



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

114. Spannkraft gesättigter Dämpfe

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

neuer Dampf von gleichem Druck, und der Raum bleibt mit Dampf gesättigt, solange noch flüssiger Äther übrig ist. Enthielte der obere Teil der Röhre statt gesättigten Dampfes etwas Luft, so würde sich deren Druck bei Vergrößerung ihres Raumes nach dem Mariotteschen Gesetz vermindern, und die Quecksilbersäule müßte steigen. Letzteres tritt auch bei unserem Dampf ein, sobald aller Äther verdampft ist; wird jetzt durch weiteres Herausziehen der Röhre der Dampfraum noch mehr vergrößert, so steigt die Quecksilbersäule, und zeigt dadurch an, daß der Druck des nun nicht mehr gesättigten Dampfes abnimmt, und zwar im umgekehrten Verhältnis des Volumens. Drückt man alsdann die Röhre wieder in das Quecksilber hinab, so wächst anfangs die Spannkraft des nicht gesättigten Dampfes dem Mariotteschen Gesetz entsprechend mit seiner Dichte, die Quecksilbersäule wird wieder niedriger, bis ihre ursprüngliche Höhe und damit der Sättigungszustand erreicht ist. Verkleinert man durch ferneres Herabdrücken den Dampfraum noch mehr, so beobachtet man, daß von nun an die Höhe der Quecksilbersäule und somit auch die Spannkraft des Ätherdampfes (435 mm) unverändert bleibt; gleichzeitig sieht man flüssigen Äther in immer zunehmender Menge über dem Quecksilber sich ansammeln, bis endlich die ganze Dampfmenge zu Flüssigkeit verwandelt ist. Während also der gesättigte Dampf dem Mariotteschen Gesetz gehorcht und sich in dieser Hinsicht wie ein Gas verhält, indem sein Druck im umgekehrten Verhältnis zum Rauminhalt sich ändert, fügt sich der gesättigte Dampf diesem Gesetz nicht; durch Raumverminderung wird bei unveränderter Temperatur seine Spannkraft nicht erhöht, sondern es wird nur bewirkt, daß eine entsprechende Dampfmenge sich zu Flüssigkeit verdichtet, während der übrig gebliebene Raum mit gesättigtem Dampf von unveränderter Spannkraft gefüllt bleibt. Der Druck, welchen der Dampf im Sättigungszustand ausübt (Sättigungsdruck), ist demnach der größte, welchen er bei der herrschenden Temperatur erreichen kann; man bezeichnet daher den gesättigten Dampf auch als solchen, der für seine Temperatur die höchstmögliche Spannkraft besitzt, oder der sich im Maximum seiner Spannkraft befindet.

114. **Spannkraft gesättigter Dämpfe.** Wird ein Raum, welcher gesättigten Dampf nebst der Flüssigkeit, aus welcher er entstanden ist, enthält, höher erwärmt, so verdampft eine neue Flüssigkeitsmenge, und der Raum sättigt sich für diese höhere Temperatur mit Dampf von größerer Dichte und höherem Druck. Kühlt man nachher den Raum wieder ab auf die vorige Temperatur, so schlägt sich die neugebildete Dampfmenge als Flüssigkeit nieder, und der

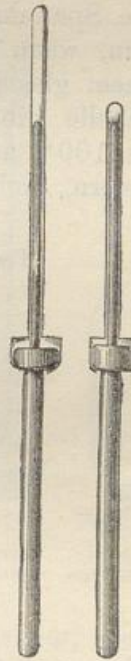


Fig. 113.  
Verhalten gesättigten Dampfes.

Raum bleibt für die niedrige Temperatur mit der früheren Dampfmenge gesättigt. Jeder Temperatur entspricht eine bestimmte Spannkraft des gesättigten Dampfes; um diese beispielsweise für Wasserdampf zu ermitteln, bringt man ein wenig Wasser, wie vorhin, in den luftleeren Raum eines Barometers (Fig. 114), das daselbst sofort teilweise verdampft und den Raum mit gesättigtem Dampfe füllt. Die Barometerröhre wird nunmehr mit einem weiten Rohr umgeben, welches Wasser enthält, das man nach und nach von  $0^{\circ}$  auf  $100^{\circ}$  erwärmt. Mit wachsender Temperatur sieht man die Quecksilbersäule in der Röhre immer tiefer sinken, bis bei  $100^{\circ}$  das Quecksilber innerhalb und außerhalb der Röhre gleich hoch steht. Die Spannkraft des Dampfes für irgend eine Temperatur aber findet man, wenn man die Höhe jener Quecksilbersäule von derjenigen in einem gleichzeitig beobachteten Barometer abzieht. Die nachfolgende Tabelle gibt die Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes bis  $100^{\circ}$ , ausgedrückt durch die Höhe der Quecksilbersäule (in Millimetern), welcher sie das Gleichgewicht hält.

| Temperatur<br>$^{\circ}\text{C.}$ | Spannkraft<br>mm | Temperatur<br>$^{\circ}\text{C.}$ | Spannkraft<br>mm |
|-----------------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|
| -30                               | 0,3              | 40                                | 55,0             |
| -25                               | 0,5              | 45                                | 71,5             |
| -20                               | 0,8              | 50                                | 92,2             |
| -15                               | 1,3              | 55                                | 117,8            |
| -10                               | 2,0              | 60                                | 149,2            |
| - 5                               | 3,0              | 65                                | 187,5            |
| 0                                 | 4,6              | 70                                | 233,8            |
| 5                                 | 6,5              | 75                                | 289,3            |
| 10                                | 9,2              | 80                                | 355,5            |
| 15                                | 12,7             | 85                                | 433,8            |
| 20                                | 17,4             | 90                                | 526,0            |
| 25                                | 23,5             | 95                                | 634,0            |
| 30                                | 31,6             | 100                               | 760,0            |
| 35                                | 41,9             |                                   |                  |

Wie diese Tabelle zeigt, liefert das Wasser beim Gefrierpunkt ( $0^{\circ}$ ) noch Dampf, der die Quecksilbersäule um  $4\frac{1}{2}$  mm herabzudrücken vermag. Selbst aus dem Eis entwickelt sich noch Wasserdampf; um für Temperaturen unter dem Gefrierpunkt die Spannkraft zu messen, umgibt man den oberen Teil der Barometerröhre mit einer entsprechenden Kältemischung. Beim Siedepunkt des Wassers ( $100^{\circ}$ ) erreicht der gesättigte Wasserdampf den Druck einer Atmosphäre, welcher dem Druck einer Quecksilbersäule von 760 mm Höhe das Gleichgewicht hält. Das Quecksilber in der Röhre ist jetzt bis zur Oberfläche des äußeren Quecksilbers herabgedrückt, und bei noch höherer Erwärmung würde der Dampf imstande sein, den Luftdruck zu überwinden und unten aus der Röhre durch das Quecksilber zu entweichen. Für Temperaturen über dem Siedepunkt ist daher das beschriebene Verfahren zur Bestimmung der Spannkraft des Dampfes nicht mehr brauchbar. Man kann sich alsdann der Vorrichtung

Fig. 115 bedienen; eine zweischenkelige Röhre mit einem kurzen weiten und einem längeren engen Schenkel wird, während die Spitze des kurzen Schenkels noch offen ist, zum Teil mit Quecksilber gefüllt, welches sich in beiden Schenkeln gleich hoch stellt. Über das Quecksilber im kurzen Schenkel bringt man Wasser und erhält dasselbe so lange im Kochen, bis der sich entwickelnde Dampf alle Luft aus diesem Schenkel ausgetrieben hat, und schmilzt dann die Spitze rasch zu. Bei  $100^{\circ}$  steht alsdann das Quecksilber in beiden Schenkeln, von denen der längere offen geblieben ist, gleich hoch, weil der gesättigte Dampf von  $100^{\circ}$  dem in den offenen Schenkel hineinwirkenden Druck der Atmosphäre das Gleichgewicht hält. Erwärmt man aber höher, indem man z. B. den unteren Teil der Vorrichtung in ein heißes Ölbad taucht, so steigt das Quecksilber im langen Schenkel, der ein offenes Manometer (84) bildet, und die gehobene Quecksilbersäule gibt den Überschub des Dampfdrucks über den äußeren Luftdruck an. Beträgt z. B. die Höhe dieser Quecksilbersäule 760 mm, so hält die Spannkraft des Dampfes dem doppelten Luftdruck oder einem Druck von zwei Atmosphären das Gleichgewicht, deren eine durch den Druck der atmosphärischen Luft selbst, die andere durch den gleichgroßen Druck der 760 mm hohen Quecksilbersäule dargestellt wird. Überhaupt pflegt man der besseren Übersicht wegen diese höheren Dampfspannungen statt unmittelbar durch die entsprechenden Quecksilberhöhen lieber in „Atmosphären“ (zu je 760 mm Quecksilber) auszudrücken, wie dies auch in der folgenden kleinen Tabelle, welche die Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes für höhere Temperaturen gibt, geschehen ist.



