



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

101. Ausdehnung flüssiger Körper

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

Bei festen Körpern, aus welchen sich Stäbe ververtigen lassen, war es am natürlichensten, ihre Längenausdehnung zu ermitteln; da sie sich in demselben Verhältnis auch nach der Breite und Dicke ausdehnen, so kennt man hiermit auch die Vergrößerung ihres Rauminhals (Volumens), oder ihre körperliche Ausdehnung, und zwar beträgt der körperliche oder kubische Ausdehnungskoeffizient, d. h. die Zahl, welche angibt, um den wievielen Teil seines Rauminhaltes bei 0° ein Körper sich ausdehnt bei der Erwärmung um 1° , sehr nahe das Dreifache des Längenausdehnungskoeffizienten.

Ist nämlich $l_t = l_0(1 + \alpha t)$ die Kantenlänge eines Würfels bei t° , während sie bei 0° l_0 betrug, so ist das Volumen v_t des Würfels bei t° :

$$v_t = l_t^3 = l_0^3(1 + \alpha t)^3 = v_0(1 + \alpha t)^3 = v_0(1 + 3\alpha t + 3\alpha^2 t^2 + \alpha^3 t^3).$$

Wegen der Kleinheit von αt können die beiden letzten Glieder, welche noch weit kleiner sind, praktisch außer acht gelassen werden, und man kann mit großer Annäherung setzen:

$$v_t = v_0(1 + 3\alpha t) = v_0(1 + \beta t),$$

wo nun $\beta = 3\alpha$ der räumliche oder Volumenausdehnungskoeffizient ist.

Da das spezifische Gewicht dem Volumen umgekehrt proportional ist, so hat man, wenn die spezifischen Gewichte eines Körpers bei 0° und bei t° beziehungsweise mit s_0 und s_t und sein Volumenausdehnungskoeffizient mit β bezeichnet werden:

$$s_t : s_0 = v_0 : v_t (1 + \beta t)$$

oder

$$s_t = \frac{s_0}{1 + \beta t} = s_0(1 - \beta t + \beta^2 t^2 - \beta^3 t^3 + \dots),$$

oder, wenn man von den sehr kleinen Gliedern $\beta^2 t^2$, $\beta^3 t^3$ usw. absieht, mit hinreichender Genauigkeit

$$s_t = s_0(1 - \beta t).$$

101. Ausdehnung flüssiger Körper. Bei flüssigen Körpern kommt überhaupt nur die Volumenausdehnung in Betracht. Um sie augenfällig zu machen und sie zugleich ihrer Größe nach zu bestimmen, kann man sich eines Glaskolbens bedienen, dessen Hals an einer Stelle verengt und hier mit einer Marke a versehen ist (Dilatometer, Fig. 106). War das Gefäß, mit schmelzendem Eis umgeben, also bei 0° , z. B. mit Alkohol bis zur Marke gefüllt worden, so sieht man die Flüssigkeit bald über die Marke a in den darüber befindlichen trichterförmigen Teil des Halses steigen, wenn man das dem Eise entnommene Gefäß der gewöhnlichen Zimmertemperatur aussetzt. Wägt man das Gefäß, dessen Gewicht im leeren Zustand man kennt, samt seinem ursprünglichen Inhalt, sodann nochmals, nachdem man die über die Marke getretene Flüssigkeit entfernt hat, so gibt das Verhältnis der Gewichte des ausgetretenen zu dem Gewichte des noch zurückgebliebenen Teiles der Flüssigkeit deren Ausdehnung, d. h. den Bruchteil ihres ursprünglichen Volumens, um

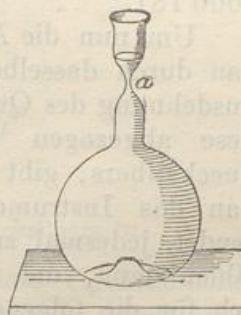


Fig. 106.
Dilatometer.

welchen sie sich zwischen den gewählten Temperaturgrenzen ausgedehnt hat. Die so gefundene Zahl gibt aber nur die scheinbare oder relative Ausdehnung der Flüssigkeit in bezug auf Glas an; der Hohlraum des Glasgefäßes dehnt sich nämlich bei der Erwärmung ebenfalls aus, gerade so, als ob er ein massiver Glaskörper wäre. Man muß also, um die wahre oder absolute Ausdehnung der Flüssigkeit allein zu erhalten, zu der gefundenen scheinbaren Ausdehnung noch diejenige des Gefäßes hinzuzählen, welche sich, wenn der kubische Ausdehnungskoeffizient des Glases (für gewöhnliches Glas ungefähr 0,000 025) bekannt ist, leicht berechnen läßt.

