gespart werden sollte.

Bei zusammengesetzten Kesselsystemen (z. B. Siederrohrkessel, Fig. 21, Taf. 1) haben die einzelnen Kesselkörper gewöhnlich verschiedene Temperaturen und dehnen sich infolge dessen verschieden stark aus. Passiren die Feuergase die drei Kesselkörper in der Reihenfolge ihrer Bezeichnung nach I, II und III, so wird I sich gegen die Länge im kalten Zustande am meisten, II weniger, III am wenigsten ausgedehnt haben; ist dann I mit III durch zwei Stützen verbunden, so werden dieselben in ihren Kremenbiegungen hin- und hergebogen, was bei häufiger Wiederholung zu Brüchen führen muss. Dieser Vorgang wird so häufiger

fig beobachtet, dass vor der Verbindung mittels zweier Stutzen nur gewarnt werden kann; ein einziger Verbindungsstutzen zwischen zwei langen Kesselkörpern ist ausreichend und zweckmässig.

In etwas anderer Weise tritt diese Erscheinung auf, wenn die Rohre innerhalb des Kesselmantels angeordnet sind (Cornwallkessel, Fig. 11 Taf. 2). Die in diesen Rohren zuerst entlang ziehende Flamme giebt ihre Wärme fast nur an die obere Hälfte derselben ab, während die untere Hälfte unter dem Feuerrost nur von kalter Luft bestrichen, hinter dem Rost durch Asche vor der Wärme geschützt wird. Dadurch dehnt sich das Rohr oben mehr als unten und muss sich infolge dessen krumm biegen, wie in Fig. 12 in übertriebenem Maasse skizzirt ist. Gleichzeitig wird der Stirnboden an der Rohrnaht nach aussen gedrückt, da sich das Feuerrohr im ganzen mehr dehnt als der Mantel, sodass sich die beiden Schenkel des Winkels bei c gegeneinander bewegen, das Blech in der Ecke also gebogen wird. Bei häufiger Wiederholung dieser Biegung tritt allmählich Bruch in der Ecke ein, wovon viele Beispiele Zeugniß ablegen. Ist der Bord des Rohres sehr stark und fest hergestellt, oder die Verbindung durch einen besonders starken Winkeleisenring ausgeführt und ist die Stirnwand weniger stark gehalten, so findet die Biegung nur in dieser statt. Da bei dieser Wand sich immer eine grössere Länge an der Biegung betheiligt und letztere nicht auf eine bestimmte Linie der Wand concentrirt wird, so ist dieselbe auch keineswegs schädlich und die Ausdehnung des Flammrohres findet in dem federn den Nachgeben der Stirnplatte ihren besten Ausweg. Nur wenn dieses Federn der Stirnplatte durch falsche Construction unmöglich gemacht wird, kann eine Zerstörung der Stirnwand eintreten. Ist z. B. die ganze Fläche der Stirnwand von f bis g durch starke Anker festgehalten, so muss sich die Platte bei g, Fig. 13, ganz kurz und scharf umbiegen und durch die häufige Wiederholung an dieser Stelle um die obere Hälfte des Rohres herum einbrechen und einfurchen, eine Erscheinung, die auch oft beobachtet worden ist.

Diese Arten der Zerstörungen zu vermeiden, kann in der Hauptsache nur Aufgabe der Construction sein. Bei der Wartung Sorge man durch möglichstes Reinhalten des Flammrohres von unten liegender Asche für gleichmässige Erwärmung und lasse nicht zu oft kalte Luft durch das Rohr strömen. Es kann aber auch der einfachste Kesselmantel an sich ungleichmässig erwärmt und ausgedehnt werden. Man kann sich denken, dass an einem Kesselmantel, Fig. 14, die beiden seitlichen Streifen p und q mehr gedehnt werden als die übrigen Theile (etwa durch seitliche Feuerzüge). Die seitlichen Stellen werden daher gewaltsam zusammengedrückt, während die anderen dadurch auseinandergezogen werden und so ist es verständlich, dass innerhalb eines cylindrischen Kesselmantels Spannungen entstehen können, die wesent-

lich grösser sind als die durch den Dampfdruck erzeugten. Die Stellen p und q würden dann der Differenz, die anderen m und n aber der Summe der Dampf- und Dehnungsspannungen zu widerstehen haben.