Fig. 114. Dampf-  
barometer. Fig. 115.  
Dampf-  
manometer.

| Temperatur<br>$^{\circ}\text{C}$ . | Spannkraft<br>Atm. | Temperatur<br>$^{\circ}\text{C}$ . | Spannkraft<br>Atm. |
|------------------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|
| 100                                | 1                  | 162,4                              | 6,5                |
| 111,7                              | 1,5                | 165,4                              | 7                  |
| 120,6                              | 2                  | 168,2                              | 7,5                |
| 127,8                              | 2,5                | 170,8                              | 8                  |
| 133,9                              | 3                  | 175,8                              | 9                  |
| 139,2                              | 3,5                | 180,3                              | 10                 |
| 144,0                              | 4                  | 213,0                              | 20                 |
| 148,3                              | 4,5                | 236,2                              | 30                 |
| 152,2                              | 5                  | 252,5                              | 40                 |
| 155,8                              | 5,5                | 265,9                              | 50                 |
| 159,2                              | 6                  |                                    |                    |

Man sieht aus dieser und der vorigen Tabelle, daß die Spannkraft des gesättigten Dampfes mit steigender Temperatur in immer rascherem Verhältnis zunimmt, weil ja nicht bloß die Temperatur,

sondern durch erneute Verdampfung auch die Dichte wächst. Damit aber neuer Dampf sich bilden und der Raum sich sättigen kann, muß dafür gesorgt werden, daß noch Flüssigkeit vorhanden ist, die mit dem Dampf in Berührung steht. Wäre nämlich bereits alle Flüssigkeit verdampft, und würde die Temperatur noch weiter gesteigert, so würde sich der Dampf bei gleichbleibendem Druck der Temperaturzunahme proportional ausdehnen, oder es würde, wenn man ihm keine Ausdehnung gestattete, sein Druck in eben diesem Verhältnis wachsen (Mariotte-Gay-Lussacsches Gesetz); der Raum enthält dann nicht mehr die ganze Dampfmenge, die er bei der herrschenden Temperatur aufzunehmen vermöchte, und ist daher nicht mehr gesättigt. Solchen ungesättigten Dampf nennt man auch überhitzt, weil seine Temperatur höher ist als diejenige gesättigten Dampfes von gleicher Spannkraft. Der Druck des gesättigten Dampfes ist nur von der Temperatur abhängig, der des überhitzten von Temperatur und Volumen.

Durch Zusatz einer löslichen Substanz zu einer Flüssigkeit wird die Spannkraft ihres gesättigten Dampfes proportional der Menge des gelösten Stoffes vermindert. In demselben Lösungsmittel bringen Stoffe, deren Mengen im Verhältnis ihrer Molekulargewichte stehen, gleiche Druckverminderung hervor; äquimolekulare Lösungen haben gleichen Dampfdruck (Raoult, 1887). Man kann diesen Satz, welcher übrigens nur für sehr verdünnte Lösungen gilt, zur Bestimmung von Molekulargewichten benutzen (vgl. 110).

115. **Sieden** oder **Kochen** nennt man, wie schon erwähnt, die unter Aufwallen vor sich gehende Verdampfung einer Flüssigkeit, bei welcher sich nicht nur an der Oberfläche, sondern auch im Innern der Flüssigkeit Dampf bildet. Im Innern einer Flüssigkeit aber können Dampfblasen nur dann bestehen, wenn die Spannkraft des in ihnen enthaltenen Dampfes dem auf der Flüssigkeit lastenden Druck das Gleichgewicht zu halten vermag. Eine Flüssigkeit wird also dann sieden, wenn sie diejenige Temperatur erreicht hat, bei welcher die Spannkraft ihres gesättigten Dampfes dem äußeren Druck gleich ist. Diese Temperatur, der Siedepunkt, ist demnach von dem äußeren Druck abhängig und liegt um so tiefer, je geringer dieser Druck ist. Der normale Siedepunkt des Wassers, welchen man als festen Punkt der Thermometerskala gewählt und mit  $100^{\circ}$  bezeichnet hat, ist diejenige Temperatur, bei welcher der gesättigte Wasserdampf eine dem normalen Luftdruck gleiche Spannkraft besitzt oder einer Quecksilbersäule von 760 mm Höhe das Gleichgewicht hält. Macht man ein Thermometer bei einem anderen Luftdruck, z. B. bei einem Barometerstand von 720 mm, so ergibt sich aus einer ausführlicheren Spannkraftstabelle, daß der Wasserdampf schon bei  $98,5^{\circ}$  letzteren Druck erreicht, und daß der so ermittelte Fundamentalabstand, um eine richtige Thermometerskala zu erhalten, nicht in 100, sondern in 98,5 Teile geteilt werden muß. Auf hohen Bergen oder Hochebenen, wo der Luftdruck geringer ist als am Meeresspiegel, erfolgt das Sieden bei weniger als  $100^{\circ}$ . Auf dem Gipfel des Montblanc z. B., in einer Höhe von 4775 m ü. M., wo