

## Demonstrationsgerätesatz Mechanik magnethaftend



### Übersicht über die durchführbaren Versuche

1. Zusammensetzung von Kräften
2. Parallele Kräfte
3. Zerlegung von Kräften
4. Elastische Kräfte
5. Hook'sches Gesetz
6. Lage des Schwerpunktes
7. Gleichgewicht bei einem Hebel
8. Drehmoment
9. Hebelgesetze
10. Schiefe Ebene
11. Gleitreibung
12. Flaschenzug (Grundlagen)
13. Flaschenzug mit parallelen Rollen
14. Flaschenzug mit Rollen in Reihe
15. Kombinationen von Flaschenzug und Hebel

Mit dem Demonstrationsgerätesatz Mechanik lassen sich grundlegende Versuche einfach durchführen. Durch den Aufbau auf einer Stahltafel - nicht im Lieferumfang des Sets enthalten - können die Versuche als Demoversuch im Klassenraum durchgeführt werden.

**Einzelteilübersicht**

<u>Anzahl</u>	<u>Bezeichnung</u>	<u>Ref.</u>
4	Magnetische Halter	1340
1	Achse	0040
1	S-förmiger Haken	0154
3	Stativstab mit Haken	1344
1	Halter für Federkraftmesser	1346
1	Federkraftmesser 2N	1256.1
1	unregelmäßig geformte Scheibe	1013
1	Lochstab (Hebel)	1152
1	Schiefe Ebene mit Neigungsmesser	1337
1	Reibungskörper aus Holz	1164
1	Rollwagen	1196
1	Zollstock	1116
1	Gradscheibe	1336
1	Momentenscheibe	1322
1	Feder mit Zeiger	1067
2	Rolle auf Stab	1345
2	3-rollige Flasche	1127
2	2-rollige Flasche	1228
2	Flasche mit Rollenpaar	1160
2	feste Rolle	1227
2	Scheibengewichtssatz 9 x 10g mit Gewichtsträger	1309
1	Scheibengewichtssatz 9 x 20g mit Gewichtsträger	1310
2	Scheibengewicht 50g	1000
2	Schnur	0015
1	Aufbewahrungskoffer	
1	Versuchsanleitung	

**Hinweise zum Aufbau der Versuche**

Arrangieren Sie wie in den Versuchen beschrieben die Komponenten auf der Tafel. Stecken Sie die Halter, Haken, Rollen etc. in magnetischen Halter (1340) und fixieren sie mit den Klemmschrauben, Achten Sie auf die korrekte Ausrichtung der Komponenten zueinander:

- Verwenden Sie für den Federkraftmesser (1256.1) die Halteklammer (1346).
- Die geneigte Ebene (1337) wird mit den Aufnahmezapfen an beiden Enden in jeweils einen magnetischen Halter (1340) eingesetzt.
- Um die Wirkung und Richtung einer Kraft bestimmen, verwenden Sie die Scheibengewichtssätze (1309 / 1310).
- Die Gewichtssätze werden mit Experimentierschnüren an ihren Haken befestigt. Die Schnüre laufen ggf. über zusätzliche Rollen (1345).

Demonstrationsgerätesatz Mechanik magnethaftend – Best.-Nr.1152005

**Inhalt des Gerätesatzes**



## 1. Zusammensetzung von Kräften

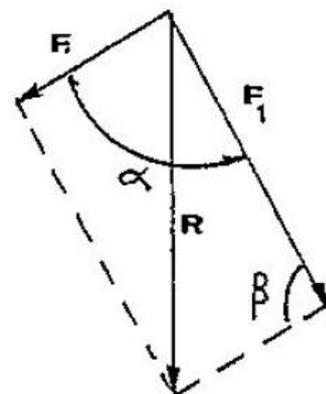
<b>Benötigtes Material</b>	4 magnetische Halter	2 Rollen auf Stab
	1 Halter für Federkraftmesser	2 Scheibengewichtssätze 10g
	1 Federkraftmesser 2N	1 Scheibengewichtssatz 20g
	1 Gradscheibe	1 Schnur

