

Mechanik:

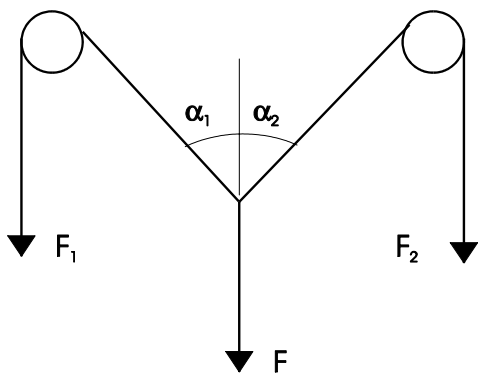
Zusammensetzung von Kräften und Flaschenzug

1. Teil : Zusammensetzung von Kräften

Aufgabenstellung:

Zu zwei Kräften F_1 und F_2 soll die Kraft F_{\perp} gesucht werden, die diesen das Gleichgewicht hält und lotrecht nach unten wirkt.

Experimentelle Vorgangsweise:



Laststückkombinationen $F_1 = \sum G_L$

Last 1: F_1 Last 2: F_2

1 Laststück	1 Laststück
2 Laststücke	1 Laststück
3 Laststücke	1 Laststück
4 Laststücke	2 Laststück

Abb. 1: Zusammensetzung von Kräften

Im Experiment wird die senkrecht nach unten weisende Kraft F_{\perp} gesucht, die zwei Kräfte F_1 und F_2 kompensiert, welche mit der Lotrechten den Winkel α_1 und α_2 einschließen.

Den Betrag von F erhält man, wenn man die Vertikalkomponenten von F_1 und F_2 addiert:

$$F_{\perp} = F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 \quad (1)$$

1. Zuerst werden mit einer Waage die Massen m_L der Laststücke ermittelt und daraus die Gewichtskräfte $G_L = m_L g$ berechnet. Mit den Kraftmessern ist das Ergebnis zu überprüfen, etwaige Abweichungen sind zu notieren (Gesamtfehler $\Delta F = \text{Ablesefehler} + \text{Gerätefehler}$).
2. Danach werden für folgende Laststückkombinationen $F_1 = \sum G_L$ unter Beachtung des Lotrechtstehens der Kraft F_{\perp} die Kraft F_{\perp} und die Winkel α_1 und α_2 bestimmt (Gesamtfehler $\Delta F = \text{Ablesefehler} + \text{Gerätefehler}$, Gesamtfehler $\Delta \alpha_i = \text{Ablesefehler} + \text{Gerätefehler}$):

Aus den Winkeln α_1 und α_2 und den Kräften F_1 und F_2 kann man nun die Kraft F_{\perp} nach obiger Gleichung (1) errechnen und mit dem am Kraftmesser abgelesenen Wert vergleichen.

Berechnung des Maximalfehlers von ΔF mittels Fehlerfortpflanzung ausgehend von Gl. (1):

$$\Delta F|_{F_1} = |\cos \alpha_1| \Delta F_1,$$

$$\Delta F|_{F_2} = |\cos \alpha_2| \Delta F_2,$$

$$\Delta F|_{\alpha_1} = |F_1 \sin \alpha_1| \Delta \alpha_1,$$

$$\Delta F|_{\alpha_2} = |F_2 \sin \alpha_2| \Delta \alpha_2$$

$$\Delta F = \Delta F|_{F_1} + \Delta F|_{F_2} + \Delta F|_{\alpha_1} + \Delta F|_{\alpha_2}$$

Überprüfen Sie durch Einsetzen der Messwerte für F_1 und α_1 , ob die Beziehung $F_1 \sin \alpha_1 = F_2 \sin \alpha_2$ gilt, mit Berücksichtigung der jeweiligen Fehlergrenzen für F_1 und α_1 . Abweichungen sind zu notieren, Meßfehler sind abzuschätzen, das Ergebnis ist zu diskutieren.

2. Teil: Flaschenzug: Kräftebilanz

Aufgabenstellung:

An einem Flaschenzug soll gezeigt werden, dass

- die Zugkraft F proportional zur Gewichtskraft G_L der angehängten Last ist und
- die Zugkraft F bei konstanter Last G_L umgekehrt proportional zur Zahl N der verwendeten Rollen abnimmt, der Weg s um die Last G_L zu heben jedoch zunimmt (was bleibt dabei insgesamt konstant?).

