

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Festigkeitsverhältnisse der Dampfkessel

[urn:nbn:de:bsz:31-270981](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-270981)

Nehmen wir: $T_0 = 1000^\circ$, $T_1 = 150^\circ$, $t_0 = 10^\circ$, $t_1 = 100^\circ$, $t_2 = 150^\circ$,
so findet man:

$$F_g = 1.61 \frac{G}{k}, \quad f_g = 0.141 \frac{G}{k} \quad \dots \quad (8)$$

und

$$\frac{F_g}{f_g} = 11 \quad \dots \quad (9)$$

Festigkeitsverhältnisse der Dampfkessel. Eine Kesselberstung kann eintreten, wenn das Widerstandsvermögen der ganzen Kesselwand oder eine lokale Stelle derselben zu schwach ist gegen die aktiven Kräfte, welche unter Umständen eintreten. Die aktiven Kräfte sind: 1) die normale Pressung des Dampfes gegen die Kesselwände, 2) Ueberhöhung der normalen Dampfspannungen durch allmähliche Ansammlung des Dampfes, 3) plötzlich eintretende hohe Dampfspannungen durch rasche Dampfentwicklungen oder vielleicht auch durch explodirende Substanzen. Das Widerstandsvermögen richtet sich 1) nach der Festigkeit und Beschaffenheit des Materials aus welchem der Kessel besteht, 2) nach dem Zustand seiner Heizfläche, 3) nach der Form des ganzen Kessels oder einzelner Theile desselben, 4) nach der Wanddicke des ganzen Kessels oder einzelner Theile, 5) nach der Verbindung aller Theile des Kessels durch Vernietungen oder durch andere Befestigungsweisen.

Um zu erfahren, welche Bedingungen einer Kesselanordnung entsprechen, um der Gefahr einer Berstung möglichst zu entgehen, müssen wir diese bezeichneten Punkte näher betrachten.

Die normale Spannung des Dampfes beträgt in den Kesseln 2 bis 6 Atmosphären. Gegen diese normale Spannung kann man sich jederzeit und selbst bei ungünstiger Form durch eine hinreichende Dicke der Kesselwände vollkommen schützen. Eine Ueberhöhung der Dampfspannung durch allmähliche Ansammlung des Dampfes kann eintreten, wenn durch längere Zeit der Dampfabfluss gehindert ist, während die Feuerung fortgeht. Durch Anwendung von Sicherheitsventilen und gehörige Instandhaltung derselben kann man aber jederzeit das Eintreten einer zu hohen Dampfspannung durch allmähliche Ansammlung des Dampfes verhindern.

Anders verhält es sich, wenn plötzlich grosse Dampfmassen entwickelt werden, weil dadurch ganz lokalisirte hohe Dampfspannungen und daseibst heftige Erschütterungen der Kesselwand eintreten können, ohne dass das Sicherheitsventil merklich stärker gepresst wird. Sehr bedenklich ist in dieser Hinsicht ein beträchtliches Sinken des Wasserstandes im Kessel, was zur Folge haben kann, dass ein Theil der Heizfläche einerseits von den Verbren-

nungsgasen, andererseits nur vom Dampf, nicht aber vom Wasser berührt wird. Diese Theile der Kesselwand können glühend werden, und wenn sie dann wiederum mit Wasser in Berührung treten, müssen plötzliche Entwicklungen von Dampfmassen eintreten und in Folge derselben lokale intensive Pressungen und Erschütterungen. Solchen Einwirkungen vermag eine glühende Kesselwand nicht zu widerstehen, sie wird reissen, der Kessel wird bersten.

Die Ursachen, welche ein beträchtliches Sinken des Wasserstandes veranlassen können, sind sehr mannigfaltig: 1) schlechter Zustand der Speisepumpe; 2) Verstopfung des Zuleitungsrohres; 3) längerer Stillstand der Maschine bei fortdauernder Feuerung; 4) bei Dampfschiffen eine länger andauernde Neigung des Schiffes nach einer Seite hin, was zur Folge hat, dass die Kesseltheile der andern Seite gehoben werden und aus dem Wasser treten.

