Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Theorie der Kesselapparate

urn:nbn:de:bsz:31-270981

T_0 die Temperatur des heissen Stromes, da wo derselbe in den Erwärmungskanal eintritt,

T_1 die Temperatur des heissen Stromes, da wo derselbe den Erwärmungskanal verlässt,

t_0 die Temperatur der zu erwärmenden Flüssigkeit vor ihrer Erwärmung durch den heissen Strom,

t_1 die Temperatur, bis zu welcher die Flüssigkeit durch den heissen Strom erwärmt werden soll,

$e = 2{\cdot}718$ die Basis der natürlichen Logarithmen,

W die Wärmemenge in Wärmeeinheiten ausgedrückt, welche stündlich durch die Heizfläche des Apparates geht und von der zu erwärmenden Flüssigkeit aufgenommen wird.

Theorie der Kesselapparate. Es sei Tafel XV., Fig. 1 ein Kesselapparat. $O\,H\,P\,J$ der Kanal, durch welchen der heisse Strom von links nach rechts zieht. $E\,O\,G\,P$ der Raum, in welchem sich die zu erwärmende Flüssigkeit befindet. In diesem Raum werden stündlich q Kilogramm Flüssigkeit zu- und abgeleitet. $m\,n$ und $m_1\,n_1$ sind zwei unendlich nahe Querschnitte des heissen Stromes. U die Temperatur im Querschnitt $m\,n$, $U - dU$ die Temperatur im Querschnitt $m_1\,n_1$, $d\,f$ das Element $m\,m_1$ der Heizfläche zwischen $m\,n$ und $m_1\,n_1$. Wir setzen einen Beharrungszustand voraus, nehmen also an, dass die Temperatur in einem bestimmten Querschnitt von der Zeit nicht abhängt.

Wenn die Temperatur innerhalb $m\,m_1\,n\,n_1$ gleich U wäre, würde durch das Flächenelement $d\,f$ in jeder Sekunde eine Wärmemenge $k\,d\,f\,(U - t_1)$ in den Kessel eindringen. Wäre dagegen die Temperatur in dem Raum $m\,m_1\,n\,n_1$ überall gleich $U - d\,U$, so würde die in den Kessel in jeder Sekunde eindringende Wärmemenge $k\,d\,f\,(U - d\,U - t_1)$ betragen. Da aber die Temperatur von $m\,n$ bis $m_1\,n_1$ abnimmt, so ist die in der That in den Kessel eindringende Wärme kleiner als $k\,d\,f\,(U - t_1)$ und grösser als $k\,d\,f\,(U - d\,U - t_1)$. Allein da diese Wärmemengen nur um ein unendlich Kleines von der zweiten Ordnung verschieden sind, so darf man, ohne einen Fehler zu begehen, die wirklich eindringende Wärmemenge gleich $k\,d\,f\,(U - t_1)$ setzen. Diese Wärmemenge muss aber dem Wärmeverlust $Q\,S\,(U - d\,U) - Q\,S\,U = - Q\,S\,d\,U$ gleich gesetzt werden, welchen die in jeder Sekunde durch den Raum $m\,n\,m_1\,n_1$ gehende Luftmenge Q erleidet; man hat daher:

$$k\,d\,f\,(U - t_1) = - Q\,S\,d\,U$$

oder

$$\frac{d\,U}{U - t_1} = - \frac{k}{Q\,S}\,d\,f$$

Das Integrale dieser Gleichung ist:

$$\log(U - t_1) = -\frac{k}{QS} f + \text{const} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Da die Heizfläche bei O E beginnt, so ist für $U = T_0$, $f = 0$, demnach

$$\log(T_0 - t_1) = \text{const} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Da ferner G P das Ende des Kessels ist, so muss für $U = T_1$ $f = F$ gesetzt werden. Man hat daher auch:

$$\text{lognat}(T_1 - t_1) = -\frac{k}{QS} F + \text{const} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Durch Subtraktion der Gleichung (3) von (2) ergibt sich:

$$\frac{k}{QS} F = \text{lognat} \frac{T_0 - t_1}{T_1 - t_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Die Wärmemenge, welche die Verbrennungsgase verlieren, indem deren Temperatur von T_0 auf T_1 herabsinkt, ist $QS(T_0 - T_1)$. Diese Wärmemenge dringt in den Kessel ein und bewirkt, dass in jeder Sekunde eine Flüssigkeitsmenge von q Kilogrammen von t_0 auf t_1 erhitzt wird. Man hat daher die Gleichung:

