

Tabelle B.

	Spezifisches Gewicht γ	Relatives Gewicht bezogen auf Wasserstoff	Werte von R	c_p	γc_p	c_v	γc_v	$\frac{c_p}{c_v} = x$
Atmosphär. Luft	1,293187	14,4384	29,269	0,2375	0,3071	0,1684	0,2170	1,41
Wasserstoff . . .	0,08957	1	422,591	3,4090	0,3053	2,4123	0,2161	1,41
Sauerstoff	1,42979	15,9635	26,472	0,2175	0,3110	0,1551	0,2217	1,40
Stickstoff	1,256163	14,0250	30,131	0,2438	0,3062	0,1727	0,2169	1,41
Stickoxyd	1,34284	14,9928	28,186	0,2317	0,3114	0,1652	0,2218	1,40
Kohlenoxyd	1,25090	13,9662	30,258	0,2450	0,3065	0,1736	0,2172	1,41

Man ersieht aus dieser Tabelle, daß die spezifische Wärme c_p für verschiedene Gase verschieden ist, daß aber in werkwürdiger Weise das Wasserstoffgas hervortritt; dessen spezifische Wärme ist sogar größer als jene irgend eines festen oder flüssigen Körpers, wie auch andere Versuche ergeben haben. Die Werte γc_p sind hingegen für alle Gase nahezu gleich; den kleinsten Wert besitzt der Wasserstoff; nachdem dieses Gas nach allen Erfahrungen dem vollkommenen Gas am nächsten steht, so kann man daraus schließen, daß die einzelnen Gase in ihrem Verhalten um so mehr von den Voraussetzungen, unter welchen die Zustandsgleichung abgeleitet wurde, abweichen, je größer die Abweichung des Wertes γc_p derselben von jenem Werte ist, welcher für Wasserstoff bestimmt wurde. Die Abweichungen sind aber so unbedeutend, daß man ohne Verstoß bei allen oben angeführten Gasen von der Zustandsgleichung Gebrauch machen kann.

Aus den Werten für γc_v ersieht man, daß die spezifische Wärme c_v , bei gleichem Volumen gemessen, bei allen Gasen nahezu gleich ist; daraus ist zu schließen, daß alle Gase für die gleiche Temperaturerhöhung dieselbe Wärmemenge erfordern, wenn die Volumeinheit dem Versuche zu Grunde gelegt wird.

14. Arbeit geleistet durch eine expandierende Flüssigkeit.

Wie bereits an früherer Stelle (§ 5) erörtert, gibt das Indikator diagramm bildlich die Beziehung zwischen Druck und Volumen einer Arbeitsflüssigkeit während der Expansion oder Kompression derselben; wir wollen nunmehr die Form, welche die Expansions- beziehungsweise Kompressionskurve in bestimmten Fällen annimmt, einem eingehenden Studium unterziehen.

In den meisten jener Fälle, mit welchen sich die Theorie der Wärmekraftmaschinen befaßt, sind es Kurven, welche genau oder annähernd durch eine Gleichung dargestellt werden können von der Form

$$pv^n = \text{const.},$$

in welcher der Exponent n verschiedene numerische Werte hat, jedoch für ein und dieselbe Kurve konstant ist.

Es sind zunächst zwei sehr wichtige Arten der Expansion, für welche die Werte von n bestimmt werden sollen.

Sei AB (Fig. 10) eine Expansionslinie irgend einer Flüssigkeit, auf welche die allgemeine Gleichung $p v^n = \text{const.}$ anwendbar ist. Die Flüssigkeit expandiere vom Punkte A nach dem Punkte B ; in A sei das Volumen v_1 , die Pressung p_1 ; im Punkte B hingegen v_2 und p_2 . Während dieser Expansion verrichtet dieselbe eine Arbeit, welche durch die unter der Kurve gelegene schraffierte Fläche gemessen wird.