- Schritt 1:* Platzieren Sie den Federkraftmesser auf der Magnettafel.
- Schritt 2:* Platzieren Sie 2 Gewichtsträger mit einigen Massestücken (Wert beliebig). Die Werte für die Kraft  $F_1$  und  $F_2$  entsprechen dem der Gewichtskraft aus Massestück und Gewichtsträger. Führen Sie ein Stück Schnur von einem Gewichtsträger über die Rollen und den Federkraftmesser zu dem anderen Gewichtsträger.
- Schritt 3:* Vergewissern Sie sich, dass sich die Anordnung im Gleichgewicht befindet.
- Schritt 4:* Befestigen Sie die Gradscheibe so, dass ihr Mittelpunkt mit dem Angriffspunkt der Schnur in der Öse des Federkraftmessers zusammenfällt.
- Schritt 5:* Messen Sie den Winkel zwischen den beiden Kräften. Hilfreich ist, die Winkelscheibe so zu verdrehen, dass der Nullpunkt mit der Lage der Schnur eines Scheibengewichtssatzes übereinstimmt.
- Schritt 6:* Lesen Sie den Wert für die resultierende Kraft  $R$  auf dem Federkraftmesser ab.
- Schritt 7:* Lesen Sie den Wert des Winkels zwischen  $F_1$  und  $R$  ab.
- Schritt 8:* Wiederholen Sie den Versuch, indem Sie Werte für  $F_1$  und  $F_2$  und dem Winkel  $\alpha$  variieren.

Notieren Sie jeweils die Werte für die resultierende Kraft  $R$ . Um das Ergebnis zu überprüfen, übertragen Sie die Werte für der Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  und Winkel  $\alpha$  maßstabsgerecht auf Milimeterpapier auf. Überprüfen Sie nun die resultierende Kraft  $R$  mit den Messergebnissen.

Unter der Annahme, dass der Wert von  $\beta$  der Ergänzungswinkel zu  $\alpha$  ist, folgt:

$$R = ( F_1^2 + F_2^2 - 2 F_1 F_2 \cos \beta )^{1/2}$$



## 2. Parallele Kräfte

<b>Benötigtes Material</b>	2 magnetische Halter	1 Rollen auf Stab
	1 Halter für Federkraftmesser	2 Scheibengewichtssätze 10g
	1 Federkraftmesser 2N	1 Scheibengewichtssatz 20g
	1 S-förmiger Haken	1 Schnur
	1 Lochstab (Hebel)	

### Parallele Kräfte (gleiche Richtung)

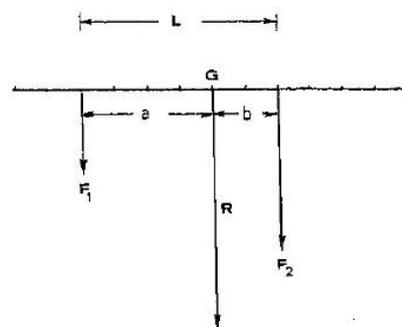
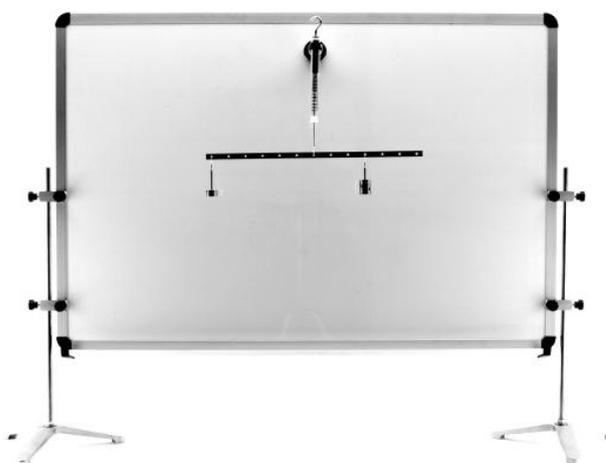
- Schritt 1:* Platzieren Sie den Federkraftmesser auf der Magnettafel.
- Schritt 2:* Hängen Sie den Lochstab (Hebel) mit dem S-förmigen Haken in seinem Schwerpunkt an den Federkraftmesser.
- Schritt 3:* Beachten Sie den Wert, den der Federkraftmesser anzeigt.
- Schritt 4:* Hängen Sie nun auf beiden Seiten des Schwerpunktes jeweils einen Gewichtsträger mit Massestücken ein. Variieren Sie dabei Anzahl der Massestücke und die Abstände der Masseträger vom Schwerpunkt (**a**, **b**) des Lochstabes solange, bis dieser wieder im Gleichgewicht ist.
- Schritt 5:* Sobald der Aufbau im Gleichgewicht ist, lesen sie den Wert am Federkraftmesser ab und notieren ihn. Beachten Sie dabei, dass der in *Schritt 3* abgelesene (Tara-)Wert dem Gewicht des Lochstabes entspricht.
- Schritt 6:* Wiederholen Sie den Versuch, indem Sie Werte für  $F_1$  und  $F_2$  und die Abstände **a** und **b** variieren.