Es kommen aber noch andere Spannungen mit in Betracht. Das Kesselblech ist auf der inneren Seite in Berührung mit Wasser, auf der Aussenseite mit Feuer; da das Eisen jedoch kein vollkommener Wärmeleiter ist, so muss es auf der äusseren Seite heisser, also mehr ausgedehnt sein als auf der Innenseite. Diese Spannung ist aber unabhängig von der Grösse des Kessels und nur abhängig von der Dicke des Bleches; sie kommt daher nicht in Betracht bei Zerstörungen, die von Ausdehnungen herrühren, sie kann aber die einzelnen Fasern und kleinsten Theile der Bleche mit belasten, deren Beanspruchungsgrenze also verringern.

Bei dem Eisen mit seinen vorzüglichen Eigenschaften der Zähigkeit und Elasticität, in Folge deren es sich in weiten Grenzen strecken und stauchen lässt, machen sich die Spannungen in den Wänden wenig auffallend bemerkbar. Gefässe aus Glas veranschaulichen die verderblichen Folgen solcher Spannungen weit mehr. Bei Dampfkesseln zeigen sich die schädlichen Wirkungen am leichtesten in den Nähten, welche weniger Festigkeit und Zusammenhang haben als die ganzen Bleche. Indem die Nähte hin und her gezogen und gebogen werden, lockern sie sich und werden undicht.

Dass im Eisen nicht so bedeutende Spannungen auftreten, wie es im Glase möglich ist, hat es seiner Eigenschaft besseren Wärmeleitungsvermögens zu verdanken. Es leitet die Erwärmung einer Stelle schnell weiter und es können deshalb besonders scharfe Grenzen zwischen zwei verschiedenen warmen Stellen nicht auftreten. Das Blech wird um so mehr Zeit haben, die Erwärmung einer Stelle gleichmässig zu verteilen, je langsamer und allmählicher dieselbe stattfindet; dagegen werden um so gewaltigere Spannungen entstehen, je schneller ein Kessel erwärmt wird. Die Erwärmung oder Abkühlung eines so grossen Gegenstandes wie ein Dampfkessel wird nie gleichmässig gelingen, selbst wenn man dies beabsichtigte, und deshalb ist jede schnelle, plötzliche Erhitzung oder Abkühlung eines Kessels von Schaden für denselben und muss mit aller Strenge vermieden werden.

Es geht daraus hervor, dass der Heizer unter einen kaltstehenden, anzufeuern den Kessel nie mit einem Male ein grosses und mächtiges Feuer machen darf, sondern durch ein kleines schwaches Feuer den Kessel mit seinem Inhalt sowie das Mauerwerk langsam erwärmen und allmählich stärker heizen muss.

Auf die Gleichmässigkeit des Anwärmens ist das System des Kessels von Einfluss. Ungünstig sind in dieser Beziehung die Kesselconstruktionen, bei welchen das Feuer zuerst auf die höher gelegenen und zu-

letzt, im kühlfsten Zustande, auf die unteren Schichten des Wassers wirkt. Da sich das kältere Wasser als specifisch schwerer unten und das wärmere Wasser sich naturgemäss oben erhält, das Wasser auch wenig Wärmeleitungsvermögen besitzt, werden diese Temperaturunterschiede auch in den Kesselwandungen auftreten; die Wärmevertheilung in diesen ist ohne Erfolg, wegen der Berührung mit dem Wasser. Dieser Uebelstand macht sich im normalen Betriebe des Kessels wenig oder gar nicht geltend, weil dann das Wasser durch die wallende Bewegung gemischt wird, wohl aber beim Anheizen eines kalten Kessels.

Die Ursache ist also ziemlich naheliegend, wenn man bei Cornwallkesseln mit Innenfeuerung die Mantelringnähte unten so häufig undicht findet. Es ist auf diesen Umstand schon mehrfach von verschiedenen Seiten hingewiesen worden und wird eine künstliche gleichmässige Erwärmung des Kesselinhaltes während des Anheizens empfohlen. Dies kann geschehen durch Füllen des Kessels mit heissem Wasser, oder Anwärmen des Wassers im gefüllten Kessel mit Dampf aus einem anderen im Betriebe befindlichen Dampfkessel; beides ist jedoch oft nicht möglich. Dann ist es am einfachsten und wirksamsten, wenn man direct an dem unteren Zuge des Kessels ein Holzfeuer anbrennt und damit den Kesselinhalt bis nahe auf die Siedetemperatur bringt. Dieser untere Zug lässt sich in den allermeisten Fällen von vorn her leicht zugänglich machen mittels einer Oeffnung in der Stirnmauer, die nach Erreichung des Zweckes schnell zugesezt werden kann. Weniger zweckmässig ist das Mittel, den Kessel bis weit über den Normalwasserstand anzufüllen, und nachdem das Anfeuern soweit vorgeschritten ist, dass die Dampfbildung oben anfängt, unten den Ablasshahn zu öffnen, damit das unten befindliche, noch kalte Wasser abläuft und durch nachsinkendes warmes Wasser ersetzt wird. —

