

I. Der Zweck des Dampfkessels.

Der Zweck jeder Dampfkesselanlage ist die Umsetzung des in den Brennstoffen enthaltenen chemischen Arbeitsvermögens in Wärme dergestalt, daß dieselbe an einem anderen nahe gelegenen Orte verwendet werden kann, und zwar entweder, nach einer weiteren Umwandlung, in Form von mechanischer Arbeit oder direkt als Wärme zum Heizen und Kochen.

Der wirtschaftliche Wirkungsgrad einer Kesselanlage ist nun verschieden zu bewerten, je nachdem nur die erste, die zweite oder nacheinander auch beide Verwendungsarten des Dampfes in Betracht kommen.

Es ist bekannt, daß die Dampfkraftanlagen die ihnen zur Verfügung gestellten Energiemengen verhältnismäßig schlecht ausnutzen und daß die Schuld daran, oft zu Unrecht, dem Dampfkessel zugeschrieben wird. Man rechnet bei Dampfkraftanlagen, selbst bei vorzüglicher Einrichtung, nur mit einem wirtschaftlichen Wirkungsgrade $\eta_w = 0,12$ bis $0,15$. Das Bild ändert sich aber, wenn man sich nicht darauf beschränkt, nur Arbeit zu gewinnen, sondern wenn hinterher auch noch die gelieferte Wärme als solche verwendet wird.

Alsdann ist es möglich, wie Untersuchungen gezeigt haben, über 70 v. H. der Energie des Brennstoffes auszunutzen.

Allerdings ist zuzugeben, daß die Energie in Form von mechanischer Arbeit, eben weil sie schwieriger zu gewinnen ist, einen höheren wirtschaftlichen Wert hat als in Form von Wärme.

Der Technik der Wärmekraftmaschinen dürfte aber der Weg gewiesen sein, die sehr bedeutenden Wärmemengen, welche auch mit den vollkommensten maschinellen Einrichtungen nicht mehr in mechanische Arbeit verwandelt werden können, zu Heizzwecken nutzbar zu machen.

Gelegenheiten dazu lassen sich durch organisatorische Maßnahmen, wie die Vereinigung von kraftzeugenden und wärmeverbrauchenden Anlagen, z. B. in städtischen Betrieben, bei Kraftwerken in Verbindung mit Badeanstalten und Heizungsanlagen, vielerorts schaffen.

Versuche nach dieser Richtung haben bereits die günstigsten wirtschaftlichen Erfolge gehabt.

II. Die Wärme.

Die Wärme ist eine der Formen, in denen das in der Natur vorhandene Arbeitsvermögen (Energie) auftritt; sie wird durch das Gefühl wahrgenommen und in der Regel durch die Ausdehnung der Körper, denen sie zugeführt wird, gemessen. Die technische Wärmelehre oder Thermodynamik fußt in erster Linie auf den Forschungen von Sadi Carnot, Robert Mayer und Clausius. Die Ergebnisse derselben seien kurz durch folgende Sätze umschrieben:

1. Wärme und mechanische Arbeit sind gleichwertig (äquivalent).

2. Die Wärme ist kein Stoff, sondern sie ist die Bewegungsenergie der Moleküle. Wärme geht nur von einem wärmeren zu einem kälteren Körper, aber nie von selbst den umgekehrten Weg.

3. Wärme kann nur dann in mechanische Arbeit verwandelt werden, wenn zwei Körper von verschiedener Temperatur vorhanden sind. Der thermische Wirkungsgrad ist um so höher, je größer dieser Temperaturunterschied ist.

1. Temperatur.

Die Temperatur bezeichnet den Wärmezustand, in welchem sich ein Körper befindet, d. h. den Grad der Bewegungsenergie seiner Moleküle.

In der Technik mißt man die Temperatur nach der Skala von Celsius, deren Nullpunkt bei der Temperatur des schmelzenden Wassers liegt und deren Einheit dadurch bestimmt ist, daß man den Temperaturunterschied zwischen der Temperatur des bei 760 mm Q. S. siedenden Wassers und diesem Nullpunkt in 100 gleiche Teile teilt. Die Bezeichnung dafür ist $t^\circ \text{C}$.