### Auswertung der Versuche

Die aus zwei Kräften  $F_1$  und  $F_2$  in dieselbe Richtung resultierende Kraft entspricht der Summe der Einzelkräfte. Die Richtung der resultierenden Kraft  $R$  ist identisch zur Richtung der Einzelkräfte.

Der Angriffspunkt der resultierenden Kraft teilt das Segment  $L$  in zwei Teile **a** und **b**, so dass immer gilt:

$$F_1 \cdot a = F_2 \cdot b$$



### Parallele Kräfte (entgegengesetzte Richtung)

- Schritt 1:** Montieren Sie den Federkraftmesser und den Lochstab wie zuvor beschrieben auf der Tafel.
- Schritt 2:** Befestigen Sie ein Stück Schnur an einem äußeren Ende des Lochstabes.
- Schritt 3:** Befestigen Sie eine Rolle mit Stab an einem magnetischen Halter.
- Schritt 4:** Befestigen Sie am anderen Ende der Schnur einen Gewichtsträger mit Massestücken und legen die Schnur über die Rolle.
- Schritt 5:** Verschieben Sie den Halter mit der Schnurrolle so, dass die Schnur senkrecht verläuft.
- Schritt 6:** Hängen Sie einen zweiten Gewichtsträger mit Massestücken an den Lochstab. Verändern Sie dabei die Werte von  $F_1$ ,  $F_2$  und den Abstand  $b$  so, dass das System im Gleichgewicht ist.
- Schritt 7:** Sobald der Aufbau im Gleichgewicht ist, lesen Sie den Wert am Federkraftmesser ab und notieren ihn. Beachten Sie dabei, dass der (Tara-) Wert zu dem Wert von  $F_2$  hinzuaddiert werden muss.
- Schritt 8:** Wiederholen Sie den Versuch, indem Sie Werte für  $F_1$  und  $F_2$  und den Abstand  $b$  variieren.

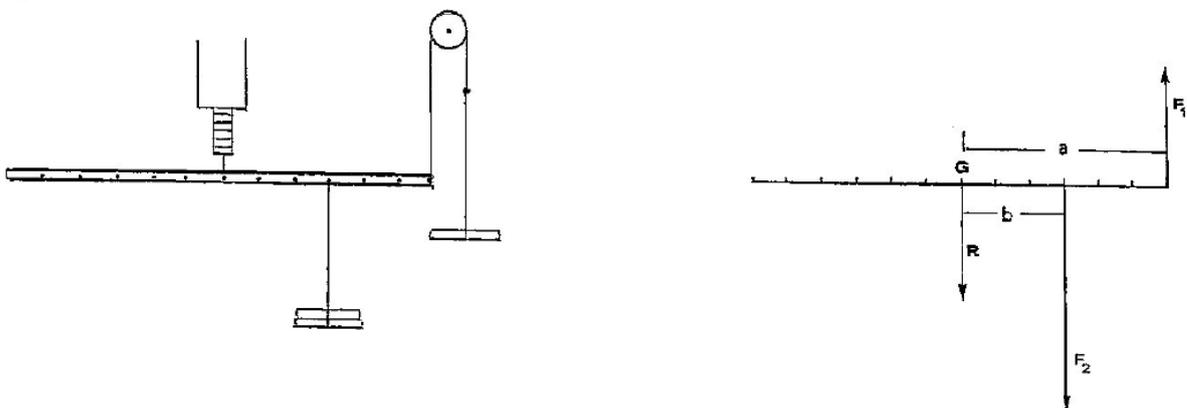
### Auswertung der Versuche

Für die resultierende Kraft  $R$ , die sich aus zwei parallelen entgegengesetzten Kräften ergibt, gilt folgendes:

Die Richtung der resultierend Kraft  $R$  hat dieselbe Richtung wie die größere der beiden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$ .