Ganz von selbst tritt dagegen eine Ausgleichung der Temperaturen in dem oben besprochenen Falle ein, wenn die Flammrohre des Kessels mit Gallowayröhren ausgerüstet werden. Diese die Flammrohre durchziehenden Röhren q, Fig. 15 Taf. 2, werden vom Feuer senkrecht getroffen, infolge dessen erwärmt sich ihr Inhalt am raschesten, steigt deshalb aufwärts und wird durch kälteres Wasser aus dem unteren Theile des Kessels ersetzt. Durch diese Circulation wird in der besten Weise eine gleichmässige Erwärmung erreicht.

Auch im normalen Kesselbetriebe werden recht oft sehr bedeutende Ausdehnungen verursacht, und zwar vorzugsweise durch das kalte Speisewasser, welches an der tiefsten Stelle des Kessels eingeführt wird. Die renommirtesten Kesselfabriken construiren heute noch Flammrohrkessel in der Weise, dass die Speiseleitung ganz unten am vorderen Stromboden mündet, das kalte Wasser wird also unten hin befördert, bleibt als specifisch schwerer dort stehen und wird auch

wegen des dort vorbeigehenden letzten Feuerzuges nur langsam erwärmt. Die unteren Mantelbleche sind daher viel kühler als die oberen, was sich jedesmal, ohne Ausnahme durch Undichtheit der Mantelrundenähte bemerklich macht. Viele Kessel sind auf diese Weise schnell verdorben, und manche Betriebsstörung ist dadurch verursacht. Wenig Kesselfabrikanten kennen aber die Ursache hiervon. Ferner ist auch die Ausserbetriebsetzung des Kessels recht sehr geeignet, ungleichmässige Erwärmung seiner Wandungen zu bewirken.

Man denke sich das Feuer auf dem Herde eben erst oder noch nicht ganz erloschen, das Mauerwerk noch ganz glühend, den Ablasshahn geöffnet und den Wasserstand im Kessel allmählich sinkend, so werden die oberen Bleche zuerst ausser Berührung mit Wasser sein und müssen sich durch die Nähe des heissen Mauerwerks bedeutend erhitzen, während die unteren Bleche noch vom Wasser gespült sind, und wesentlich niedrigere Temperatur behalten. Dadurch müssen starke Dehnungsdifferenzen und gewaltige Spannungen entstehen, sodass Undichtheiten der Nähte und Wechsel, auch Risse und Brüche unausbleiblich sind.

Das richtige Verfahren bei Ausserbetriebsetzung eines Kessels liegt sehr nahe. Man feuere den Kessel überhaupt nicht bis zur letzten Minute, lasse vorher den Wasserstand bis auf die tiefste Stelle sinken und arbeite den Dampf so weit wie nur irgend möglich herunter, beides besonders aus ökonomischen Gründen. Nachdem die Dampfentnahme aufgehört, lasse man den Dampf vollends ins Freie blasen oder, falls ein Speisewasser-Reservoir vorhanden ist, wärme man mit dem letzten Dampfe dieses Wasser an und öffne während dessen den Rauchschieber nur wenig. Ist aller Dampf aus dem Kessel entfernt, so ist auch die Temperatur des Wassers auf 100° C. gesunken; man öffne den Rauchschieber mehr und lasse den Kessel mit seinem Inhalt, sowie das Mauerwerk zusammen abkühlen und erst, wenn letzteres auch auf 100° gekommen ist, kann man das Wasser ablassen: besser ist es aber immer, das Mauerwerk noch weiter abzukühlen, wenn Zeit dazu vorhanden ist. Auf 10 Stunden sollte man für Abkühlen des Mauerwerks immer rechnen, bevor das Wasser abgelassen wird.

