

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Sicherheitsapparate

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

ist aber die Festigkeit der Vernietung $\frac{1}{1.32}$ von der Festigkeit des Bleches. Dieser Kessel ist demnach auf $\frac{1.32}{20} = \frac{1}{15}$ der Kraft in Anspruch genommen, d. h. es würde die Vernietung reissen bei einer Kraft, die 15 mal so gross ist als diejenige, welche im Normalzustand des Kessels auf denselben einwirkt.

Sicherheitsapparate.

Automatisch wirkende Apparate oder Einrichtungen, welche eine absolute Sicherheit zu gewähren im Stande wären, kann es nicht geben. Eine gute Kesseleinrichtung vorausgesetzt, erreicht man den höchsten Grad von Sicherheit durch einen wohlinstruirten umsichtigen und gewissenhaften Heizer. Dieser muss aber in die Lage versetzt werden, erkennen zu können, ob sich der Kessel im geordneten Normalzustand befindet, und dazu dienen die sogenannten Sicherheitsapparate. Diese sind: 1) Wasserstandsanzeiger, 2) Manometer (Spannungsanzeiger), 3) Sicherheitsventile, welche sich öffnen und den Dampf entweichen lassen, wenn derselbe durch allmähliche Ansammlung eine gewisse Spannkraft erreicht hat. Diese Apparate sollen nun beschrieben werden.

A. Wasserstandsanzeiger.

1) **Probegähnen.** Tafel XV., Fig. 7. a b c sind drei mit Hahnen verschliessbare Röhrchen. a mündet in den Dampfraum des Kessels, etwas über dem normalen Wasserstand im Kessel. b mündet in der Höhe dieses Normalwasserstandes. c etwas unter dem Normalwasserstand. Durch das Oeffnen der Hahnen kann man erkennen, ob der Normalwasserstand vorhanden ist. Ist dies der Fall, so strömt durch a Dampf, durch b Wasser und Dampf, durch c nur Wasser aus. Der Wasserstand ist zu niedrig, wenn durch a, b und c oder durch a und b Dampf ausströmt. Der Wasserstand ist zu hoch, wenn durch a, b und c oder durch b und c Wasser ausströmt. Verlässlich ist jedoch diese Probe nicht, weil das Wasser im Kessel nicht ruhig ist, sondern durch das Sieden und Aufwallen stets tumultuarisch bewegt ist.

2) **Das Niveau.** Tafel XV., Fig. 8. a ist eine mit messingener Fassung b b₁ versehene Glasröhre. c c₁ sind mit Hahnen d d₁ versehene Röhren. c mündet in den Dampfraum, c₁ in den Wasserraum

des Kessels. Werden die Hahnen geöffnet, so tritt in *a* ein Wasserstand ein, der mit jenem im Kessel übereinstimmt. Die Gebrechlichkeit der Glasröhre und das Erblinden des Glases durch Ansetzen von Unreinigkeiten des Wassers sind Misslichkeiten, die jedoch ein vorsichtiger und fleissiger Heizer zu umgehen weiss.

3) **Der Schwimmer.** Tafel XV., Fig. 9. *a* ist ein geschlossenes Blechgefäss, dass so tarirt ist, dass es im halbeingetauchten Zustand im Wasser schwimmt. *b* ein Draht, der bei *c* durch eine Art Stopfbüchse geht. An derselben ist ein feines Kettchen befestigt, das oben um ein Röllchen *d* gelegt ist und auf der andern Seite durch ein Gewicht *e* gespannt wird. Das mit einer Eintheilung versehene Röllchen *d* dreht sich möglichst frei um eine Axe, die durch eine Stütze getragen wird, und an der Stütze befindet sich ein unbeweglicher auf die Eintheilung weisender Zeiger. Wenn des Wasser im Kessel steigt oder fällt, folgt der Schwimmer nach, wird das Röllchen gedreht und weiset der Zeiger den Wasserstand. Der Heizer hat dafür zu sorgen, dass der Apparat leicht spielt.