Der Betrag der Resultierenden Kraft  $R$  entspricht dem Betrag der Differenz der beiden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$ .

Für die resultierend Kraft gilt das Verhältnis:  $F_1 \cdot a = F_2 \cdot b$



### 3. Zerlegung von Kräften

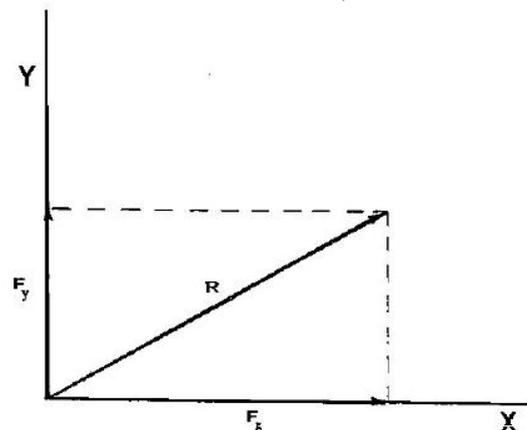
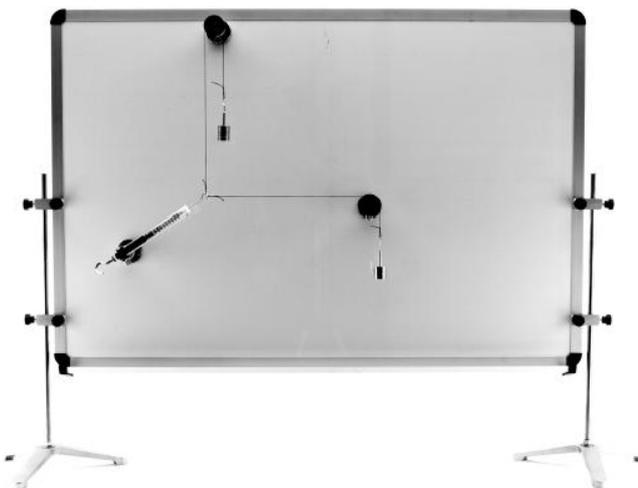
<b>Benötigtes Material</b>	3 magnetische Halter	2 Rollen auf Stab
	1 Halter für Federkraftmesser	2 Scheibengewichtssätze 10g
	1 Federkraftmesser 2N	1 Scheibengewichtssatz 20g
	1 Schnur	

- Schritt 1:** Montieren Sie den Federkraftmesser, wie in der unteren Abbildung gezeigt, auf der Tafel und fädeln ein Stück Schnur durch die Öse des Federkraftmessers.
- Schritt 2:** Setzen Sie die beiden Rollen gemäß der Abbildung auf die Tafel.
- Schritt 3:** Befestigen Sie jeweils an einem Ende der Schnur einen Gewichtsträger mit Massestücken und führen die Schnüre über die Rollen.
- Schritt 4:** Verschieben Sie die Halter mit der Schnurrolle so, dass die Schnurseiten einen rechten Winkel bilden (siehe Abbildung). Verschieben Sie den Federkraftmesser so, dass keine Seitenkräfte auf ihn wirken.
- Schritt 5:** Sobald der Aufbau im Gleichgewicht ist, lesen Sie den Wert am Kraftmesser ab und notieren ihn.
- Schritt 6:** Wiederholen Sie den Versuch, indem Sie Werte für  $F_1$  und  $F_2$  variieren.
- Schritt 7:** Tragen Sie die Werte für die Kräfte maßstabsgerecht auf Millimeterpapier auf und vergleichen die Ergebnisse mit den Messwerten.

Für den Betrag der abgelesenen resultierenden Kraft  $F$  gilt:

$$\sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Die Kräfte  $F_x$  und  $F_y$  repräsentieren die Teilkräfte entlang der X- und Y-Achse.