Sehr oft trifft man dagegen ein Verfahren an, welches das directeste Gegentheil des eben geschilderten ist. Damit die Entleerung des Kessels recht schnell von statten gehe, öffnet man den Wasserablasshahn schon, wenn noch einige Atmosphären Dampfspannung vorhanden sind, die das Wasser mit Gewalt hinaustreiben. Die überhitzten Kesseltheile und unter gewaltiger Spannung stehenden Nähte haben dann auch noch den Dampfdruck auszuhalten und werden um so sicherer undicht. Ist der Kessel leer und durch das noch glühende Mauerwerk sehr stark erwärmt und ausgedehnt, so füllt man ihn ge-

wöhnlich gleich wieder mit kaltem Wasser an, um die Abkühlung recht zu beschleunigen, und dies ist wohl das Schlimmste, was man einem Kessel bieten kann — unten ganz kaltes Wasser und oben stark überhitzte Bleche! Es ist gewiss merkwürdig, dass manche Kessel solcher Behandlungsweise (sie kommt wirklich öfter vor, als man anzunehmen geneigt sein wird) auf längere Zeit Trotz bieten, aber man glaube ja nicht, dass es deshalb dem Kessel überhaupt nicht schade. Die unsichtbaren Schäden sammeln sich so lange an, bis sie zusammen zum Ausbruch kommen und dem Kessel dann ein schnelles Ende bereiten. Kleinere Kessel vertragen darin natürlich mehr als grosse.

Erfahrungsgemäss kann man sich den Vorgang und die Wirkung solcher theils unsichtbaren, theils nicht auffälligen Schäden folgendermaassen vorstellen:

Es wurde schon im vorigen Abschnitte berührt, dass die innere Structur des Eisens, besonders in seiner Walzrichtung eine sehnige und faserige ist — bei gutem Material. Diese Fasern geben dem Eisen seine grosse Zähigkeit und Widerstandsfähigkeit, ähnlich wie es die Fäden eines Gewebes thun. Durch die häufigen inneren und auf die einzelnen Fasern sich erstreckenden Spannungen, Ueberdehnungen und Ueberanstrengungen derselben aber zerfallen die Fasern in einzelne kurze krystallinische Körper, die einen weit geringeren Zusammenhang haben, analog dem aus kurzen Partikeln zusammengefilzten Papier. Dieser Uebergang des Materialzustandes aus dem sehnigen, faserigen in den kurzen, krystallinischen ist eine dem Eisen eigenthümliche Veränderung und mag dem Umstande zuzuschreiben sein, dass der natürliche Zustand des Eisens der krystallinische ist, in den er übergeht, wenn er in feuerflüssiger Form erkaltend sich selbst überlassen wird. Die sehnige Structur ist nur ein künstlicher Zustand, in welchen das Eisen durch Schmieden, Walzen und Strecken absichtlich gebracht wird, indem bei dieser Behandlung jeder einzelne Krystall in die Länge gezogen und zu einer Art Sehne umgeformt wird. Diese Sehne kann aber durch den Einfluss mechanischer Kräfte, wie Stoss, Schlag, Vibrationen, häufiges Strecken und Stauchen in kaltem Zustande, wieder in viele kleinere Krystalle zerfallen, in welchem Zustande das Eisen wieder kurz, brüchig und spröde ist. Und diese innere Veränderung ist es, die durch viele unnütze und schädliche Spannungen in den Kesselblechen unbemerkt hervorgebracht wird, bis das Material an Qualität so abgenommen hat, dass nur irgend eine zweite, verhältnissmässig unbedeutende äussere Veranlassung hinreicht, Brüche und Risse hervorzubringen.

Weniger entziehen sich die Schäden der Beobachtung, welche die Nähte durch solche unheilvolle Dehnungsspannungen erleiden; die-

selben werden leck und werden, wo dies bemerkt wird, verstemmt. Diese Arbeit muss aber erfolglos sein, wenn der Kessel immer wieder jene Behandlung zu erleiden hat. Das Verstemmen wird vielleicht so oft wiederholt, als die Leckage auftritt, das Dichten wird aber bei jedem Male weniger gelingen; zuletzt wird von den ungeduldigen Kesselschmieden wüthend darauf losgepaukt ohne Sinn und Verstand und dabei das untere Blech der Naht, an der Kante des oberen Bleches entlang, arg beschädigt und so findet man häufig, dass gerade an dieser Stelle entlang die Bleche zuerst einreissen, während doch sonst das Blech in der Mitte der Nietreihe entlang am schwächsten ist und dort zuerst reissen müsste.

