



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

33. Formen des Gleichgewichts. Standfestigkeit

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

sein der Summe der Momente der Einzelmassen $mr + m'r' + m''r'' + \dots = \sum mr$; man hat also $Ms = \sum mr$, folglich

$$s = \frac{\sum mr}{M} = \frac{\sum mr}{\sum m}.$$

Sind z. B. bloß zwei Massen m und m' in den Entfernungen r und r' gegeben, so ist

$$s = \frac{mr + m'r'}{m + m'}.$$

33. Formen des Gleichgewichts. Standfestigkeit. Ein schwerer Körper gestattet uns in der einfachsten Weise die verschiedenen Formen des Gleichgewichts zu veranschaulichen, von denen wir oben (31) gesprochen haben. Ist der Körper drehbar um eine wagerechte, feste Achse, so befindet er sich der Schwerkraft gegenüber in jeder beliebigen Lage im Gleichgewicht, wenn sein Schwerpunkt genau in der Drehungsachse liegt: wir haben den Fall des „gleichgültigen“ oder indifferenten Gleichgewichts. Liegt sein Schwerpunkt lotrecht über der Achse, so wird der Körper, sobald man ihn aus dieser Gleichgewichtslage nur ein wenig herausdreht, von der Schwere nach der Seite weiter gedreht, nach welcher er sich neigt; sein Gleichgewicht ist unbeständig oder labil. Er „schlägt um“ und dreht sich so lange, bis sein Schwerpunkt lotrecht unter der Achse liegt; in dieser Lage ist sein Gleichgewicht beständig oder stabil; denn wird es aus dieser Lage herausgebracht, so führt ihn die Schwerkraft immer wieder dahin zurück. Überhaupt sucht der Schwerpunkt eines Körpers die tiefstmögliche Lage einzunehmen; diese entspricht dem stabilen Gleichgewichte. Eine Kette z. B., welche schlaff an ihren Endpunkten aufgehängt ist, hängt sich von selbst so, daß ihr Schwerpunkt möglichst tief liegt. Es beruhen darauf ferner einige Spielereien (berganlaufender Zylinder und Doppelkegel, Stehaufchen usw.), welche auf den ersten Blick diesem Satze zu widersprechen scheinen, ihn aber in Wahrheit nur bestätigen.

Ist ein Körper nicht in einem, sondern in mehreren Punkten unterstützt, so kann sein Gleichgewicht auch dann stabil sein, wenn sein Schwerpunkt über den Unterstützungspunkten liegt. Auf einer wagerechten Ebene bleibt ein Körper stehen, wenn die durch seinen Schwerpunkt, in welchem das Gewicht des Körpers vereinigt zu denken ist, gezogene lotrechte Linie die Unterstützungsfläche des Körpers trifft. Stützt sich ein Körper nur in einzelnen Punkten auf die Unterlage, so ist als Unterstützungsfläche die Fläche anzusehen, welche man erhält, wenn man die äußersten Stützpunkte durch gerade Linien verbindet. Bei einem stehenden Menschen bilden nicht bloß die Fußsohlen, sondern auch der zwischen ihnen liegende Raum, welcher beiderseits von den Sohlen, vorn durch eine die Fußspitzen, hinten durch eine die Fersen verbindende gerade Linie begrenzt wird, die Stützfläche. Trägt ein Mensch eine Last, so muß er, um nicht zu fallen, seinen Körper derart neigen, daß die durch den gemeinsamen Schwerpunkt des Körpers und der Last

gezogene Lotrechte den Boden innerhalb jener Stehfläche trifft. Um einen Körper umzuwerfen, muß man ihn um eine Kante oder einen Punkt (a Fig. 32) des Umfanges seiner Unterstütsungsfläche so lange drehen, bis sein Schwerpunkt lotrecht über jenem Punkte liegt; läßt man ihn los, ehe diese Lage erreicht ist, so fällt er in seine frühere Stellung zurück; dreht man ihn aber nur ein wenig über jene Lage hinaus, so stürzt er um und bleibt in einer neuen Stellung liegen.

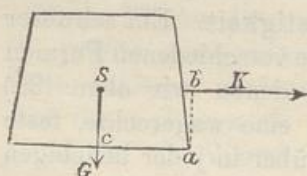


Fig. 32.
Standfestigkeit.

Soll das Umkanten durch eine wagerecht am Schwerpunkte (S) des Körpers angreifende Kraft (K) bewirkt werden, so muß das Drehungsbestreben (Moment) dieser Kraft dem entgegengesetzten der Schwere (G) mindestens gleich sein oder die Kraft K , multipliziert mit ihrer Entfernung (ab) vom Drehpunkte (d. h. mit der Höhe des Schwerpunktes über der Grundfläche), muß gleich sein der Kraft G oder dem Gewichte des Körpers, multipliziert mit ihrer Entfernung (ac) vom Drehpunkte (d. h. mit der halben Breite der Stützfläche). Die Standfestigkeit des Körpers, für welche die Kraft K das Maß darstellt, steht demnach im geraden Verhältnis zu dem Gewichte des Körpers und zur Breite seiner Stützfläche und im umgekehrten Verhältnis zur Höhe des Schwerpunktes über der

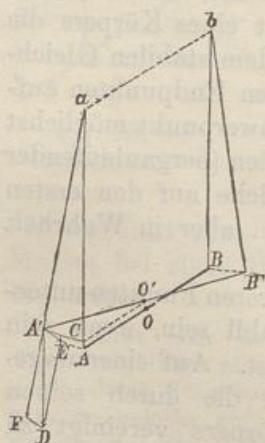


Fig. 33.
Bifilare Aufhängung.