$$QS(T_0 - T_1) = qs(t_1 - t_0) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Aus diesen zwei Gleichungen lassen sich zwei Grössen bestimmen, wenn die übrigen bekannt sind. Wenn z. B. $t_1\ t_0\ T_1\ T_0\ q$ S und s angenommen werden, so findet man für Q und F folgende Werthe:

$$\left.\begin{aligned} Q &= q \frac{s}{S} \frac{t_1 - t_0}{T_0 - T_1} \\ F &= \frac{1}{k} \frac{\text{lognat} \dfrac{T_0 - T_1}{T_1 - t_1}}{\dfrac{1}{QS}} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Nun ist auch $W = QS(T_0 - T_1)$, denn dies ist die Wärmemenge, welche der heisse Strom verliert, die also durch die Heizfläche in den Kessel eindringt. Führt man in den Ausdruck für F_k den aus letzterer Gleichung folgenden Werth $QS = \frac{W}{T_0 - T_1}$ ein, so ergibt sich auch:

$$F_k = \frac{W}{k} \frac{\text{lognat} \dfrac{T_0 - t_1}{T_1 - t_1}}{T_0 - T_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Dieser Ausdruck bestimmt die Heizfläche, welche der Apparat erhalten muss, wenn in demselben stündlich eine Wärmemenge W eindringen soll und wenn die Temperatur des heissen Stromes von T_0 bis T_1 abnehmen soll.

Theorie des Parallelstromapparates. Denken wir uns einen Kanal, der aus einem die Wärme nicht leitenden Material besteht, durch eine Wand, welche die Wärme zu durchdringen vermag, in zwei Kanäle getheilt, und durch einen dieser Kanäle die zu erwärmende Flüssigkeit getrieben, durch den andern dagegen die glühenden Verbrennungsgase nach paralleler Richtung geleitet, so haben wir eine Anordnung, die im Wesentlichen einen Röhrenapparat mit Parallelströmen darstellt.

Es sei Tafel XV., Fig. 2 u. 3 E G H I der Längenschnitt, A B C D irgend ein Querschnitt des Apparates, $m\ n\ p$, $m_1\ n_1\ p_1$ zwei unendlich nahe Querschnitte desselben, U und $U - dU$ die Temperaturen der Verbrennungsgase bei $n\ p$ und $n_1\ p_1$; u und $u + du$ die Temperaturen der Luft bei $m\ n$ und $m_1\ n_1$. Damit aber, wie wir hier voraussetzen, in allen Punkten eines bestimmten Querschnittes einerlei Temperatur vorhanden sein kann, dürfen die normalen Weiten $m\ n$ und $n\ p$ nicht gross sein. Denn wenn diese Weiten gross wären, würde die in der Nähe von E G ziehende Flüssigkeit wenig Wärme empfangen, und würden die in der Nähe von H I hinströmenden Gase nur wenig Wärme verlieren, und dann müssten die Temperaturen von n nach m hin abnehmen und von n nach p hin zunehmen, was eine sehr ungünstige Wirkung des Apparates zur Folge hätte. Die Bedingung, dass in einem und demselben Querschnitt eines Kanals einerlei Temperatur herrsche, dient also nicht blos zur Vereinfachung der Rechnung, sondern derselben muss überhaupt jede zweckmässige Anordnung eines Heizapparates entsprechen, was eben nur bei geringer Weite der Kanäle annähernd möglich ist. Um dieser Bedingung bei einem eigentlichen Röhrenapparat zu entsprechen, dürfen die Durchmesser und die Entfernungen der Röhren nicht gross sein.

Wir wollen die in der Theorie des Kesselapparates gewählten Bezeichnungen auch hier beibehalten, und beginnen nun mit der Entwicklung der Theorie.

Die Wärmemenge, welche in einer Sekunde durch das bei $n\ n_1$ befindliche Flächenelement df aus dem Gaskanal in den Flüssigkeitskanal übergeht, ist $k\ (U - u)\ df$.

Diese Wärmemenge wird der in jeder Sekunde durch den Raum $n\ p\ n_1\ p_1$ gehenden Gasmenge Q entzogen, und wird von der in jeder Sekunde durch den Raum $m\ n\ m_1\ n_1$ gehenden Flüssigkeitsmenge q aufgenommen, man hat daher die Gleichheiten: