



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

108. Spezifische Wärme

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](#)

Das Volumen  $v_0$  im Normalzustand findet man jetzt aus der Gleichung

$$p v = p_0 v_0 (1 + a t),$$

in welcher alle übrigen vorkommenden Größen, da  $p_0 = 760$  mm zu nehmen ist, gegeben sind.

**107. Wärmemenge. Wärmeeinheit.** Wenn man einen Körper erwärmt, dadurch daß man ihn mit einem wärmeren Körper in Berührung bringt, so sagt man, es gehe Wärme von dem wärmeren auf den kälteren Körper über. Benutzt man zur Erhitzung eine Bunsenflamme oder ein Herdfeuer, so bezeichnet man diese als Wärmequellen und sagt, sie erzeugen Wärme, die dann auf den zu erhitzenden Körper übergeht. In beiden Fällen tritt uns Wärme als ein Größenbegriff entgegen. Man spricht von der Wärmemenge, die die Wärmequelle erzeugt, oder von der Wärmemenge, die der warme Körper verliert und der kalte aufnimmt. Es ist bei dieser Auffassung ohne weiteres verständlich, daß eine Wärmequelle bei doppeltem Verbrauch an Brennstoff die doppelte Wärmemenge erzeugt, oder daß 2 kg einer Substanz, um sich um  $1^\circ$  zu erwärmen, doppelt so viel Wärme aufnehmen müssen wie 1 kg. Auf Grund dieser Beziehung kann man Wärmemengen dadurch miteinander vergleichen, daß man die Stoffmengen vergleicht, an denen sie die gleiche Erwärmung hervorbringen. Aber die Erfahrung lehrt, daß gleiche Mengen verschiedener Stoffe, um sich um gleichviel zu erwärmen, nicht gleicher, sondern verschiedener Wärmemengen bedürfen. Um daher Wärmemengen miteinander zu vergleichen, muß man sie immer einer und derselben Substanz zuführen und deren Erwärmung messen. Als solche Normal- oder Bezugssubstanz benutzt man das Wasser, und nimmt als Einheit für den Vergleich der Wärmemengen diejenige Wärmemenge, welche erfordert wird, um die Masseneinheit Wasser um  $1^\circ$  C. zu erwärmen. Man nennt diese Wärmemenge eine Wärmeeinheit oder Kalorie, und unterscheidet g- und kg-Kalorie, je nachdem man als Masseneinheit Gramm oder Kilogramm benutzt. Vorrichtungen zur Messung von Wärmemengen nennt man Kalorimeter. Genauere Untersuchungen über die Wärmeeinheit haben übrigens ergeben, daß die Wärmemenge, welche 1 kg Wasser um  $1^\circ$  erwärmt, verschieden ist, je nachdem man die Ausgangstemperatur des Wassers wählt. Sie ist z. B. größer, wenn man das Wasser von  $0^\circ$  auf  $1^\circ$  erwärmt, als wenn man es von  $20^\circ$  auf  $21^\circ$  erwärmt, und zwar um mehr als 0,5 Proz. Um die hieraus entstehende Unsicherheit zu vermeiden, hat man als Wärmeeinheit diejenige Wärmemenge vorgeschlagen, welche 1 kg Wasser von  $14,5$  auf  $15,5^\circ$  C. nach dem Wasserstoffthermometer erwärmen würde.

**108. Spezifische Wärme.** Will man 1 kg Wasser und 1 kg Quecksilber von  $0^\circ$  auf  $100^\circ$  erwärmen, so bemerkt man, daß bei gleicher Wärmezufuhr das Quecksilber viel rascher die gewünschte Temperatur erreicht als das Wasser. Ja sogar, wenn man von beiden Flüssigkeiten je 1 l nimmt, also dem Gewicht nach 13,6 mal

soviel Quecksilber als Wasser, wird man bei jenem mit einer Heizflamme das Ziel schneller erreichen, als bei diesem mit zwei eben solchen Flammen. Erkaltet ein warmer Körper wieder auf seine ursprüngliche Temperatur, so gibt er die Wärmemenge, welche er vorher zu seiner Erwärmung verbraucht hatte, an seine Umgebung wieder ab; man wird daher, indem man diese Wärmeabgabe beobachtet, zugleich den zur Erwärmung nötigen Wärmebedarf kennen lernen. Man nennt die Wärmemenge, welche die Masseneinheit eines Körpers bedarf, um sich um  $1^{\circ}\text{C}$ . zu erwärmen, die spezifische Wärme des Stoffes. Die Wärmemenge, welche notwendig ist, einen Körper um  $1^{\circ}$  zu erwärmen, ist sonach gleich dem Produkte aus seinem Gewicht und seiner spezifischen Wärme, und heißt seine Wärmekapazität. Alle Verfahrensarten zur Ermittlung der spezifischen Wärme der Körper beruhen auf der Bestimmung der beim Erkalten abgegebenen Wärmemenge. Das gebräuchlichste ist das Mischungsverfahren.