Experimentelle Vorgangsweise:

Beim Flaschenzug mit N Rollen verteilt sich die Gewichtskraft G_L der angehängten Last gleichmäßig auf N Seilstücke. Da das Seil entlang seiner gesamten Länge unter einer einheitlichen Zugspannung steht, bedeutet dies für die am Seilende aufzuwendende Zugkraft F :

$$F = G_L / N$$

Zu a.) Zunächst wird an dem Flaschenzug mit 6 Rollen gezeigt, daß die Zugkraft F proportional zur angebrachten Gewichtskraft G_L ist. Dazu ist die Gewichtskraft $G_L = m_L g$ der 3 Laststücke (500 g, 1000 g, 2000 g) zu bestimmen und die Zugkraft F mit dem Kraftmesser zu ermitteln (Gesamtfehler $\Delta F = \text{Ablesefehler} + \text{Gerätefehler}$).

Achtung: Da der bewegliche Teil des Flaschenzuges selbst eine Masse hat, muß die Kraft F_{FI} , die notwendig ist, um den Flaschenzug in Schwebe zu halten, abgezogen werden von der Kraft F_{ges} , die mit der Last gemessen wird. Die *korrigierte* Kraft F ist also: $F = F_{ges} - F_{FI}$.

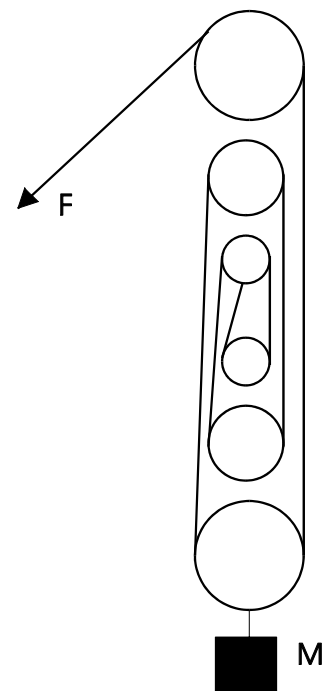


Abb. 2: Flaschenzug

Zu b.) Danach wird für das Laststück mit 1000 g für den Flaschenzug mit 2, 4 und 6 Rollen die aufzuwendende Zugkraft F und der Weg s , der erforderlich ist, um das Laststück um 10 cm zu heben, bestimmt. Wie genau wurde die Kraft bestimmt (Gesamtfehler $\Delta F = \text{Ablesefehler} + \text{Gerätefehler}$), wie genau den Weg s ?

Auswertung:

Zu a.) Die gemessene Zugkraft F wird in einem Diagramm als Funktion der am Flaschenzug angebrachten Gewichtskraft G_L aufgetragen. Die Meßfehler sind abzuschätzen und das Ergebnis der obigen Messungen ist zu diskutieren.



Zu b.) Berechnen Sie die (indirekt gemessene) Arbeit $W = F s$ aus den direkt gemessenen Größen Zugkraft F und Weg s . Bestimmen Sie mittels Fehlerfortpflanzung den maximalen relativen Fehler $\frac{\Delta W}{W}$ für die

Arbeit $W = F s$:

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta F}{F} + \frac{\Delta s}{s} \quad .$$

Bleibt die Arbeit W konstant innerhalb der ermittelten Fehlergrenzen?

Vorbereitung:

- H. Tritthart: *Medizinische Physik und Biophysik*, 2001, Schattauer GmbH Stuttgart
 - 1.1 Direkte und indirekte physikalische Messungen; 1.3 SI-System; 1.3.5 Vektor und Skalar; 1.3.7 Masse; 1.3.8 Kraft; 1.4 Meßfehler; 1.6 Darstellung von Messwerten; 2.1 Statik und Dynamik; 2.1.1 Newton'sche Axiome; 2.1.4 Arbeit, Energie, Leistung
- W. Hellenthal: *Physik für Mediziner und Biologen*, 7. Auflage 2002, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft
 - Kap. 1.4 Skalare und vektorielle Größen; Kap. 2.2.1 Kräfte und Deformationen fester Körper; Kap. 2.2.2 Gewichtskraft; Kap. 2.2.3 Zusammensetzung von Kräften; Kap. 2.2.4; Kräfte und geradlinige Bewegung; 2.2.5 Energie; Kap. 14.8 Vektoren
- Trautwein, Kreibitz, Oberhauser, Hüttermann: *Physik für Mediziner, Biologen, Pharmazeuten*, 5. Auflage 2000, Walter de Gruyter
 - Kap. 2.2.1 Newton'sche Axiome; Kap. 2.2.2 Verschiedene Arten von Kräften; Kap. 2.2.3 Statisches und dynamisches Gleichgewicht von Kräften; Kap. 2.2.5 Dynamometer; Kap. 3 Arbeit, Energie, Leistung; Kap. 4.1 Energieerhaltungssatz; Kap. A.3 Rechnen mit Vektoren.
- *Physikalische Grundlagen der Messtechnik*, Teil 1 und Teil 6
-  Vektoraddition: http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=15
-  Vektoraddition und Subtraktion: <http://comp.uark.edu/~jgeabana/java/VectorCalc.html>