4) **Der Magnet.** Tafel XV. Fig. 10. *a* ist ein Schwimmer, der halbeingetaucht im Wasser schwimmt. Er ist mit einem Stiel versehen, an dessen oberes Ende ein kleiner Magnet *b* befestigt ist. *c d e f* ist ein Messinggehäuse. Der Magnet tastet gegen die Fläche *b* des Gehäuses. Ausserhalb der Wände *e e* ist ein leichtes Eisenstäbchen, das von dem Magnet angezogen wird. Wenn der Wasser Spiegel steigt und fällt, gleitet der Magnet *b* in der Fläche *e e* auf und ab und führt das ausserhalb befindliche Eisenstäbchen mit sich fort, wodurch der Wasserstand angedeutet wird. *g h* ist ein Glasverschluss. Der Gedanke, auf welchem dieser Apparat beruht, ist ganz nett, aber von praktischem Werth kann die Sache nicht sein, weil durch den tumultuarischen Zustand des Wassers im Kessel nicht nur vertikale, sondern auch horizontale Bewegungen des Schwimmers hervorgerufen werden, welche letztere veranlassen werden, dass der Magnet nicht immer an der Fläche *e e* anliegen wird, demnach das als Zeiger dienende Eisenstäbchen herabfallen wird.

B. Manometer.

1) **Quecksilbermanometer für schwache Dampfspannungen.** Tafel XV., Fig. 11. *a b* ist eine oben offene eiserne Röhre von 2.5^{cm} Weite, die mit dem Dampfraum des Kessels kommuniziert. Sie enthält Quecksilber, in welchem ein mit einer Skala versehenes Eisenstäbchen

schwimmt. Der Vertikalabstand der Quecksilbersäule misst den Unterschied zwischen der Dampfspannung und dem äussern atmosphärischen Druck, und diese Differenz wird durch die Stellung der Skala von *c* gegen den obern Rand des Schenkels *b* angegeben. Ist brauchbar, wenn die Dampfspannung im Kessel jene des atmosphärischen Druckes nur wenig übertrifft.

2) Quecksilbermanometer für hohe Dampfspannungen. Tafel XV., Fig. 12. *a* ist eine eiserne Röhre von circa 2·5^{cm} Weite mit einem kurzen und einem langen Schenkel. Sie enthält Quecksilber, in welchem ein Eisenstäbchen schwimmt. Es hängt an einem feinen Kettchen, das oben über ein leichtes Röllchen *b* gelegt und mit einem Metallblättchen versehen ist, das als Zeiger dient, der auf eine Skala *d e* weist. So wie das Quecksilber im langen Schenkel steigt und fällt, folgt das schwimmende Stäbchen nach und wird durch den Zeiger des Plättchens *c* die Differenz zwischen der Kesselspannung und dem Druck der Atmosphäre angegeben. Muss sorgfältig beaufsichtigt werden, braucht viel Quecksilber, namentlich bei Spannungen von 5 bis 6 Atmosphären.

3) Das Luftmanometer. Tafel XV., Fig. 13. Dieses Manometer ist wie ein Reisebarometer eingerichtet. Das Glasrohr *a* ist geschlossen und enthält bei *b* Luft. Das Quecksilbergefäss steht durch ein Röhrchen *b* in Kommunikation mit dem Dampfraum des Kessels. Neben der Glasröhre ist eine Skala aufgestellt. Der bei *b* eintretende Dampf treibt das Quecksilber aus dem Gefäss in die Glasröhre, wodurch die Luft comprimirt wird, bis ein Gleichgewichtszustand eintritt, in welchem der Luftdruck und der Druck der Quecksilbersäule gleich ist dem Dampfdruck. Die Intervalle der Skala fallen nicht gleich gross aus, sondern nehmen mehr und mehr ab, so wie die Spannung wächst. Schon dadurch ist dieses Instrument nicht gut, indem es schwache Spannungen verlässlicher angibt als starke. Ueberdies kann eine bestimmte Skala nur für eine ganz bestimmte Temperatur der eingeschlossenen Luft richtig sein, was abermals Ungenauigkeiten veranlassen muss, indem die Temperatur der Luft nicht konstant erhalten werden kann. Diese Manometer sind wenig mehr im Gebrauch.

4) Das abgekürzte Quecksilbermanometer. Tafel XV., Fig. 14 ist eine theoretische Darstellung dieses Instrumentes. Es besteht aus einem mehrfach gekrümmten Rohr aus Eisen. *a* kommuniziert mit dem Dampfkessel, *b* mit der freien Luft. Die Röhrenstücke sind

theils mit Quecksilber, theils mit Wasser so gefüllt, dass alle Quecksilberflächen auf gleichem Niveau stehen, wenn bei *a* und *b* gleich grosse Pressungen einwirken. Ist aber die Pressung bei *a* grösser als jene von *b*, so wird diese Differenz angegeben durch die Summe der Quecksilberniveau-Differenzen in sämtlichen Krümmungen, und weil die Niveaudifferenzen in allen gleich gross sind, so findet man ihre Summe, wenn man die letzte Niveaudifferenz beobachtet und mit der Anzahl der Krümmungen multipliziert. Um das Instrument möglichst compendiös zu machen, werden die Röhren so zusammengewunden, dass die Windungen nebeneinander liegen.

