

Tabelle A.

Wärme gemessen nach Kilogramm- kalorien bei der Temperatur	Arbeit gemessen nach		
	Kilogrammeter in		absolutem Maße 1 Joule = 10000000 Erg.
	Berlin Breite = 52° 30' g = 9,8113 m	München Breite = 48° 9' g = 9,8077 m	
18,6°	425,6	425,8	4176
15,6°	426,2	426,4	4182
11,0°	427,2	427,4	4192
0°*)	429,4	429,6	4243

Nachdem, wie nun festgestellt, eine bestimmte Anzahl Meterkilogramm äquivalent ist einer Wärmeeinheit, so kann man nach Belieben Arbeitsmengen durch Wärmeeinheiten oder Wärmemengen durch Arbeitseinheiten ausdrücken.

Um der Unbestimmtheit zu entgehen, welche die Definition der Wärmeeinheit in sich trägt, wurde der Vorschlag gemacht, als Einheit jenen Aufwand an Wärme anzunehmen, welcher erforderlich ist, die Masseneinheit Eis zu schmelzen oder die Masseneinheit Wasser unter bestimmter Pressung zu verdampfen; diese Vorschläge wurden jedoch nicht benützt. Ein Komitee der „British Association“ beauftragt, Vorschläge bezüglich einer Wärmeeinheit zu erstatten, empfahl den Gebrauch einer dynamischen Wärmeeinheit, nämlich  $4,2 \times 10^7$  Erg ( $10^7$  Erg = 10000000 Erg = 1 Joule). Diese Zahl ist gemäß den neuesten Versuchen ungefähr gleichwertig jener Wärmemenge, welche die Erwärmung von 1 Gramm Wasser bei gewöhnlicher Temperatur um  $1^\circ$  C des Gasthermometers erfordert; diese Definition läuft auf die Darlegung hinaus, daß  $4,2 \times 10^7$  Erg ein mechanisches Äquivalent von 1 Grammgrad sind, wobei die Ausgangstemperatur solange unbestimmt bleibt, bis weitere Kenntnisse der spezifischen Wärme des Wassers erlangt sein werden. Für diese Einheit wurde die Bezeichnung Kalorie vorgeschlagen. Nachdem 1 Fußpfund (in der Breite von Greenwich) gleich ist  $1,3565 \times 10^7$  Erg, so ist unter Bezug auf obige Definition diese Kalorie das Wärmeäquivalent von  $\frac{4,2}{1,3565}$  oder 3,096 Fußpfund. Da ferner 453,6 Gramm gleich sind 1 Av.-Pfund und  $1,8^\circ$  F gleich sind  $1^\circ$  C, so ist die britische Wärmeeinheit gleichwertig  $\frac{453,6}{1,8} = 252$  Grammgrade. Wenn daher die oben definierte Kalorie als die Darstellung von 1 Grammgrad angenommen wird, dann beträgt das mechanische Äquivalent der britischen Wärmeeinheit  $252 \times 3,096 = 780$  Fußpfund.

**2. Das zweite Gesetz der Thermodynamik.** Es ist für eine selbsttätige Maschine unmöglich, ohne Unterstützung äußerer Energie Wärme aus einem kälteren in einen wärmeren Körper zu übertragen.

In dieser Form, jedoch mit den Worten: „Die Wärme kann nicht von selbst aus einem kälteren in einen wärmeren Körper übergehen“, wurde von Clausius das zweite Gesetz aufgestellt\*\*). Die Bedeutung

\*) Diese Werte sind weniger sicher.

\*\*\*) R. Clausius, Die mechanische Wärmetheorie, 3. Aufl. 1887, Braunschweig, Vieweg & Sohn.

dieses zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie erscheint in dieser Fassung nicht genügend klar ausgedrückt und bedarf daher einer kurzen Erörterung. — Der erste Hauptsatz, welcher nach früher lautet: „In allen Fällen, wo durch Wärme Arbeit entsteht, wird eine der erzeugten Arbeit proportionale Wärmemenge verbraucht und umgekehrt kann durch Verbrauch einer ebenso großen Arbeit dieselbe Wärmemenge erzeugt werden“, setzt der Umwandelbarkeit von Wärme in Arbeit keine Grenze; es kann daher nach diesem Gesetze auch die ganze von einer Maschine aufgenommene Wärme in Arbeit verwandelt werden; das zweite Gesetz jedoch setzt diesem Vermögen eine Grenze und besagt, daß keine Wärmemaschine mehr als nur einen Teil der zugeführten Wärme in Arbeit umsetzt oder vielmehr umsetzen kann, während der restliche und größere Teil der Wärme notwendiger Weise als Wärme verloren geht.

Das Verhältnis:

$$\frac{\text{In Arbeit umwandelte Wärme}}{\text{Von der Maschine aufgenommene Wärme}}$$

ist daher stets wesentlich kleiner als Eins. Man nennt diesen Bruch, beziehungsweise dieses Verhältnis, in Anwendung auf die Wärmekraftmaschine, den **thermischen Wirkungsgrad**; er bildet die Basis für die Beurteilung einer Wärmemaschine hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit.

**3. Die Arbeitssubstanzen der Wärmemaschinen.** In jeder Wärmemaschine ist es eine Arbeitssubstanz, welche die Wärme abwechselnd aufnimmt und abgibt. Im allgemeinen erfährt dieselbe dabei Volumsänderungen und verrichtet Arbeit, indem sie den durch diese Volumsänderungen hervorgerufenen Widerstand überwindet. Die Arbeitssubstanz kann gasförmig, flüssig oder fest sein. Man kann sich z. B. eine Wärmemaschine denken, deren arbeitende Substanz ein langer Metallstab ist, derart vorgerichtet, daß derselbe wie ein Sperrkegel gegen enggestellte Zähne eines Sperrades arbeitet. Nun denke man sich diesen Stab erhitzt, bis derselbe vermöge seiner Längenausdehnung das Rad um einen Zahn vorwärts bewegt hat; hält man nun das Rad gegen Rückdrehung fest, etwa durch einen Sperrriegel und kühlt man den Stab z. B. durch Berührung mit kaltem Wasser rasch ab, so daß er sich auf seine anfängliche Länge zusammenzieht, so kann man durch Widererhitzen und Wiederabkühlen desselben das Spiel wiederholen, das Rad in stetige Drehung versetzen und Arbeit etwa in der Weise verrichten, daß durch das Rad ein Gewicht aufgewunden wird. Dieser Gedanke bildet eine vollkommene Wärmemaschine, in welcher die arbeitende Substanz ein fester Stab ist, welcher durch Berührung mit irgend einer Wärmequelle von verhältnismäßig hoher Temperatur erhitzt wird, einen kleinen Teil der aufgenommenen Wärme