Nun kommt es leider gar nicht selten vor, dass Anlagen darauf eingerichtet sind, mit Dampf abgeblasen werden zu müssen. Es soll z. B. ein und dasselbe Rohr r (Fig. 16) zum Speisen und Abblasen benutzt werden, weil man damit ein Loch im und einen Stutzen am Kessel spart. Um das Wasser in diesem Rohre in die Höhe zu drücken, ist natürlich Dampfspannung erforderlich und diese würde verloren gehen, wenn man zuvor die Anlage abkühlen liesse. Dem zu weiser Sparsamkeit hinneigenden Kesselbesitzer ist zum Sparen Gelegenheit genug während des Betriebes geboten, die Umgehung eines so billigen besondern Abblasstutzens aber rächt sich ganz ausserordentlich. Man lasse deshalb stets einen solchen anbringen und zwar an der aller-tiefsten Stelle des Kessels, damit das Wasser durch sein eigenes Gewicht abfliessen kann.

Zuweilen liegt die Anlage, resp. der Kessel selbst tiefer als das Terrain der Umgebung, wobei allerdings ein selbstthätiges Abfliessen des Wassers unmöglich ist. Gewöhnlich sind aber die Kessel aus Unkenntniss und nicht aus Nothwendigkeit so angelegt worden und sollte man bei Neuanlagen den Wasserabfluss niemals übersehen. Bei bestehenden Anlagen mit diesem Fehler aber unterziehe man sich der Mühe, das Wasser aus dem erkalteten Kessel, soweit es nicht von selbst abfliessen kann, auszuschöpfen oder auszupumpen; die Arbeit wird belohnt durch die Erhaltung des Kessels. Noch bequemer dürfte in vielen solchen Fällen sein, in einiger Entfernung vom Kessel ein brunnenartiges Loch zu graben, so gross, dass darin das Ablasswasser des Kessels Aufnahme und dann Zeit findet, sich zu verlaufen und zu versickern. Natürlich muss bei Anlage dieses „Brunnens“ auf die Umgebung Rücksicht genommen werden, deren Boden zeitweise durchfeuchtet wird.

Die gleichzeitige Benutzung des Speiseeinhängerohres r (Fig. 16) als Abblaserohr hat aber oft noch eine andere Art von Zerstörungen im Gefolge. Damit nämlich beim Abblasen das Wasser möglichst vollständig abgeführt werden kann, ist es erforderlich, dieses Rohr möglichst

tief herunter auf das Blech zu führen. Dadurch wird aber auch das kalte Speisewasser direct auf diese Blechstelle geleitet und dieses dadurch abgekühlt, während die übrigen Bleche, etwa ausserhalb des punktirten Kreises k , eine hohe Temperatur haben. Die Stelle in diesem Kreise zieht sich also zusammen und wird gleichwohl durch das umgebende Blech daran verhindert. Infolge dessen müssen sich die Fasern recken und ziehen und, wie oben erörtert, in den krystallinischen Zustand übergehen. Während der Zwischenpausen des Speisens erwärmt sich aber diese Stelle wieder und dehnt sich aus, das Material muss infolge dessen wieder gestaucht oder seitlich herausgebeult werden und Risse davon tragen. Diese Erscheinung beobachtet man thatsächlich häufig genug; sie tritt um so sicherer ein, je intensiverer Hitze das betreffende Blech ausgesetzt ist. Das betrifft besonders die Kessel mit Unterfeuerung, bei welchen man es heutzutage sogar noch antreffen kann, dass die Speiserohrmündung gerade über der heissesten Stelle der Feuerplatte mündet. Natürlich hat auch die Temperatur des Speisewassers Einfluss auf die mehr oder weniger schnelle Zerstörung solcher Stellen.

Die Speiserohrmündung sollte stets 4—500 mm über dem Kesselbleche liegen, ausserdem aber auch noch rechtwinklig umgebogen sein (Fig. 17), damit das austretende Wasser sich um so sicherer erst mit dem heissen Wasser vermische, ehe es mit den Blechen in Berührung kommt. Bei Flammrohrkesseln hat man nicht immer Raum, von allen Blechen $\frac{1}{2}$ m entfernt zu bleiben. Dort bleibe man gleich weit von allen Blechen entfernt.

