



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

30. Maschinen

---

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

beziehung wegen Potenzflaschenzug nennt, kann man also mit einer kleinen, an dem ersten freien Seilende wirkenden Kraft eine große, an der Schere der letzten losen Rolle hängende Last im Gleichgewicht halten und sie durch geringe Vermehrung der Kraft emporheben. Demselben Zweck dient der Flaschenzug (Fig. 21 b), den man erhält, wenn man eine feste und eine lose Flasche (so nennt man eine Vereinigung mehrerer Rollen in gemeinschaftlicher Schere) derart miteinander verbindet, daß das an der Schere der festen Flasche befestigte Seil abwechselnd um eine Rolle der losen und der festen Flasche geht; da sich die an der Schere der losen Flasche hängende Last auf doppelt so viel Seilstrecken verteilt, als in der Flasche Rollen vorhanden sind, so hat man das von der festen Flasche herabhängende Seilende, um die Last in der Schwebe zu halten, mit einer Kraft  $p$  zu spannen, welche der sovielte Teil der Last ist, als Rollen in beiden Flaschen zusammen vorhanden sind; hat also jede Flasche  $n$  Rollen, so ist der Zug der Last am letzten Seilende  $m/2 n$ .

30. **Maschinen** sind Vorrichtungen, welche verfügbare Kräfte in zweckentsprechender Weise übertragen. Einfache Maschinen,

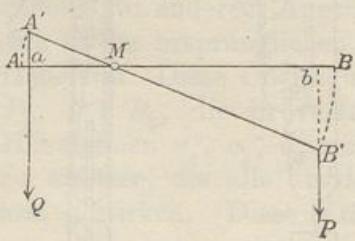


Fig. 22.  
Hebel.

auf welche sich die Teile aller zusammengesetzten Maschinen zurückführen lassen, sind der Hebel in seinen verschiedenen Formen (Rolle, Rad an der Welle) und die schiefe Ebene nebst ihren Abarten (Schraube, Keil). Durch eine Maschine kann niemals Arbeit erspart, sondern nur in unveränderter Größe übertragen werden; die Arbeit, welche von der bewegenden Kraft verausgabt wird, ist stets gleich

der Arbeit, die von der Last oder dem zu überwindenden Widerstand aufgezehrt wird, wie für die schiefe Ebene früher bereits nachgewiesen wurde. Ein Hebel (Fig. 22) ist im Gleichgewicht, wenn die Produkte aus Kraft und Hebelarm beiderseits gleich sind. Wird nun, indem man den Hebel aus der wagerechten Gleichgewichtslage  $AMB$  in die schiefe Lage  $A'MB'$  übergehen läßt, die größere Last durch die kleinere Kraft gehoben, so ist die Arbeit, welche die Kraft leistet, gleich dem Produkt aus der Kraft  $P$  und der Strecke  $bB' = \delta$ , um welche sich ihr Angriffspunkt gesenkt hat, und ebenso die Arbeit, welche die Last zu ihrer Hebung beansprucht, gleich dem Produkt aus der Last  $Q$  und der Strecke  $aA' = \delta'$ . Da nun die Strecken  $aA'$  und  $bB'$  augenscheinlich in demselben Verhältnis zueinander stehen wie die zugehörigen Hebelarme  $MA'$  und  $MB'$ , so muß auch  $P\delta = Q\delta'$  sein, d. h. die Arbeit der Last ist gleich der Arbeit der Kraft.

Wird eine Last  $Q$  mittels eines Flaschenzuges durch eine z. B. sechsmal geringere Kraft  $P$  gehoben, so steigt die Last um eine sechsmal kleinere Strecke empor, als der Angriffspunkt der Kraft herabgeht, und die beiderseits geleisteten Arbeiten sind wiederum einander

gleich, d. h. es ist  $P\delta = Q\delta'$ , wenn man mit  $\delta$  und  $\delta'$  die Verschiebungen bezeichnet, welche die Angriffspunkte der Kräfte  $P$  und  $Q$  bei eintretender Bewegung gleichzeitig in der Richtung der Kräfte erleiden. Man hat diesen allgemein gültigen Satz auch in folgender Form als „goldene Regel der Mechanik“ ausgesprochen: Was an Kraft gewonnen wird, geht an Weg verloren.