Vermischt man 1 kg Wasser von  $10^{\circ}$  mit 1 kg Wasser von  $50^{\circ}$ , so zeigt die Mischung, wenn alle Wärmeverluste vermieden wurden, die mittlere Temperatur von  $30^{\circ}$ . Das eine Kilogramm Wasser gab nämlich, indem es von  $50^{\circ}$  auf  $30^{\circ}$  erkaltete, die 20 Wärmeeinheiten ab, welche notwendig waren, um das andere Kilogramm Wasser von  $10^{\circ}$  auf  $30^{\circ}$  zu erwärmen. Mischt man dagegen 1 kg Wasser von  $10^{\circ}$  mit 1 kg Terpentinöl von  $60^{\circ}$ , so zeigt das Gemisch nur etwa  $24^{\circ}$ . Um die 14 Wärmeeinheiten zu liefern, welche zur Erwärmung des einen Kilogramms Wasser von  $10^{\circ}$  auf  $24^{\circ}$  erforderlich waren, mußte also das Kilogramm Terpentinöl um  $36^{\circ}$  erkalten; umgekehrt werden diese 14 Wärmeeinheiten auch wieder hinreichen, um 1 kg Terpentinöl um  $36^{\circ}$  zu erwärmen. Zur Erwärmung von 1 kg Terpentinöl um  $1^{\circ}$  sind daher  $\frac{14}{36}$  oder 0,4 Wärmeeinheiten erforderlich, oder 0,4 ist die spezifische Wärme des Terpentinöls. Um dieses Verfahren mit der erforderlichen Genauigkeit auszuführen, bediente sich Regnault (1840) der in Fig. 110 abgebildeten Vorrichtung. Der obere Teil wird von drei einander umhüllenden Blechzylindern gebildet, deren innerster A oben durch einen Kork, in welchem

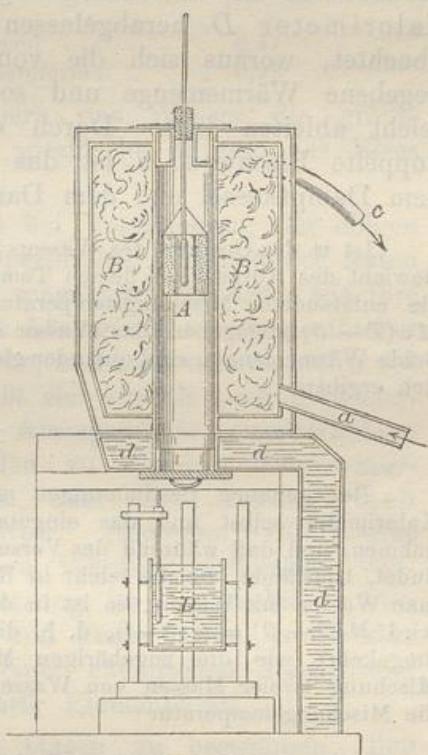


Fig. 110.  
Wasserkalorimeter von Regnault.

ein Thermometer steckt, unten durch einen leicht abnehmbaren Blechdeckel verschlossen ist. In der Mitte von *A* hängt an einem durch den Kork gehenden Faden ein ringförmiges Drahtkörbchen, welches den zu untersuchenden Körper, entweder in Stücken oder in dünnwandige Glasröhren eingeschmolzen, aufnimmt und in seiner inneren Höhlung das Gefäß des Thermometers einschließt. In den Raum *B* wird aus einem seitlich aufgestellten Dampfkessel durch die Röhre *a* Wasserdampf eingeleitet, welcher den Körper auf 100° erwärmt und durch die Röhre *c* wieder abströmt. Ist diese Temperatur erreicht, so wird nach Wegnahme des unteren Deckels das Drahtkörbchen in das mit einer gewogenen Wassermenge gefüllte Wasser - kalorimeter *D* herabgelassen und die Mischungstemperatur beobachtet, woraus sich die von dem Körper an das Wasser abgegebene Wärmemenge und sonach auch seine spezifische Wärme leicht ableiten läßt. Durch eine mit kaltem Wasser angefüllte doppelte Blechwand *d* ist das Kalorimeter *D* vor Erwärmung von dem Dampfkessel und dem Dampfraum *BB* geschützt.