Federmanometer. Tafel XV., Fig. 15. Diese beruhen auf dem Gedanken, durch den Dampfdruck ein Gefäss deformiren zu lassen und nach der Grösse der Deformirung die Intensität des Dampfdruckes zu messen. Dass dieser Gedanke in sehr verschiedener Weise verwirklicht werden kann, ist selbstverständlich. Ein Beispiel wird zum Verständniss genügen. *a* ist eine an den Enden *b* und *c* geschlossene bogenförmige Röhre aus dünnem Kupferblech. Ihr Querschnitt ist nicht kreisrund, sondern länglich rund. Sie geht durch eine Messingfassung *a* und kommuniziert durch eine Wandlücke mit dem Röhrchen *e*, das mit einem Hahn *f* versehen ist und an den Kessel geschraubt wird. An den Enden der Röhre sind zwei Stängelchen eingehängt, die auf einen mit einem verzahnten Sektor versehenen Hebel *g* wirken. Der Sektor treibt ein kleines Getriebe *h*, an dessen Axe ein Zeiger angebracht ist, der auf ein Zifferblatt weiset, das sich an der Rückseite des Gehäuses befindet. Lässt man bei *e* Dampf eintreten, so wird das Röhrchen *a* deformirt, seine Enden gehen auseinander, wirken vermittelt der Zugstängelchen auf den Sektorhebel und dieser wirkt vermittelt des Getriebes *h* auf den Zeiger. Um die Zifferblatteintheilung zu machen, lässt man die Dämpfe von verschiedener Spannkraft auf das Federmanometer und auf ein Quecksilbermanometer einwirken, bemerkt die jedesmalige Stellung des Zeigers, bemerkt die durch das Quecksilbermanometer bestimmte Spannkraft und sucht zuletzt die Zwischenpunkte der Eintheilung durch Interpolation. Diese Federmanometer werden wahrscheinlich mit der Zeit alle andern Arten von Manometer verdrängen. Sie gewähren zwar nicht die Genauigkeit der Quecksilbermanometer, allein als Spannungsanzeiger sind sie doch hinreichend genau und können nicht nur bei stehenden Maschinen, sondern auch bei Dampfschiffen und Lokomotiven gebraucht werden. Von Zeit zu Zeit soll das Instrument geprüft werden, weil sich möglicher Weise die Elastizität der Röhre ändern kann, in welchem

Falle die Skala unrichtig wird. Die Ingenieure *Schinz* im Zürich, *Schäffer* in Magdeburg, *Bourdon* in Paris fertigen derlei Manometer.

C. Das Sicherheitsventil.

Tafel XV., Fig. 16 zeigt die gebräuchlichste Einrichtung eines Sicherheitsventiles für Landmaschinen. *a* ist eine mit dem Dampfraum des Kessels kommunizierende Röhre. An die Mündung derselben ist der Ventilsitz *b* aus Messing geschraubt. Bei Lokomotiven ist der Ventilsitz konisch, bei Landmaschinen in der Regel eben ringförmig. Das Ventil *c* wird durch Rippen geführt, welche an der cylindrischen Aushöhlung des Sitzkörpers *b* anliegen. *d* ist ein Hebel, der bei *f* seinen Drehungspunkt hat, bei *g* durch eine Schleife geführt wird und durch ein Gewicht *h* belastet ist. Er drückt vermittelt eines Tasters gegen das Ventil *c*.

Es ist schon früher gesagt worden, dass man sich durch ein solches Ventil nur sichern kann, wenn die Spannung des Dampfes bei allmählicher Ansammlung desselben im Kessel nicht über eine gewisse Grenze gehen kann. Gegen die Wirkung von plötzlichen Entwicklungen grösserer Dampfmassen kann diese Einrichtung nicht Schutz gewähren. Damit das Ventil das leistet, was man von demselben verlangen kann, muss es gewisse Dimensionen und eine gewisse Belastung erhalten.