Statt  $P\delta = Q\delta'$  kann man auch schreiben  $P\delta - Q\delta' = 0$ , oder  $P\delta + Q\delta' = 0$ , wenn man eine Verschiebung des Angriffspunktes im Sinne der wirkenden Kraft positiv, eine Verschiebung im entgegengesetzten Sinne negativ rechnet. Befindet sich also eine Maschine im Gleichgewicht, und es tritt eine kleine für die Konstruktion der Maschine mögliche (virtuelle) Verschiebung der Angriffspunkte ein, so ist die Summe der bewegenden (positiven) Arbeit und der widerstehenden (negativen) Arbeit gleich Null. Es gilt dies aber nicht bloß für die einfachen Maschinen und für nur zwei Kräfte, sondern auch für beliebig viele Kräfte, die an irgendwie miteinander verbundenen Punkten (an einer beliebigen Maschine) angreifen. Wir gelangen also zu dem folgenden allgemein gültigen Prinzip der virtuellen Arbeiten (Prinzip der virtuellen Momente oder der virtuellen Geschwindigkeiten): Befindet sich eine Verbindung materieller Punkte, an welchen Kräfte angreifen, im Gleichgewicht, so ist die Summe der virtuellen Arbeiten dieser Kräfte gleich Null für alle kleinen bei der vorhandenen Verbindung möglichen (virtuellen) Verschiebungen der Angriffspunkte, oder es ist, wenn  $P, P', P'' \dots$  die Kräfte,  $\delta, \delta', \delta'' \dots$  die nach den Richtungen der zugehörigen Kräfte gemessenen Verschiebungen darstellen:

$$P\delta + P'\delta' + P''\delta'' + \dots = 0.$$

Als Beispiel betrachten wir den Differentialflaschenzug (Fig. 23). Um zwei auf derselben Achse miteinander fest verbundene Rollen mit den wenig verschiedenen Radien  $R$  und  $r$  und eine lose Rolle, an der die Last  $P'$  hängt, sei eine in sich zurücklaufende Schnur oder Kette, gegen Gleitung gesichert, in der durch Fig. 23 angedeuteten Weise geschlungen. Zieht man die Schnur in der Richtung des Pfeils mit der Kraft  $P$  um das Stückchen  $\delta$  fort, so wird der Schnurteil  $a$  um das Stückchen  $\delta$  auf die Rolle  $R$  aufgewickelt, der Schnurteil  $b$  um  $\delta \cdot r/R$  abgewickelt, und die Last  $P'$  steigt um  $\delta' = 1/2 \delta \left(1 - \frac{r}{R}\right)$ . Damit Gleichgewicht bestehe, muß  $P\delta - P'\delta' = 0$ , also, da die willkürliche Verschiebung  $\delta$  sich weghebt,

$$P = \frac{1}{2} P' \left(1 - \frac{r}{R}\right)$$

sein.

**31. Mittelkraft und Mittelpunkt paralleler Kräfte.** Wir haben oben (28) den Momentensatz abgeleitet unter der Bedingung, daß der Körper, an dem die Kräfte  $P$  und  $Q$  angreifen, um eine feste Achse

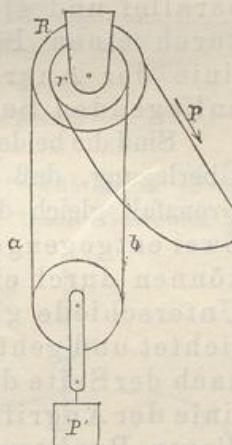


Fig. 23.  
Differentialflaschenzug.