Bezeichne W diese Arbeit, dann ist

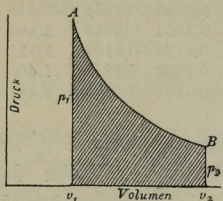


Fig. 10.

$$W = \int_{v_1}^{v_2} p dv. \quad (4)$$

Da nun für irgend einen Punkt der Kurve

$$p v^n = p_1 v_1^n = p_2 v_2^n,$$

somit

$$p = \frac{p_1 v_1^n}{v^n}$$

ist, ergibt sich aus (4)

$$W = p_1 v_1^n \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{v^n}$$

oder integriert

$$W = \frac{p_1 v_1^n (v_2^{1-n} - v_1^{1-n})}{1-n}. \quad (5)$$

Bezeichnet man das Verhältnis des Endvolumens v_2 zum Anfangsvolumen v_1 , d. i. das Expansionsverhältnis, mit r

$$\frac{v_2}{v_1} = r,$$

dann schreibt sich die Gleichung (5)

$$W = \frac{p_1 v_1 (1 - r^{1-n})}{n-1}. \quad (6)$$

Nachdem ferner $p_1 v_1^n = p_2 v_2^n$, läßt sich obiges Resultat noch in einer andern aus Gleichung (5) abgeleiteten Form ausdrücken, nämlich*)

$$W = \frac{p_1 v_1 - p_2 v_2}{n-1}. \quad (7)$$

*) $p_1 v_1^n = p_2 v_2^n$ oder $p_1 v_1^n v_2^{-n} = p_2$ oder $p_1 v_1^n v_2^{1-n} = p_2 v_2$; dies substituiert:

$$W = \frac{p_1 v_1^n (v_2^{1-n} - v_1^{1-n})}{1-n} = \frac{-p_1 v_1 + p_1 v_1^n \times v_2^{1-n}}{1-n} = \frac{p_1 v_1 - p_2 v_2}{n-1}.$$

Wird die Flüssigkeit, statt von A bis B zu expandieren, von B nach A komprimiert, dann gibt der durch obige Gleichungen ausgedrückte Wert von W die Arbeit, welche auf die Flüssigkeit übertragen, also verbraucht wurde.

Für Gase als Arbeitsflüssigkeit, für welche nach den Gesetzen von Boyle-Mariotte und Gay-Lussac $p v = R T$, kann Gleichung (7) in der Form benutzt werden

$$W = \frac{R(T_1 - T_2)}{n - 1}, \quad (8)$$

nachdem $p_1 v_1 = R T_1$ und $p_2 v_2 = R T_2$, wenn T_1 und T_2 die absolute Anfangs- und Endtemperatur des Prozesses bezeichnen.

15. Adiabatische Zustandsänderungen. Nach dieser allgemeinen Erörterung sollen nun die vorhin erwähnten wichtigsten Fälle der Expansion oder Kompression einer Arbeitsflüssigkeit näher betrachtet werden.

Einer dieser Fälle ist jener, wenn die Arbeitsflüssigkeit während der Expansion oder Kompression weder Wärme aufnimmt noch Wärme abgibt; man nennt diese Methode der Expansion oder Kompression adiabatisch und die Kurve, welche die Beziehung zwischen Druck p und Volumen v in einem solchen Prozesse darstellt, eine adiabatische Linie oder kurzweg **Adiabate**.

In einem adiabatischen Prozesse wird daher die Arbeitsflüssigkeit weder durch Leitung, Ausstrahlung oder einen inneren chemischen Prozeß Wärme gewinnen oder verlieren; die Arbeit, welche eine Substanz verrichtet, wenn sie sich adiabatisch ausdehnt, kann daher nur auf Kosten der inneren Energie derselben geleistet werden, und umgekehrt wird jene Arbeit, welche zur adiabatischen Kompression einer Substanz verbraucht wird, die innere Energie derselben entsprechend erhöhen. Der adiabatische Prozeß könnte daher nur dann erzielt werden, wenn sich einerseits die arbeitende Substanz während der Expansion oder Kompression chemisch nicht verändern und andererseits ein Cylinder beziehungsweise Kolben zur Verfügung stehen würde, welcher vollkommen wärmeundurchlässig und gegen Wärmestrahlung unempfindlich, also wärmedicht wäre.

Von einem genau adiabatischen Prozeß kann in unseren Wärmekraftmaschinen niemals die Rede sein, nachdem stets durch Leitung mehr oder weniger Wärme von der Arbeitsflüssigkeit an die Wandungen des Cylinders und Kolbens übergeht und umgekehrt; je rascher der Expansions- oder Kompressionsprozeß verläuft, desto mehr nähert sich derselbe dem adiabatischen, da die für Wärmeübertragung zur Verfügung stehende Zeit verhältnismäßig gering ist.