Daneben benutzt man die absolute Skala, deren Nullpunkt 273° unter 0°C liegt, Bezeichnung T° . Nach der Hypothese von der Molekularbewegung würde ein Körper bei dieser Temperatur überhaupt keine Wärme haben und seine Moleküle sich vollständig bewegungslos verhalten.

2. Ausdehnung.

Mit ganz geringen Ausnahmen dehnen sich alle Körper bei der Erwärmung aus. Die Ausdehnungszahl gibt die Zunahme an, welche die Längeneinheit bei festen Körpern oder die Raumeinheit bei festen, flüssigen oder gasförmigen Körpern bei 1° Temperaturerhöhung erfährt.

Bezeichnen β die lineare Ausdehnungszahl, l_0 die Länge, V_0 den Rauminhalt eines Körpers bei $t_0^\circ \text{C}$ und l_1 die Länge, V_1 den Rauminhalt eines Körpers bei $t_1^\circ \text{C}$, so ist

$$l_1 = l_0 [1 + \beta (t_1 - t_0)],$$

und die Verlängerung eines Stabes von der Länge l bei der Temperaturerhöhung $t = t_1 - t_0$ ist

$$\Delta l = \beta l t.$$

Die Raumausdehnung läßt sich aus der linearen Ausdehnung ohne weiteres berechnen. Mit genügender Annäherung rechnet man jedoch mit einer Raumausdehnungszahl gleich der dreifachen Längenausdehnungszahl, also ist die Raumausdehnung

$$\Delta V = \alpha V \cdot t,$$

worin $\alpha = 3\beta$ und

$$V_1 = V_0 [1 + \alpha (t_1 - t_0)].$$

Mittlere Ausdehnungszahlen einiger Stoffe:

Blei	$\beta = 1/35100$
Kupfer	$\beta = 1/60900$
Bronze	$\beta = 1/57000$
Flußeisen	$\beta = 1/85000$
Schweißeisen	$\beta = 1/82500$
Gußeisen	$\beta = 1/93700$
gewöhnliche Ziegelsteine	$\beta = 1/180000$
feuerfeste „	$\beta = 1/200000$
bleifreies Glas	$\beta = 1/114000$

Feuerfestes Mauerwerk nimmt beispielsweise bei einer

Temperaturerhöhung von 500°C um $500 \cdot \frac{1000}{200000} = 2\frac{1}{2}$ mm auf 1 m an Länge zu.

Bei hohen Temperaturen ändert sich die Ausdehnungszahl, und zwar nimmt sie im allgemeinen zu.

Flüssige Körper haben nur Raumausdehnung; dieselbe ist weniger gleichförmig als die der festen Körper, besonders in der Nähe der Siedetemperatur.

Für Quecksilber ist $\alpha = 1/5509$.

Das Wasser hat seinen kleinsten Rauminhalt bei $+4^\circ\text{C}$, derselbe nimmt bei Abkühlung auf 0° um 0,013 v. H. bei Erwärmung auf 100°C um 4,34 v. H. zu.

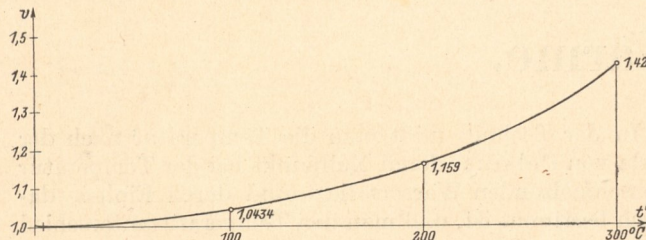


Fig. 1. Temperaturvolumenkurve des Wassers.

Gasförmige Körper haben alle ungefähr die gleiche

Ausdehnungszahl $\alpha = \frac{1}{273} = 0,003665$.