Da verschiedene Glassorten sich verschieden stark ausdehnen, so genügt es bei sehr genauen Bestimmungen nicht, den aus der Längenausdehnung von Glasstäben abgeleiteten Ausdehnungskoeffizienten anzuwenden, sondern es muß für jedes Dilatometer die Ausdehnung besonders ermittelt werden. Es ist dies leicht ausführbar, wenn die absolute Ausdehnung einer Flüssigkeit genau bekannt ist. Dulong und Petit haben daher die absolute Ausdehnung des Quecksilbers direkt bestimmt (1818). Das flüssige Metall befand sich in zwei, unten durch ein enges Rohr verbundenen weiteren Glasröhren, deren eine auf 0° abgekühlt, die andere auf 100° erhitzt wurde. Aus den mittels des Kathetometers (das zu diesem Zwecke erfunden wurde) gemessenen Höhen der beiden Quecksilbersäulen ergab sich, unabhängig von der Ausdehnung der Glashülle, das Verhältnis der spezifischen Gewichte (und demnach auch der Volumina) des Quecksilbers bei 0° und bei 100° , da ja die spezifischen Gewichte zweier Flüssigkeiten, welche sich in kommunizierenden Röhren das Gleichgewicht halten, sich umgekehrt verhalten wie ihre Höhen. Es ergab sich, daß das Quecksilber bei der Erwärmung von 0° auf 100° sich um 0,0181 seines anfänglichen Volumens ausdehnt. Der Ausdehnungskoeffizient des Quecksilbers für 1° C. beträgt daher 0,000 181.

Um nun die Ausdehnung eines Dilatometers zu finden, ermittelt man durch dasselbe in der vorhin angegebenen Weise die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers zwischen bekannten Temperaturgrenzen; diese abgezogen von der bekannten absoluten Ausdehnung des Quecksilbers, gibt die Ausdehnung des Glases, welche man, wenn man das Instrument zur Untersuchung anderer Flüssigkeiten anwendet, jedesmal zu der beobachteten scheinbaren Ausdehnung hinzuzählen muß, um ihre wahre Ausdehnung zu erhalten. So ergab sich für die folgenden Flüssigkeiten die Ausdehnung

| | | |
|-----------------------------------|---------------------|-------|
| von 0° bis 100° | Wasser | 0,043 |
| | Olivenöl | 0,080 |
| | Petroleum | 0,100 |
| „ 0° „ 80° | Alkohol | 0,097 |
| „ 0° „ 80° | Äther | 0,054 |

Die meisten Flüssigkeiten dehnen sich nicht proportional der Temperatur aus (d. h. ihre Ausdehnung hält nicht gleichen Schritt

mit der des Quecksilbers), sondern bei höheren Temperaturen schneller als bei niedrigen, oder was dasselbe heißt, ihr Ausdehnungskoeffizient bleibt sich nicht gleich, sondern ändert sich mit der Temperatur. An dem Weingeistthermometer, das durch Vergleichung mit einem Quecksilberthermometer graduiert wird, rücken daher die Teilstriche nach oben hin immer weiter auseinander.

Die Ausdehnung der Flüssigkeiten vollzieht sich ebenfalls mit großer Gewalt; beim Füllen eines Fasses mit Öl oder Petroleum läßt man daher noch einen kleinen mit Luft erfüllten Spielraum übrig, weil sonst das Faß bei höherer Temperatur Gefahr liefe, zer sprengt zu werden.

Ein Dilatometer kann umgekehrt als Gewichtsthermometer zu Temperaturbestimmungen gebraucht werden. Das Instrument (zu diesem Zweck am besten ein kleines Glasgefäß mit zur Spitze aus gezogenem Hals) wird bei 0° mit Quecksilber gefüllt und gewogen, sodann, nachdem es der zu bestimmenden Temperatur ausgesetzt war und ein Teil des Quecksilbers ausgeflossen ist, abermals gewogen. Das Verhältnis der ausgeflossenen zur zurückgebliebenen Quecksilbermenge gibt die scheinbare Ausdehnung an, woraus nun, wenn der scheinbare Ausdehnungskoeffizient des Quecksilbers im Glase vorher ermittelt ist (0,000 156 im gewöhnlichen Glas), die erreichte Temperatur berechnet wird.

Wog der Inhalt des Instrumentes P bei 0° , P bei t° , ist v_0 der Rauminhalt bei 0° , β der Ausdehnungskoeffizient des Quecksilbers, γ derjenige des Glases, ferner s_0 das spezifische Gewicht des Quecksilbers bei 0° , so ist bei t°

das Volumen des Gefäßes $v_0(1 + \gamma t)$,

das spezifische Gewicht des Quecksilbers $\frac{s_0}{1 + \beta t}$,

und es muß

$$P = v_0 s_0, \quad P' = v_0 s_0 \frac{1 + \gamma t}{1 + \beta t}$$

sein, woraus sich ergibt

$$\frac{P - P'}{P'} = \frac{(\beta - \gamma)t}{1 + \gamma t},$$

oder, weil γ sehr klein ist, mit hinreichender Genauigkeit

$$\frac{P - P'}{P'} = (\beta - \gamma) t,$$

wo $\beta - \gamma$ der scheinbare Ausdehnungskoeffizient des Quecksilbers ist.

102. Anomalie des Wassers. Ein besonders eigenständliches Verhalten zeigt das Wasser. Ein Glaskolben, durch dessen fest schließenden Kork eine oben und unten offene Glasröhre und ein Thermometer gesteckt sind (Fig. 107), werde bis in die Röhre hinein mit Wasser von 0° (durch Umgeben mit schmelzendem Eis) gefüllt; außerdem ist in den Kolben, dessen Fassungsraum vorher bestimmt wurde, soviel Quecksilber gebracht, daß die Ausdehnung der Glasschale durch diejenige des Quecksilbers gerade aufgehoben wird, und sonach das den übrig gebliebenen Raum erfüllende Wasser seine