Die Luftexpansions-Maschine

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1853

Theorie des Röhrenapparates mit Parallelströmen

urn:nbn:de:bsz:31-266528

300^{0} zu erwärmen, braucht man eine Heizfläche von $\frac{60}{1 \cdot 29} = 46$ Quadratmeter und ist eine Brennstoffmenge von $\frac{1}{30 \times 1 \cdot 29} = \frac{1}{38 \cdot 7}$ Kilogrammen Steinkohlen erforderlich.

Setzen wir in die Gleichungen (B)

$$\varDelta = 10^{0},\ t_{0} = 10^{0},\ t_{1} = 300^{0},\ q = 1,\ \lambda = 2,\ S = s = 0 \cdot 2669$$

$$\mathfrak{H} = 6000,\ F = 46,\ B = \frac{1}{38 \cdot 7}$$

so findet man zunächst

$$T_{0} = 10^{0} + \frac{545}{2 \times 0 \cdot 2669} = 1030.$$

Die dritte dieser Gleichungen gibt

$$Q = \frac{\mathfrak{H}\,\lambda\,B}{545} = 0 \cdot 569.$$

Aus der zweiten dieser Gleichungen folgt nun weiter $0 \cdot 569 = \frac{290}{1030 - T_{1}}$, woraus sich $T_{1} = 521^{0}$ ergibt. Vermittelst der letzten Gleichung ergibt sich endlich:

$$k = \frac{1}{46}\,\frac{\text{lognat.}\ \frac{1030 - 300}{521 - 300}}{\frac{1}{0 \cdot 569 \times 0 \cdot 2669}} = \frac{1}{253}$$

Theorie des Röhrenapparates mit Parallelströmen.

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 Luft 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 Fig. 2 Taf. III. 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 — d U die Temperaturen der Verbrennungsgase bei n p und n_{1} p_{1}; u und u + d u 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 A M und M C nicht gross sein. Denn wenn diese Weiten gross wären, würde die in der Nähe von E G ziehende Luft 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 Leistung 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 der Kesselapparate gewählten Bezeichnungen auch hier behalten, und beginnen nun mit der Entwicklung der Theorie.

Die Wärmemenge, welche in einer Sekunde durch das bei n n_1 befindliche Flächenelement d f aus dem Gaskanal in den Luftkanal übergeht, ist k (U — u) d f.

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 Luftmenge q aufgenommen, man hat daher die Gleichheiten:

$$\left.\begin{aligned} k\,(U - u)\,d\,f &= -\,Q\,S\,d\,U \quad \ldots\ldots \\ -\,Q\,S\,d\,U &= +\,q\,s\,d\,u \quad \ldots\ldots \end{aligned}\right\}(21)$$

welche von den Geschwindigkeiten der beiden Ströme ganz unabhängig sind.

Die zweite dieser Gleichungen kann, da der Voraussetzung gemäss S, s, Q und q constant sind, unmittelbar integrirt werden. Das Resultat dieser Integration ist:

$$Q\,S\,U + q\,s\,u = \text{const.} \quad \ldots\ldots \quad (22)$$

Nun ist für $U = T_0$, $u = t_0$ und für $U = T_1$ $u = t_1$, man hat daher auch:

$$Q\,S\,T_0 + q\,s\,t_0 = \text{const.} \quad \ldots\ldots \quad (23)$$

$$Q\,S\,T_1 + q\,s\,t_1 = \text{const.} \quad \ldots\ldots \quad (24)$$

Durch Subtraktion der Gleichungen (23) und (24) ergibt sich

$$Q\ S\ (T_0 - T_1) = q\ s\ (t_1 - t_0)\ .\ .\ .\ .\ (25)$$

Durch Subtraktion der Gleichungen (22) und (23) folgt aber

$$Q\ S\ (T_0 - U) = q\ s\ (u - t_0)\ .\ .\ .\ .\ (26)$$

Setzt man den aus dieser Gleichung für u sich ergebenden Werth:

$$u = t_0 + \frac{Q\ S}{q\ s}\ (T_0 - U)$$

in die erste der Gleichungen (21), so wird derselbe

$$k \left[U - t_0 - \frac{Q\ S}{q\ s}\ (T_0 - U) \right] d\ f = - Q\ S\ d\ U$$

Aus dieser Gleichung folgt:

$$d\ f = - \frac{Q\ S}{k} \frac{d\ U}{U \left(1 + \frac{Q\ S}{q\ s}\right) - \left(t_0 + \frac{Q\ S}{q\ s}\ T_0\right)}$$