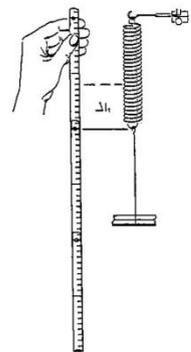
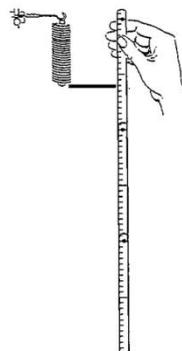
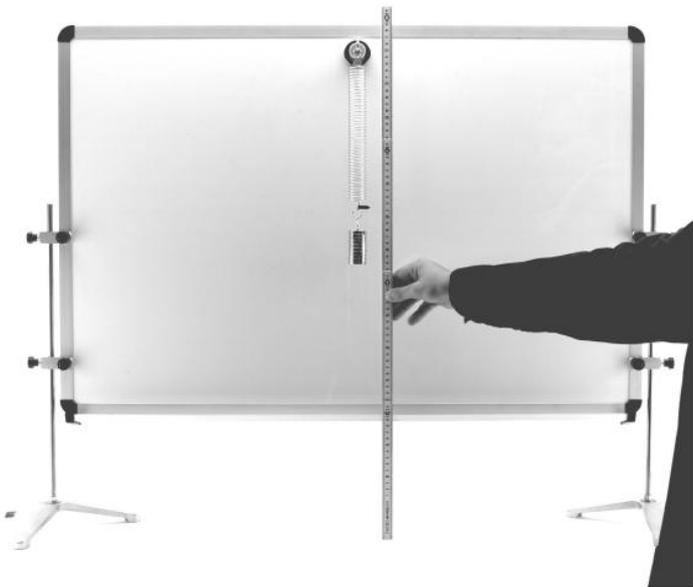


#### 4. Elastische Kräfte

<b>Benötigtes Material</b>	1 magnetischer Halter	1 Feder mit Zeiger
	1 Stativstab mit Haken	1 Scheibengewichtssatz 10g

Wirkt eine Kraft auf einen starren Körper, gibt es keinen Bewegungseffekt, sondern die Kraft wirkt als Verformung des Körpers. Mit dem nachfolgend beschriebenen Versuch lässt sich dies zeigen:

Eine Stahlfeder wird an einem festen Haken angebracht. Anschließend wird am anderen Ende der Feder ein Gewichtsträger mit Massestücken befestigt. Nach Erreichen des Gleichgewichts entspricht die elastische Kraft der Gewichtskraft. Solange die Elastizitätsgrenze der Feder nicht erreicht ist, ist die Verformung nicht dauerhaft. Es handelt sich hierbei um eine elastische Verformung im Gegensatz zur plastischen Verformung. Wird die angehängte Masse entfernt, geht der Körper (hier die Auslenkung der Feder) in seine ursprüngliche Form zurück. Dieser Effekt tritt bei allen elastischen Körpern auf.



#### 5. Hook'sches Gesetz

<b>Benötigtes Material</b>	1 magnetischer Halter	1 Scheibengewichtssatz 10g
	1 Stativstab mit Haken	1 Zollstock
	1 Feder mit Zeiger	

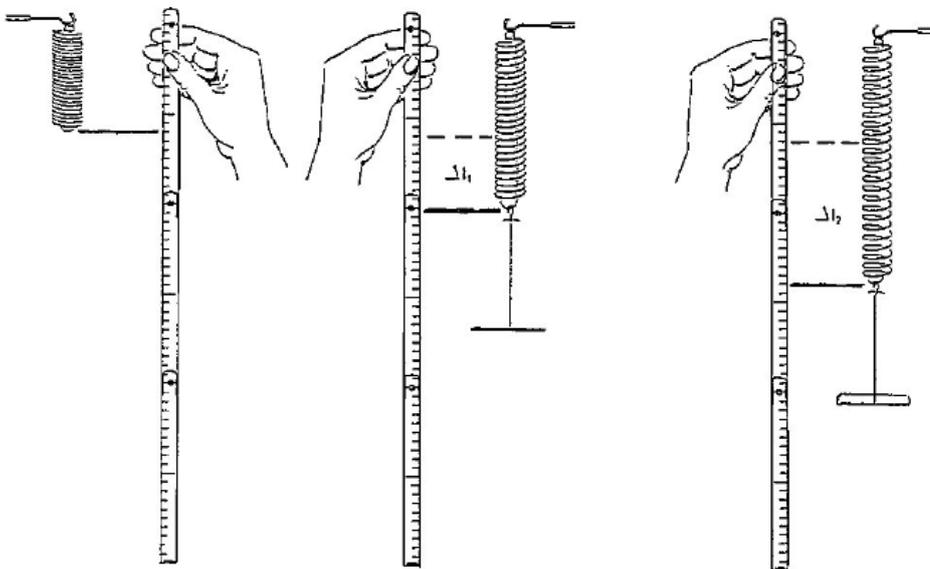
*Schritt 1:* Montieren Sie den magnetischen Halter auf der Tafel.