Ist *m* das Gewicht des Wassers im Kalorimeter, *t* seine Temperatur, *M* das Gewicht des Körpers, *T* dessen Temperatur, *c* seine spezifische Wärme und *θ* die entstandene Mischungstemperatur, so hat der Körper die Wärmemenge *Mc*(*T* - *θ*) abgegeben, das Wasser die Wärmemenge *m*(*θ* - *t*) aufgenommen. Beide Wärmemengen sind einander gleich, also *Mc*(*T* - *θ*) = *m*(*θ* - *t*), woraus sich ergibt:

$$c = \frac{m(\theta - t)}{M(T - \theta)}.$$

Bei genauen Bestimmungen muß berücksichtigt werden, daß auch das Kalorimeter selbst und das eingetauchte Thermometer Wärme in sich aufnehmen, und daß während des Versuchs Wärmeverlust an die Umgebung stattfindet, Umstände, welche leicht in Rechnung gezogen werden können. Mischt man Wasser mit Wasser, so ist in der vorstehenden Gleichung *c* = 1, und sie wird *M*(*T* - *θ*) = *m*(*θ* - *t*), d. h. die Temperaturveränderungen verhalten sich umgekehrt wie die zugehörigen Mengen. Es ergibt sich daraus bei der Mischung zweier Massen von Wasser oder überhaupt von gleichartigem Stoff die Mischungstemperatur

$$\theta = \frac{MT + mt}{M + m}.$$

Man nennt diese Gleichung die Richmannsche Regel.

Ein zweites Verfahren zur Bestimmung der spezifischen Wärme ist das Schmelzverfahren. Wir werden den dazu erforderlichen Apparat, das Eiskalorimeter, im nächsten Abschnitt kennen lernen.

Ein drittes Verfahren, das besonders von Dulong und Petit angewendete Abkühlungsverfahren, gründet sich auf den Satz, daß ein erwärmter Körper im luftleeren Raum, wo er nur durch Wärmestrahlung sich abkühlen kann, unter sonst gleichen äußeren Umständen um so langsamer erkaltet, eine je größere Wärmemenge er enthält; bei gleicher Temperaturniedrigung verhalten sich hiernach die von verschiedenen Körpern abgegebenen Wärmemengen wie die Abkühlungszeiten.

Die spezifischen Wärmen der Körper nehmen mit höherer Temperatur zu; zwischen  $0^{\circ}$  und  $100^{\circ}$  ist indessen die Änderung so gering, daß man die spezifische Wärme innerhalb dieser Grenzen als unveränderlich betrachten kann.

Die spezifischen Wärmen einiger fester Grundstoffe sind:

Magnesium . . . . .	0,25	Zinn . . . . .	0,054
Aluminium . . . . .	0,214	Jod . . . . .	0,054
Eisen . . . . .	0,105	Antimon . . . . .	0,050
Zink . . . . .	0,094	Quecksilber . . . . .	0,033
Kupfer . . . . .	0,093	Platin . . . . .	0,032
Silber . . . . .	0,055	Blei . . . . .	0,031

und diejenigen einiger Flüssigkeiten:

Alkohol . . . . .	0,58	Benzol . . . . .	0,41
Glyzerin . . . . .	0,58	Chloroform . . . . .	0,23

Hiernach hat unter allen Körpern das Wasser die größte spezifische Wärme, nämlich 1. Die spezifische Wärme des Eises beträgt nur 0,505.

Dulong und Petit fanden (1819) bei Vergleichung der obigen Zahlen das wichtige Gesetz, daß die spezifischen Wärmen der festen chemischen Elemente (Grundstoffe) sich umgekehrt verhalten wie ihre Atomgewichte, so daß das Produkt aus Atomgewicht und spezifischer Wärme für alle diese Körper das nämliche, und zwar nahezu gleich 6,4 ist. Das Dulong-Petitsche Gesetz läßt sich sonach auch folgendermaßen aussprechen: die durch die Atomgewichte ausgedrückten Mengen der festen Elemente bedürfen zu gleicher Temperaturerhöhung gleich großer Wärmemengen, oder: die Atomwärmen der festen Grundstoffe sind gleich. Neumann (1831) wies ferner nach, daß auch die spezifischen Wärmen chemischer Verbindungen von ähnlicher Zusammensetzung im umgekehrten Verhältnis der Molekulargewichte stehen, und Joule (1844) stellte den Satz auf, daß die Molekularwärme einer chemischen Verbindung gleich der Summe der Atomwärmen ihrer Elemente sei.