Das allgemeine Integrale dieser Gleichung ist:

$$f = - \frac{1}{k} \frac{Q\ S}{1 + \frac{Q\ S}{q\ s}} \text{ lognat. } \left\{ \begin{array}{l} + U \left(1 + \frac{Q\ S}{q\ s}\right) \\ - \left(t_0 + \frac{Q\ S}{q\ s}\ T_0\right) \end{array} \right\} + \text{const.}$$

Nun ist aber für $U = T_0$, $f = o$ und für $U = T_1$ $f = F$ daher hat man:

$$o = - \frac{1}{k} \frac{Q\ S}{1 + \frac{Q\ S}{q\ s}} \text{ lognat. } \left\{ \begin{array}{l} + T_0 \left(1 + \frac{Q\ S}{q\ s}\right) \\ - \left(t_0 + \frac{Q\ S}{q\ s}\ T_0\right) \end{array} \right\} + \text{const.}$$

$$F = - \frac{1}{k} \frac{Q\ S}{1 + \frac{Q\ S}{q\ s}} \text{ lognat. } \left\{ \begin{array}{l} + T_1 \left(1 + \frac{Q\ S}{q\ s}\right) \\ - \left(t_0 + \frac{Q\ S}{q\ s}\ T_0\right) \end{array} \right\} + \text{const.}$$

Durch Subtraktion dieser Gleichungen findet man:

$$F = \frac{1}{k} \frac{1}{\frac{1}{Q\,S} + \frac{1}{q\,s}} \text{ lognat. } \frac{T_0\left(1 + \frac{Q\,S}{q\,s}\right) - \left(t_0 + \frac{Q\,S}{q\,s}\,T_0\right)}{T_1\left(1 + \frac{Q\,S}{q\,s}\right) - \left(t_0 + \frac{Q\,S}{q\,s}\,T_0\right)}$$

Mit Berücksichtigung der Gleichung (25) verwandelt sich diese Gleichung in folgenden einfachen Ausdruck

$$F = \frac{1}{k} \frac{\text{lognat. } \frac{T_0 - t_0}{T_1 - t_1}}{\frac{1}{Q\,S} + \frac{1}{q\,s}} \quad \ldots\ldots \quad (27)$$

Nebst dieser Gleichung bestehen aber auch hier die drei ersten der Gleichungen (B), welche wir für den Kesselapparat hergeleitet haben, denn von den Gleichungen (B) ist die erste und ist die dritte ganz unabhängig von der Einrichtung des Heizapparates, und die Gleichung (25) stimmt mit der zweiten der Gleichungen (B) ganz überein; man hat daher für den Röhrenapparat mit Parallelströmen folgende Resultate:

$$\left.\begin{array}{l}
T_0 = \varDelta + \frac{545}{\lambda\,S} \quad \ldots\ldots\ldots \\[2ex]
Q = q\,\frac{s}{S}\,\frac{t_1 - t_0}{T_0 - T_1} \quad \ldots\ldots \\[2ex]
B = 545\,\frac{Q}{\mathfrak{H}\,\lambda} \quad \ldots\ldots\ldots \\[2ex]
F = \frac{1}{k} \frac{\text{lognat. } \frac{T_0 - t_0}{T_1 - t_1}}{\frac{1}{Q\,S} + \frac{1}{q\,s}} \quad \ldots\ldots
\end{array}\right\} (C)$$

und die Constanten haben hier dieselben Werthe, wie in den Gleichungen (B). Es ist nämlich $s = S = 0{\cdot}2669$, $k = \frac{1}{253}$, λ gewöhnlich $= 2$.

Die Folgerungen, welche sich aus diesen Gleichungen (C) ziehen lassen, wollen wir vorläufig nicht aussprechen, sondern gehen sogleich zur Theorie des dritten Heizapparates über.