Dass sich in einem Kessel explodirende Substanzen ansammeln können, scheint zwar nicht wahrscheinlich zu sein, denn im Speisewasser sind sie doch nicht anzutreffen. Allerdings möchte es sein, dass Wasserzersetzungen und mithin Knallgasentwicklungen eintreten könnten. Auch ist zu bedenken, dass nach unserer Wärmetheorie bei Dampfbildungen grosse Aetherquantitäten frei werden und mit dem Dampf entweichen. Ob hierdurch unter Umständen elektrische Ladungen herbeigeführt werden könnten, kann wohl auch nicht unbedingt verneint werden. Unsere physikalischen und chemischen Kenntnisse von der Natur der Dinge sind noch nicht von der Art, dass man mit absoluter Gewissheit alle Möglichkeiten, die in einem Kessel eintreten können, voraussehen kann. Die Vorsicht rath daher zu dem Bekenntniss, dass unser Wissen noch unvollständig ist.

Hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit der Kessel ist Folgendes zu sagen.

Dass zu Kesseln gute dichte Bleche genommen werden sollen, bedarf kaum einer Erwähnung. Sehr nachtheilig ist die mit der Zeit fortschreitende Verrostung der Kessel an der Heizfläche, insbesondere an den Stellen, wo die Temperatur der Verbrennungsgase noch eine hohe ist. Erlaubt es die Form des Kessels, so ist es gut, wenn diese dem Rosten am meisten ausgesetzten Theile der Kesselwand aus dickeren Blechen hergestellt werden. Bei den Lokomotiven wird die Feuerbüchse sogar aus ganz dicken Kupferblechen hergestellt, weil dieses Material dem Verrosten weniger unterworfen ist, als das Eisen. Bedenklich ist ferner für die Widerstandsfähigkeit der Kessel das Ansetzen von Kesselstein. Die Speisewasser enthalten immer mehr oder weniger erdige Bestandtheile

(Kalkerde, Kieselerde, Thonerde). Diese fallen durch die Verdampfung zu Boden und bilden einen Niederschlag, der allmählig erhärtet. Bildet sich eine solche Kruste von Kesselstein an der Heizfläche, so kann diese durch die Verbrennungsgase glühend werden, wodurch ihre Festigkeit bedeutend geschwächt wird. In dieser Hinsicht sind die Schiffskessel und Lokomotivkessel sehr vortheilhaft, weil sich bei diesen der Kesselstein niemals an der Heizfläche, sondern nur am Boden der äusseren Umhüllung, die nicht Heizfläche ist, ansetzt und daher eher nützen als schaden kann, indem der Kesselstein als ein ziemlich schlechter Wärmeleiter gegen Wärmeverlust schützt. Man hat verschiedene Substanzen vorgeschlagen, um die Bildung von festem Kesselstein zu verhüten: fetter Thon, Seife, Syrop u. s. w. und überhaupt schleimige Substanzen, allein dadurch wird das Wasser des Kessels selbst etwas zähflüssig, was zur Folge hat, dass der Dampf viel Wasser mit sich fortreisst und in den Dampfzylinder bringt, wodurch abermals Nachtheile entstehen können. Das beste Mittel dürfte wohl bleiben, die Kessel oftmals zu reinigen, was allerdings in solchen Verhältnissen, wo eine continuirliche Thätigkeit der Kessel gefordert wird, störend ist.