Vorzugsweise hat die Feuerplatte eines Dampfkessels durch Temperaturwechsel zu leiden, indem sie direct über dem Feuer am heissesten ist, zunächst der Thür aber beim Oeffnen derselben am meisten abgekühlt wird. Diese Abkühlung ist aber ausserdem auch noch sehr ungleichmässig, weil die verschiedenen Stellen der Platte von der Thür verschieden weit entfernt sind. Dieser Umstand trägt zum Verderben der Feuerplatten am meisten bei. Da sich bekanntlich die Nähte am stärksten erhitzen, müssen in ihnen auch die Dehnungsdifferenzen am schlimmsten auftreten. Daher kommt es auch, dass die Kanten des äusseren Bleches der Naht so sehr oft aufreissen, und zwar an der Stelle, wo die Kante am schwächsten ist, an den Nietlöchern (Fig. 18). Nicht ganz so oft, aber häufig genug gehen diese Risse auch über das Nietloch hinaus wie der bei 1. Bei dauernder Einwirkung der Ursachen wird die Naht gewöhnlich so stark zerstört, dass mehrere der Risse undicht werden, das Wasser sogar in einem breiten Strahle herausspritzt und ein plötzliches Weiterreissen (Explosion) nicht ausgeschlossen ist.

Um diesen Zerstörungen entgegen zu wirken, muss man vor allem

die Nähte der Feuerplatte schützen, worüber schon im vorhergehenden Abschnitte gesprochen worden ist. Dann aber ist auch auf den Schutz der ganzen Feuerplatte und des Kessels überhaupt vor dieser kalten Luft Bedacht zu nehmen und das kann nur geschehen durch Vermeidung dieses kalten Zuges. Das geschieht ganz einfach dadurch, dass der Heizer angehalten wird, den Rauchschieber zu schliessen, bevor er die Feuerthür öffnet. Die Rauchschieber sind gewöhnlich so eingerichtet, dass sie mittels einer Kette vom Heizerstande aus regiert werden, und wo das nicht der Fall sein sollte, lässt es sich mit geringer Mühe ausführen. Zwar giebt es sich klüger dünkende oder träge und gewissenlose Heizer, auf die man sich nicht verlassen kann; diese kann man aber zur Befolgung der Vorschrift dadurch zwingen, dass man die Schieberkette an einem Hebel befestigt, welcher bei geöffnetem Rauchschieber gerade quer vor der Thür liegt und erst gehoben werden muss, wenn die Thür überhaupt geöffnet werden soll; durch die Bewegung an dem Hebel aber schliesst sich der Schieber. Nachdem die Thür geschlossen ist, muss der Rauchschieber wieder geöffnet werden, was nur durch Herunterdrücken des Hebels zu bewerkstelligen ist. — Uebrigens lässt sich auch die Rauchschieberkette in einfachster Weise so an der Feuerthür befestigen, dass durch Öffnen und Schliessen derselben der Schieber von selbst schliesst und wieder öffnet. — Auch eine besondere Drehklappe in der vorderen Gegend des letzten Zuges findet man schon öfter ausgeführt, welche sowohl von Hand als auch selbstthätig durch die Bewegung der Thür zu regieren ist.

In allen Fällen aber gehört es auch noch zur Instruction des Heizers, dass er die Arbeit der Beschickung recht behende ausführt und die Feuerthür in kürzester Zeit wieder schliesst.

Bei manchen Feuerungen kommt das Öffnen einer Thür überhaupt nicht vor, was als ein grosser Vorzug dieser Feuerungen zu bezeichnen ist. Dahin gehört die Treppenrostfeuerung, die Ten Brink-Feuerung, manche mechanische Feuerungen, wie der Schulz'sche Patentrost, bei welchen die Beschickung continüirlich erfolgt, wodurch die Beschickungsöffnung von der nachfolgenden Kohle immer geschlossen gehalten wird.

Dass bei Ausserbetriebsetzung des Kessels gleich anfangs ein kräftiger Zug nicht statthaft ist, wurde schon erwähnt, aber auch mit seitlichen Öffnungen im Mauerwerk muss vorsichtig vorgegangen werden, weil durch diese kalte Luftströme unmittelbar und senkrecht auf den Kesselkörper treffen, und dass sie schaden, hört man nicht selten an dem Knistern und sogar Krachen der Blechwände.

Scharfe Grenzen verschiedener Temperaturen innerhalb der Bleche werden mitunter durch die Construction eines Kessels verursacht. Das

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-