*Schritt 2:* Hängen Sie die Feder an den Halter ohne einen Gewichtssatz daran zu befestigen.

- Schritt 3:** Messen Sie die Höhe des Zeigers mit dem Zollstock und notieren den Wert (Ruhelage)  $h_0$ .
- Schritt 4:** Hängen Sie einen Gewichtsatz mit einem Massestück von 10g an die Feder und notieren die Auslenkung  $h_1$ .
- Schritt 5:** Berechnen Sie die Auslenkung :  $\delta h_1 = h_1 - h_0$ .
- Schritt 6:** Erhöhen Sie das Gewicht um 10g und notieren die Auslenkung  $h_2$ . Berechnen Sie nun die Auslenkung erneut :  $\delta h_2 = h_2 - h_0$ .
- Schritt 7:** Wiederholen Sie Schritt 6 mehrmals.
- Schritt 8:** Tragen Sie die Werte in die nachfolgende Tabelle ein:

F(g)	$\delta h_{mm}$	F / $\delta h$

- Schritt 9:** Zeichnen Sie einen Graphen, indem Sie die Kräfte (=Massen) auf der x-Achse und die Auslenkung auf der y-Achse abtragen.



### Hook'sches Gesetz (Fortsetzung)

Beantworten Sie nachfolgende Fragen nach der Durchführung des Versuches und der Übertragung der Messwerte in einen Graphen:

1. Existiert - unter Berücksichtigung der Messungenauigkeiten – eine Beziehung zwischen den Kräften und den dazugehörigen Auslenkungen?
2. Ist es möglich dieses Verhältnis mathematisch zu beschreiben?

3. Beschreiben Sie die Tatsache, dass das Verhältnis zwischen den Kräften und den Auslenkungen konstant ist, mit einer mathematischen Formel.
4. Welche Kurvenform beschreibt das Verhältnis von Kraft zu Ausdehnung in der grafischen Darstellung am besten?
5. Wie wird das Verhältnis zwischen aufgebrachtener Kraft und der dazugehörigen Dehnung bezeichnet?

## 6. Lage des Schwerpunktes

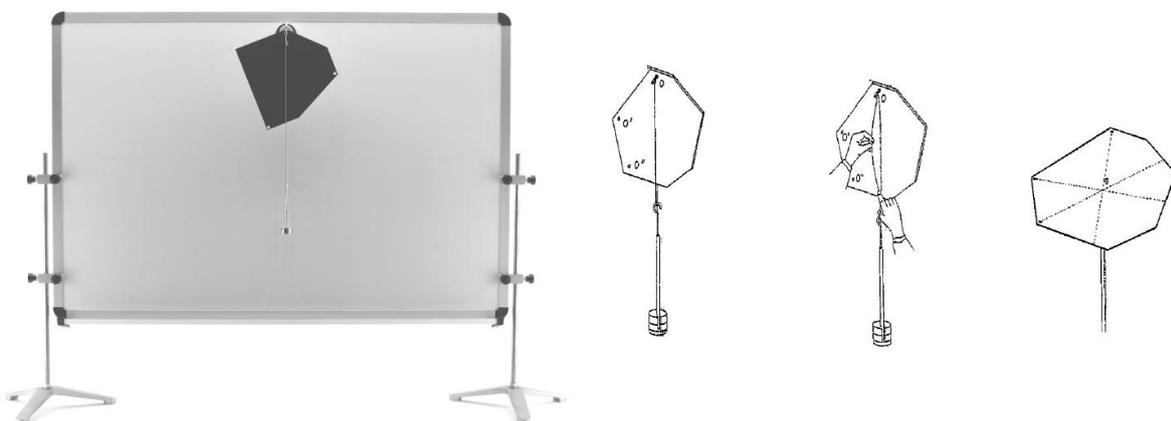
<b>Benötigtes Material</b>	1 magnetischer Halter	1 Schnur
	1 Stativstab mit Haken	1 Gewichtsträger
	1 unregelmäßig geformte Scheibe	1 50g Massestück