3. Wärmeeinheit.

Trotzdem die Wärme kein Stoff ist, spricht man von Wärmemengen. Die Einheit der Wärmemenge, Wärmeeinheit, WE, auch Calorie genannt, ist diejenige Wärmemenge, welche die Temperatur von 1 kg Wasser von 0°C auf 1°C zu erhöhen vermag.

4. Spezifische Wärme.

Die spez. Wärme c eines Stoffes gibt die Zahl von Wärmeeinheiten an, die erforderlich sind, um die Temperatur von 1 kg dieses Stoffes um 1°C zu erhöhen.

Die spez. Wärme ist im allgemeinen eine mit der Temperatur veränderliche Größe; man rechnet aber mit mittleren Werten, welche für die Temperaturen von 0° bis 100° wenig von den genauen Werten abweichen.

Es ist für

Blei	$c = 0,031$
Kupfer	$c = 0,094$
Eisen und Stahl	$c = 0,115$
Steinkohle	$c = 0,31$
Ziegelsteine	$c = 0,22$
Glas	$c = 0,20$
Eichenholz	$c = 0,57$
Eis	$c = 0,50$

Die spez. Wärme des Wassers stellt man in der Regel mit $c = 1$ in Rechnung. In Wirklichkeit ist c bei 35° um 0,29 v. H. kleiner, bei 100° um 0,43 v. H. größer als 1.

Der Mittelwert zwischen:

0° und 100°C ist jedoch wieder	$c_m = 1,00$
0° „ 200°C „	$c_m = 1,0155$
0° „ 300°C „	$c_m = 1,0449$

Bei den Gasen unterscheidet man: die spez. Wärme bei konstantem Rauminhalt c_v und die spez. Wärme bei konstantem Druck c_p .

Die Werte c_v der verschiedenen Gase verhalten sich umgekehrt wie die spez. Gewichte derselben.

c_p ist immer größer als c_v , weil die Erwärmung bei konstantem Druck wegen der Raumvergrößerung mit einer äußeren Arbeit verbunden ist, die zu der inneren Arbeit hinzutritt.

Beide spez. Wärmen sind abhängig von der Temperatur.

Zahlentafel Nr. 1.

Spezifische Wärme bezogen auf 1 kg, bei 15°C 1).

	c_v	c_p
Wasserstoff	2,443	3,431
Sauerstoff	0,154	0,216
Stickstoff	0,176	0,247
Kohlenoxyd	0,176	0,248
Atmosphärische Luft	0,170	0,239
Kohlensäure	0,179	0,224
Wasserdampf	$\sim 0,33$	$\sim 0,48$

Bei Wasserdampf kommt noch die Abhängigkeit von dem Druck in Betracht, jedoch erheblich nur in der Nähe des Sättigungszustandes. Dort schwankt der Wert von c_p zwischen 0,45 und 0,75, während er von etwa 400°C an durch die Gleichung

$$c_p = 0,372 + 0,000\ 238\ T \quad (1)$$

bestimmt ist.

Für technische Rechnungen hat man bisher allgemein den konstanten Wert $c_p = 0,48$ benutzt; doch haben neuere Versuche erwiesen, daß dieser Wert zu gering ist.

Für angenäherte Berechnungen empfiehlt es sich, $c_p = 0,54$ zu nehmen, welcher Wert den tatsächlichen Verhältnissen besser entspricht als $c_p = 0,48$. Weiteres ist im Abschnitt VIII enthalten.

Die spez. Wärme von Gasgemengen kann aus den Gewichtsteilen und den spez. Wärmen der Einzelgase berechnet werden. Von solchen Gasgemengen kommen hier die Feuergase bei der Verbrennung von Steinkohlen in Betracht, für welche bei durchschnittlicher Zusammensetzung

$$c_p = 0,236 + 0,000\ 055\ T \quad (2)$$

ist.

1) W. Schüle, Technische Wärmemechanik, Berlin 1909.