Die Form der Kessel hat einen erheblichen Einfluss auf das Widerstandsvermögen. Die besten Formen sind der Kreiscylinder und die Kugelform, insbesondere, wenn der Dampfdruck von innen nach aussen wirkt, denn diese Formen werden durch einen von innen nach aussen wirkenden Druck nur ausgedehnt, nicht aber umgestaltet. Ungünstig ist es aber selbst bei einem Cylinder oder bei einer Kugel, wenn die Pressung von aussen nach innen statt findet. Bei einiger Ungleichheit in der Wanddicke oder Material-Beschaffenheit kann in diesem Falle eine beträchtliche oder sogar totale Formänderung oder Einrollung entstehen. Doch ist dies nur bei Cylindern von grossem Durchmesser, nicht aber bei engen Röhren von 5 bis 10^m Durchmesser zu befürchten. Die Kugelform kann nur ausnahmsweise angewendet werden, weil ihre Herstellung zu viele Schwierigkeiten oder doch unverhältnissmässige Kosten verursacht. Ebene Wandungen sind jederzeit ungünstig, insbesondere bei höheren Dampfspannungen. Durch die Blechdicke allein kann man ebenen Wandungen nicht die erforderliche Festigkeit geben, sondern man wird gezwungen, Verstärkungen mit Winkel-eisen oder Zusammenhängungen vermittelt Bolzen oder Stangen anzubringen.

Diese Grundsätze werden gegenwärtig in der Praxis sehr wohl beachtet. Für Fabrikessel werden gegenwärtig nur noch einfach cylindrische Kessel mit halbkugelförmigen Endflächen oder Zu-

sammensetzungen von cylindrischen Röhren angewendet, und bei den Schiffskesseln und Lokomotiven werden die ebenen Wandflächen so viel als nur möglich vermieden. Ganz umgehen kann man sie leider nicht, und muss sich deshalb mancherlei schwierige Verstärkungen gefallen lassen.

Metalldicke der Kesselwände. Die Dicke der Kesselwände kann für cylindrische und kugelförmige Kessel die von innen nach aussen gepresst werden, mit ziemlicher Sicherheit bestimmt werden.

In der Lehre von der Festigkeit der Gefässe haben wir für die Wanddicke eines von innen nach aussen gepressten cylindrischen Gefässes folgende Formel hergeleitet:

$$\delta = \frac{D}{2} \frac{n - n_1}{\mathfrak{A} + 2n_1 - n} \dots \dots \dots (1)$$

in welcher bedeutet: δ die Metalldicke der Wand, D der innere Durchmesser des Cylinders, n die innere, n_1 die äussere Pressung in Atmosphären ausgedrückt, \mathfrak{A} die auf einen Quadratcentimeter bezogene Spannung an der innern Fläche der Wand.

Diese Formel gibt für kleine Differenzen von $n - n_1$ so geringe Wanddicken, dass solche Kessel bei Zufälligkeiten und Einrostungen nicht bestehen könnten. Um also auch diesen Verhältnissen zu genügen, setzen wir:

$$\delta = \frac{D}{2} \left(\frac{n - n_1}{\mathfrak{A}_1 + 2n_1 - n} + \mathfrak{B}_1 \right) \dots \dots \dots (2)$$

und bestimmen \mathfrak{A}_1 und \mathfrak{B}_1 durch folgende empirische Thatsachen. Wir dürfen annehmen, dass ein Kessel von 100^{cm} Durchmesser doch eine Metalldicke von 0.5^{cm} erhalten soll, wenn der innere Druck dem äusseren gleich ist. Die Lokomotivkessel von 100^{cm} Durchmesser erhalten bei einer Dampfspannung von 6 Atmosphären eine Metalldicke von 1.2^{cm}. Vermittelst dieser Annahmen findet man aus (2) $\mathfrak{B}_1 = 0.01$ und $\mathfrak{A}_1 = 361$ und weil für alle Kessel $n_1 = 1$ gesetzt werden muss (n , annähernd der Druck der Atmosphäre auf 1^{cm}), so folgt aus (2)

$$\delta = D \frac{1.315 + 0.495 n}{363 - n} \dots \dots \dots (3)$$

Diese Formel gibt:

für $n = 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7 \quad 8$ Atm.

$$\frac{\delta}{D} = 0.0050 \quad 0.0064 \quad 0.0077 \quad 0.0092 \quad 0.0106 \quad 0.0120 \quad 0.0139 \quad 0.0149$$

und es ist zu bemerken, dass diese Dimensionen im Allgemeinen