Nennen wir:

- F* die Heizfläche des Kessels in Quadratmetern,
- N* die Pferdekraft des Kessels,
- s* die Dampfmenge in Kilogrammen, welche in jeder Sekunde in dem Kessel produziert wird (bei normaler Heizung),
- Ω den Querschnitt der Ventilöffnung,
- P* die Belastung des Ventils, d. h. die Pressung des Ventils gegen den Ventilsitz weniger den Druck der äussern Atmosphäre gegen den Ventilkörper,
- p* den Druck des Dampfes (pro 1^{qm}), bei welchem die Hebung des Ventils beginnen soll,
- p_1 die grösste Pressung, die in dem Kessel eintreten darf,
- $\alpha + \beta p$, $\alpha + \beta p_1$ die Gewichte von 1^{Kbm} Dampf, deren Spannungen p und p_1 sind,
- \mathfrak{A} den Druck der Atmosphäre auf 1^{qm} .

Vernachlässigt man die Breite des Ventilsitzes, so ist im Moment, wenn die Erhebung beginnt:

$$P + \mathfrak{A} \Omega = q \Omega \dots \dots \dots (1)$$

Wenn im Kessel durch allmähliche Dampfansammlung die Span-

nung nie höher als p_1 werden soll, so muss bei dieser Spannung durch das Ventil aller Dampf entweichen, der im Kessel gebildet wird, denn dann wird die Spannung des Dampfes im Kessel selbst dann nicht höher als p_1 werden können, wenn die Maschine abgestellt ist, während die Feuerung in normaler Weise fortgeht. In dem Zustand, wenn im Kessel eine Spannung p_1 eingetreten ist und am Rande des Ventils in jeder Sekunde eine Dampfmenge s auströmt, schwebt das Ventil in einer gewissen Höhe s über dem Ventilsitz, und muss unmittelbar unter dem Ventil eine Spannung p vorhanden sein, denn es findet ein Gleichgewichtszustand statt und die Kräfte, welche das Ventil abwärts treiben, sind, wenn das Ventil schwebt, eben so gross, als wenn das Ventil den Sitz berührt. Die Spannungsdifferenz $p_1 - p$ muss also so gross sein, dass durch dieselbe in jeder Sekunde die Dampfmenge s durch die Oeffnung Ω getrieben wird, dagegen muss die Spannungsdifferenz $p - \mathfrak{A}$ so gross sein, dass durch dieselbe die Dampfmenge s durch die Oeffnung $C s$ getrieben wird, wobei C den Umfang des Ventils bezeichnet. Man hat daher:

$$s = (\alpha + \beta p) \Omega \sqrt{\frac{2g}{\beta} \lognat \frac{\alpha + \beta p_1}{\alpha + \beta p}} \dots (2)$$

$$s = (\alpha + \beta \mathfrak{A}) C s \sqrt{\frac{2g}{\beta} \lognat \frac{\alpha + \beta p}{\alpha + \beta \mathfrak{A}}} \dots (3)$$

Nun ist klar, dass die Ventile so angeordnet werden sollen, dass $\frac{p_1}{p}$ oder $\frac{\alpha + \beta p_1}{\alpha + \beta p}$ ein bestimmtes constantes Verhältniss ist, d. h. wenn die höchste Spannung um ein gewisses Verhältniss grösser ist als diejenige Spannung, bei welcher das Oeffnen des Ventils beginnt. Wir dürfen daher die Wurzelgrösse

$$\sqrt{\frac{2g}{\beta} \lognat \frac{\alpha + \beta p_1}{\alpha + \beta p}} = \lambda \dots (4)$$

als eine constante Grösse nehmen, und dann erhalten wir aus (2):

$$\Omega = \frac{1}{\lambda} \frac{s}{\alpha + \beta p} \dots (5)$$

Diesen Coefficienten λ bestimmt man am sichersten nach That- sachen. Nach der von *Watt* aufgestellten Regel ist für eine Nieder- druckmaschine von 100 Pferdekräften $s = 1$, $\alpha + \beta p = 1$, $\Omega = 0.040$. Diese Daten geben $\frac{1}{\lambda} = \frac{\Omega(\alpha + \beta p)}{s} = \frac{0.04 \times 1}{1} = 0.04$ und $\lambda = 25$. Vermittelst dieses Werthes findet man aus (4), wenn $\beta = 0.0000473$,

