



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

68. Ausfließen durch Röhren

---

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

$$\frac{1}{2} \rho v^2 = P \rho$$

oder

$$v = \sqrt{\frac{2P}{\rho}}$$

Rührt der Druck  $P$  von dem Gewicht der über der Öffnung liegenden Flüssigkeitssäule von der Höhe  $h$  her, so ist  $P = h \rho g$  und daher

$$v = \sqrt{2gh}$$

Die Ausflußgeschwindigkeit einer Flüssigkeit unter der Wirkung ihrer eigenen Schwere ist also gleich der Geschwindigkeit, welche ein freifallender Körper erlangen würde, wenn er vom Flüssigkeitsspiegel bis zum Niveau der Öffnung herabfiel. Nach diesem von Torricelli (1644) entdeckten Satze ist die Ausflußgeschwindigkeit nur von der Druckhöhe abhängig und der Quadratwurzel derselben proportional, dagegen unabhängig von der Beschaffenheit der Flüssigkeit, so daß z. B. Weingeist, Wasser, Quecksilber bei gleicher Höhe des Flüssigkeitsstandes gleich schnell ausfließen. Diese Folgerungen werden durch die Erfahrung bestätigt.

Läßt man den Flüssigkeitsstrahl mittels einer in die Ausflußöffnung eingesetzten, nach oben umbogenen Röhre aufwärts strömen (Springbrunnen), so sollte nach Torricellis Lehrsatz der Strahl bis zu der Druckhöhe, von welcher die Flüssigkeit herabkommt, emporspringen; er erreicht jedoch kaum  $\frac{9}{10}$  dieser Höhe, da Reibung an der Wand der Röhre, Luftwiderstand und die zurückfallenden Tropfen die Geschwindigkeit vermindern.

Die Ausflußmenge pro Sekunde wird in Kubikzentimetern ausgedrückt gefunden, wenn man den in Quadratcentimetern gegebenen Querschnitt der Öffnung mit der nach dem obigen Gesetz aus der Druckhöhe in Zentimetern berechneten Ausflußgeschwindigkeit multipliziert. Die wirkliche Ausflußmenge beträgt aber nur etwa  $\frac{2}{3}$  (genauer 62 Proz.) von der so berechneten, weil der ausfließende Strahl nicht den Querschnitt der Öffnung behält, sondern sich infolge der im Gefäß stattfindenden seitlichen Zuströmung der Flüssigkeit nach dem Austritt bis zu einem Querschnitt von etwa  $\frac{2}{3}$  der Öffnung zusammenzieht (Zusammenziehung des Flüssigkeitsstrahls, Contractio venae).

68. **Ausfließen durch Röhren.** Der Torricellische Satz gilt nur für das Ausströmen durch Öffnungen in dünner Wand, deren Ränder keinen erheblichen Reibungswiderstand verursachen. Strömt die Flüssigkeit z. B. durch eine am Boden angebrachte horizontale Röhre (Fig. 74) aus, so nimmt der Druck bei gleichförmigem Fließen vom Ansatzpunkte  $a$  der Röhre bis zu ihrer Mündung  $o$  gleichmäßig ab, wie man an dem Stand der Flüssigkeit in den vertikalen Röhren erkennt, welche in die horizontale Röhre in gleichen Ab-



ständen eingesetzt sind; denn die Gipfel der Flüssigkeitssäulen liegen in der geraden Linie  $ob$ , so daß auf gleich lange Rohrstücke gleiche Druckunterschiede kommen, welche die Fallarbeit liefern, die zur Überwindung der Reibung in jedem Rohrstück erforderlich ist. Demnach wird die Fallarbeit durch die Höhe  $ab$  (Widerstandshöhe) zur Überwindung des Reibungswiderstandes in der ganzen Röhre verbraucht, und nur die Fallarbeit durch die noch darüber befindliche Höhe  $bc$  (Geschwindigkeitshöhe) erzeugt die Wucht der ausströmenden Flüssigkeit.

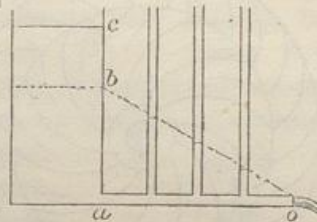


Fig. 74.

Ausfließen durch eine Röhre.

Dieses Beispiel zeigt, daß der Druck der strömenden Flüssigkeit, der hydrodynamische Druck, kleiner ist als der Druck der ruhenden Flüssigkeit, der hydrostatische Druck. Indem sich die potentielle Energie der ruhenden Flüssigkeit in die kinetische Energie der strömenden Flüssigkeit verwandelt, nimmt der Flüssigkeitsdruck, der diese Arbeit leistet, um den in der Volumeneinheit enthaltenen Betrag an kinetischer Energie ab. Ist  $\mu$  die Dichtigkeit,  $v$  die Geschwindigkeit der Flüssigkeit, so ist der hydrodynamische Druck gleich dem hydrostatischen vermindert um  $\frac{1}{2} \mu v^2$ .

69. **Reaktion ausströmender Flüssigkeiten.** Bringt man in der Seitenwand eines mit Flüssigkeit gefüllten Gefäßes eine Ausflußöffnung an, so vermindert sich der Druck der Flüssigkeit auf diese Wand um denjenigen Anteil, welcher auf den Querschnitt der Öffnung treffen würde, während die gegenüberliegende Wand noch den vollen Druck der Flüssigkeit erleidet. Es bleibt also ein Überschuß von Druck auf letztere Wand, vergleichbar dem Rückstoß eines Geschützes, übrig, welcher dem Druck, der die Flüssigkeit ausströmen macht, als Gegenwirkung (Reaktion) gleichkommt, und das Gefäß, wenn dasselbe beweglich, z. B. auf einen Schwimmer von Kork aufgesetzt ist, in einer der Ausströmung entgegengesetzten Richtung zurücktreibt. Hierauf beruht das Segnersche Reaktionsrad (Fig. 75);

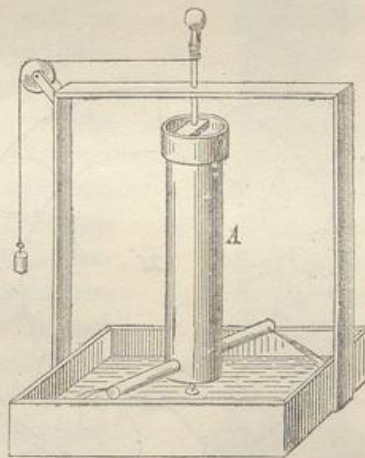


Fig. 75.

Segners Reaktionsrad.

an einem um eine lotrechte Achse drehbaren Gefäß (A) sind unten wagrechte Ansatzröhren mit seitlichen Öffnungen angebracht; gießt man Wasser in das Gefäß, so dreht es sich in der den ausströmenden Wasserstrahlen entgegengesetzten Richtung. Eine für die praktische Anwendung brauchbare Ausgestaltung hat derselbe Grundsatz in der Konstruktion der Turbinen gefunden. Die Turbinen sind wagrechte, unter dem Spiegel des Gefälles liegende Wasserräder.