Um die spezifische Wärme von Gasen zu bestimmen, ließ Regnault das Gas in gleichmäßigem Strom zuerst durch ein mit heißem Öl umgebenes Schlangenrohr fließen, wo es sich auf die Temperatur  $t$  erwärmte, sodann durch das Schlangenrohr eines mit Wasser gefüllten Kühlgefäßes, wo es sich wieder auf die Temperatur  $t'$  abkühlte, wobei es in jeder Minute die Wärmemenge  $mc(t-t')$  an das Kühlwasser abgeben mußte, wenn  $m$  das Gewicht der per Minute durchgeflossenen Gasmenge und  $c$  deren spezifische Wärme bezeichnet. Hat das Kühlwasser, dessen Masse  $M$  sei, einen sich gleichbleibenden Temperaturüberschuß über die Umgebung erlangt, so beobachtet man nach Unterbrechung des Gasstromes, um wie viele Grade ( $T$ ) sich das Wasser pro Minute abkühlt. Offenbar wurde vorhin, als der Gasstrom noch floß, die jetzt entweichende Wärmemenge  $MT$  durch die in der gleichen Zeit von dem Gas abgegebene Wärmemenge  $mc(t-t')$  ersetzt, und es muß demnach  $mc(t-t') = MT$  sein, aus

welcher Gleichung sich die spezifische Wärme des Gases ergibt. Auf diesem Wege wurden folgende Werte gefunden:

Luft . . . . .	0,238	Wasserstoff . . . . .	3,41
Sauerstoff . . . . .	0,220	Kohlenoxyd . . . . .	0,243
Stickstoff . . . . .	0,244	Chlor . . . . .	0,121

Multipliziert man diese Zahlen mit den spezifischen Gewichten (den Gewichten gleicher Volumina) der betreffenden Gase, so erhält man, wenigstens für die fünf ersten der genannten Gase, nahezu das gleiche Produkt, d. h. bei den vollkommenen Gasen erfordern gleiche Raumteile verschiedener Gase für gleiche Erwärmung gleich große Wärmemengen. Da die spezifischen Gewichte der gasförmigen Körper sich verhalten wie die Molekulargewichte (Avogadros Gesetz, 88), so kann man auch sagen, die Molekularwärmnen der vollkommenen Gase sind einander gleich.

Über die Verschiedenheit der spezifischen Wärmnen der Gase bei konstantem Druck und bei konstanten Volumen s. u. (S. 215).

**109. Schmelzen. Schmelzpunkt und Schmelzwärme. Eiskalorimeter.** Führt man einem festen Körper fortgesetzt Wärme zu, so steigt zunächst seine Temperatur; hat sie eine gewisse Höhe erreicht, so geht der Körper in den flüssigen Zustand über, er schmilzt. In der Regel erfolgt die Schmelzung bei einem für jeden Stoff ganz bestimmten Wärmegrad, welchen man den Schmelzpunkt nennt. Die Schmelzpunkte einiger Körper sind:

Quecksilber . . . . .	-39° C.	Blei . . . . .	327° C.
Eis . . . . .	0 "	Zink . . . . .	419 "
Benzol . . . . .	5,5 "	Antimon . . . . .	630 "
Eisessig . . . . .	16,8 "	Silber . . . . .	961 "
Talg . . . . .	43 "	Gold . . . . .	1064 "
Paraffin . . . . .	46 "	Kupfer . . . . .	1084 "
Wachs . . . . .	62 "	Gußeisen . . . . .	1200 "
Schwefel . . . . .	115 "	Gußstahl . . . . .	1375 "
Zinn . . . . .	232 "	Schmiedeeisen . . . . .	1600 "
Wismut . . . . .	269 "	Platin . . . . .	1775 "
Cadmium . . . . .	321 "	Iridium . . . . .	1950 "

Merkwürdig ist, daß der Schmelzpunkt mancher Metallgemische (Legierungen) niedriger ist als derjenige eines jeden ihrer Bestandteile. Das Schnellot der Klempner, aus 5 Gewichtsteilen Zinn und 1 Gewichtsteil Blei bestehend, schmilzt bereits bei 195°; das Rosesche Metallgemisch, aus 2 Teilen Wismut, 1 Teil Blei und 1 Teil Zinn, schmilzt schon unterhalb der Siedehitze des Wassers bei 95°, Woods Metall, aus 1—2 Teilen Cadmium, 7—8 Teilen Wismut, 2 Teilen Zinn und 4 Teilen Blei, sogar schon bei 65 bis 70°. Alle Körper sind bei genügend hoher Erhitzung schmelzbar, falls sie nicht, wie z. B. das Holz, schon vorher durch die Hitze chemisch zersetzt werden. Nur Kohle hat bisher durch die uns zur Verfügung stehenden Hilfsmittel nicht geschmolzen werden können.

Solange das Schmelzen dauert, behält der schmelzende Körper die Temperatur seines Schmelzpunktes unverändert bei. An einem