$g = 9.808$ gesetzt wird, $\frac{\alpha + \beta p_1}{\alpha + \beta p} = 1.0769$, d. h. die Watt'sche Regel gibt Ventile, bei welchen die Maximalspannung kaum um $\frac{1}{10}$ grösser ist als die Spannung, bei welcher die Oeffnung des Ventils beginnt. In Frankreich ist vorgeschrieben folgende Formel:

$$d = 2.6 \sqrt{\frac{F}{n - 0.412}}$$

F Heizfläche in Quadratmetern, d Durchmesser in Centimetern, n Dampfspannung in Atmosphären. Diese Formel gilt für $F = 100$, $n = 5$, $d = 12.199 \text{ cm}$, demnach $\Omega = \frac{116}{10000}$ Quadratmeter. Diese Daten geben uns, wenn wir $s = \frac{F}{150}$ setzen:

$$\lambda = \frac{s}{(\alpha + \beta p)\Omega} = \frac{\frac{100}{150} \times 10000}{2.586 \times 116} = 22.2$$

also nahe den gleichen Werth, den die Watt'sche Regel gegeben hat. Ich setze demnach:

$$\Omega = 0.04 \frac{s}{\alpha + \beta p} \quad (6)$$

Nun ist aber $s = \frac{F}{150} = \frac{N}{100}$, daher wird auch:

$$\Omega = \frac{0.04}{150} \frac{F}{\alpha + \beta p} = \frac{0.04}{100} \frac{N}{\alpha + \beta p} \quad (7)$$

und vermöge (1):

$$P = \Omega(p - \mathcal{A}) = 0.04 s \frac{p - \mathcal{A}}{\alpha + \beta p} = \frac{0.04}{150} F \frac{p - \mathcal{A}}{\alpha + \beta p} \quad \left. \vphantom{P = \Omega(p - \mathcal{A})} \right\} (8)$$

$$= \frac{0.04}{100} N \frac{p - \mathcal{A}}{\alpha + \beta p}$$

Vermittelst dieser Formeln ist nachstehende Tabelle berechnet:

Einleitend wird mit demselben Titel XVII, Fig. 3. Der Rest befindet sich im Innern links. Die Luft geht durch L. & 3 nach dem Kamin. Das Rohr ist gedichtet. Der Kessel ist schwer zu reinigen. Der Dampf, welcher sich am Boden des Kessels bildet, kann schwer nach dem Dampfraum gelangen. Auch dieser Kessel wird nicht mehr angewandt.

Spannung des Dampfes im Kessel in Atmosph.	$\frac{\Omega}{S}$	$\frac{\Omega}{F}$	$\frac{\Omega}{N}$	$\frac{P}{S}$	$\frac{P}{F}$	$\frac{P}{N}$
2	0·03580	0·000238	0·000358	370	2·46	3·70
3	0·02468	0·000164	0·000247	510	3·40	5·10
4	0·01896	0·000127	0·000189	587	3·91	5·87
5	0·01544	0·000103	0·000154	638	4·25	6·38
6	0·01312	0·000087	0·000131	677	4·51	6·77

Die Gleichung (3) kann man benutzen, um die Erhebung s des Ventils zu berechnen.

Beurtheilung verschiedener Kessel hinsichtlich ihres Dampferzeugungsvermögens und ihrer Festigkeit.

Watt'scher Sargkessel mit ebener Endfläche. Tafel XVI., Fig. 1. Die Gase ziehen zuerst durch 1 bis an das hintere Ende des Kessels, dann durch 2 bis an das vordere Ende, endlich durch 3 zurück nach dem Kamin. Für die Dampferzeugung an und für sich lässt dieser Kessel nichts zu wünschen übrig, auch ist er sehr bequem zu reinigen, allein seine Festigkeit ist sehr gering und wird deshalb nicht mehr angewendet.

Sargkessel mit innerer Heizung. Tafel XVI., Fig. 2. Die Luft zieht durch 1, 2, 3 nach dem Kamin. Bei gleichem Volumen ist die Heizfläche grösser, als bei dem einfachen Sargkessel. Das Rohr mit äusserem Druck ist gefährlich, der Kessel ist schwer zu reinigen. Der Dampf, der sich zwischen dem Boden des Rohres 2 und dem Boden des Kessels bildet, kann nicht leicht nach dem Dampfraum gelangen. Auch dieser Kessel wird nicht mehr angewendet.

Cylindrischer Kessel mit Feuerrohr. Tafel XVI., Fig. 3. Der Rost befindet sich im innern Rohr 1. Die Luft geht durch 1, 2, 3 nach dem Kamin. Das Rohr ist gefährlich. Der Kessel ist schwer zu reinigen. Der Dampf, welcher sich am Boden des Kessels bildet, kann schwer nach dem Dampfraum aufsteigen. Diese Kessel sind für schwächere Spannungen auch jetzt noch zuweilen im Gebrauch.