Grundfläche, oder ein Körper steht um so fester, je größer sein Gewicht und je breiter seine Stützfläche ist, und je tiefer sein Schwerpunkt liegt. Damit Kandelaber, Kleiderstöcke und andere Möbel von größerer Höhe möglichst fest stehen, gibt man ihnen daher durch weit ausgreifende Füße eine möglichst breite Stützfläche; damit Lampen nicht zu leicht umfallen, versieht man sie mit einem schweren Fußgestell, so daß der Schwerpunkt des Ganzen möglichst tief zu liegen kommt; zu demselben Zweck wird man beim Beladen eines Wagens die schweren Frachtstücke zu unterst, die leichteren Gegenstände aber zu oberst packen.

Ein weiteres Beispiel dafür, daß der Schwerpunkt stets die tiefste Lage aufsucht, bietet ein an zwei gleichlangen Fäden aA , bB (Fig. 33) aufgehängter Stab (bifilare Aufhängung). Dreht man ihn aus seiner Gleichgewichtslage heraus, so wird sein Schwerpunkt von O nach O' in die höher gelegene horizontale Ebene $A'O'C$ gehoben. In A' (und ebenso in B') wirkt aber die Kraft $A'D = \frac{1}{2}P$ (gleich dem halben Gewicht des Stabes) vertikal abwärts; sie läßt sich in zwei zueinander senkrechte Komponenten zerlegen, deren eine $A'E$ in die Richtung des Fadens fällt und diesen gespannt hält, während die andere $A'E$ das Stabende A' längs der Tangente des Kreisbogens $A'A$ nach A zurücktreibt. Wegen der Ähnlichkeit der Dreiecke $A'DE$ und $A'aC$ aber ist $A'E : A'D = A'C : A'a$, oder wenn man den Winkel $A'O'C$, den der Stab mit seiner Gleichgewichtslage bildet, mit α , die halbe Stablänge mit r , und die Fadenlänge

mit l bezeichnet, $A'E : \frac{1}{2}P = r \sin \alpha : l$. Es ist also

$$A'E = \frac{Pr \sin \alpha}{2l},$$

und das Moment der beiden gleichen in A' und B' angreifenden und in demselben Drehungssinne wirkenden Kräfte ist demnach $A'E \cdot 2r$ oder $Pr^2 \sin \alpha / l$.

34. **Wage.** Die Wage dient zur Vergleichung von Massen mit bekannten Massen (Gewichten). Die gewöhnliche Wage ist ein gleicharmiger Hebel, d. h. ein um eine in seiner Mitte angebrachte stählerne Schneide, die auf einer Unterlage von Stahl oder Achat ruht, leicht drehbarer Balken (Wagebalken), an dessen Enden auf mit der Mittelschneide parallelen stählernen Schneiden mittels ebensolcher Haken oder sog. Pfannen die Wagschalen aufgehängt sind (Gehänge). Die Mittelschneide liegt mit den Endschneiden in derselben Ebene. Beim Nichtgebrauch sowie beim Auflegen und Abnehmen von Gewichten werden zur Schonung der Schneiden Balken und Gehänge durch die Arretierung abgehoben und unterstützt. Damit im unbelasteten Zustande oder bei gleicher beiderseitiger Belastung der Wagebalken im sicheren (stabilen) Gleichgewicht wagerecht schwebe, muß sein Schwerpunkt unterhalb der Drehungsschneide liegen. Ein am Wagebalken senkrecht befestigter Zeiger (die Zunge) läßt durch sein Einspielen auf eine Marke oder auf den Nullpunkt einer Skala diese Stellung leicht erkennen. Legt man nun auf die eine Wagschale ein kleines Übergewicht, so wird sich der Wagebalken nach dieser Seite hinneigen, und sein Schwerpunkt wird nach der anderen Seite so weit gehoben, bis das in diesem angreifende Gewicht des Wagebalkens ein ebenso großes entgegengesetztes Drehungsbestreben erlangt hat, wie das am Ende des Wagebalkens angreifende Übergewicht. Den Winkel, welchen die Zunge in dieser neuen Lage mit der lotrechten Linie bildet, nennt man den Ausschlagswinkel. Damit bei verschiedener Gesamtbelastung der Wage das nämliche Übergewicht immer den gleichen Ausschlag gebe, muß die Mittelschneide mit den Endschneiden in derselben Ebene liegen. Die Empfindlichkeit der Wage ist um so größer, einen je größeren Ausschlagswinkel sie für ein bestimmtes Übergewicht gibt. Der Schwerpunkt des Wagebalkens wird aber, damit sein Hebelarm groß genug werde, um so höher gehoben werden müssen und demnach der Ausschlagswinkel um so größer werden, je kleiner das Gewicht des Wagebalkens ist, je näher sein Schwerpunkt unter der Drehungsschneide liegt, und je größer andererseits der Hebelarm des Übergewichts, d. h. je länger der Wagebalken ist. Um eine Wage möglichst empfindlich zu machen, legt man daher den Schwerpunkt sehr nahe unter die Schneide und macht den Wagebalken bei hinreichender Stärke möglichst lang und möglichst leicht. Um letzteres zu erreichen, gibt man bei feinen Wagen dem Wagebalken eine durchbrochene Gestalt, und um die Lage des Schwerpunktes regulieren zu können, befindet sich über dem Wagebalken eine feine Schraubenspindel, an welcher eine Schraubenmutter