- Schritt 1:* Montieren Sie den magnetischen Halter mit dem Stativstab mit Haken auf der Tafel.
- Schritt 2:* Hängen Sie die unregelmäßig geformte Scheibe mit einer beliebigen Bohrung an den Haken.
- Schritt 3:* Reiben Sie mit einem Stück Kreide mehrmals über ein Stück Schnur und befestigen anschließend die Schnur an dem Haken. Hängen Sie den Gewichtsträger mit dem 50g Massestück an das andere freie Ende der Schnur.
- Schritt 4:* Halten Sie am Gewichtsstück die Schnur gespannt, heben diese etwas in Richtung von der Tafel weg und lassen sie los. Eine Kreidespur markiert den Verlauf der Schnur auf der unregelmäßig geformten Scheibe.
- Schritt 5:* Wiederholen Sie die *Schritte 2 bis 4* mit der zweiten und dritten Bohrung der Scheibe.

Wenn Sie die Schritte sorgfältig durchgeführt haben, stellen Sie fest, dass sich die Linien in einem Punkt kreuzen.

### Fragen

1. Warum befindet sich der Schwerpunkt immer senkrecht unter dem Aufhängungspunkt?
2. Was beschreibt der Kreuzungspunkt der Linien?
3. Wenn man die Scheibe horizontal auf einen Stab legen möchte, ohne dass sie herunterfällt, auf welche Position müsste man sie auf dem Stab positionieren?



## 7. Gleichgewicht bei einem Hebel

**Benötigtes Material**

1 magnetischer Halter	1 Scheibengewichtssatz 20g
1 Stativstab mit Haken	1 Scheibengewichtssatz 10g
1 Lochstab	

**Schritt 1:** Montieren Sie den magnetischen Halter mit dem Stativstab mit Haken auf der Tafel.

**Schritt 2:** Hängen Sie den Lochstab in seinem Schwerpunkt an den Haken.

**Schritt 3:** Befestigen an beiden Seiten des Schwerpunktes jeweils einen Gewichtsträger mit (unterschiedlichen) Massestücken. Variieren Sie die Aufhängepositionen am Lochstab und die Anzahl der Massestücke solange, bis das System im Gleichgewicht ist (der Lochstab ist in horizontaler Position).

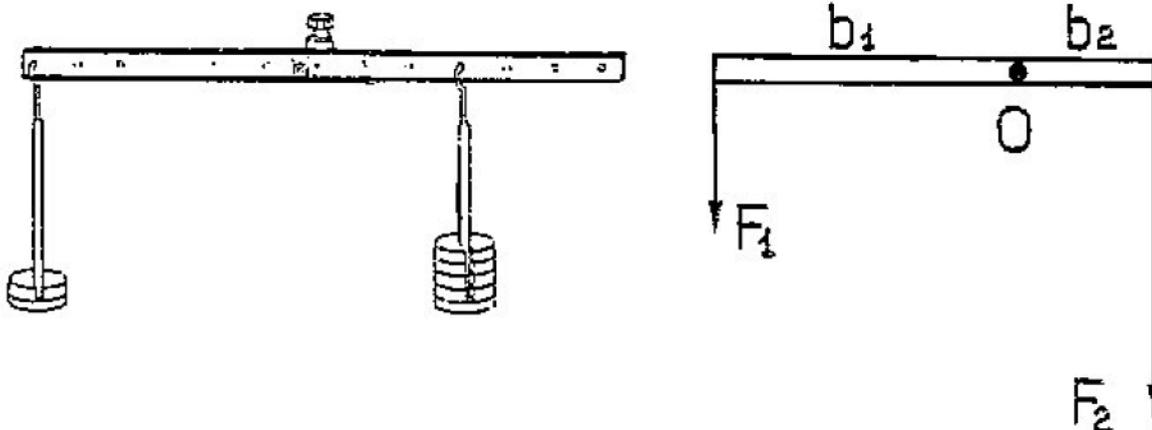
**Schritt 4:** Notieren Sie die Werte für  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $b_1$  und  $b_2$ .

**Schritt 5:** Füllen Sie die nachstehende Tabelle mit unterschiedlichen Werten für  $F_1$  und  $F_2$  aus.

$F_1$	$F_2$	$b_1$	$b_2$

Der Versuch zeigt, dass der Hebel im Gleichgewicht ist, wenn das Produkt aus Masse und Länge des Armes auf beiden Seiten gleich ist. Es muss folgende Bedingung gelten:

$$F_1 \cdot b_1 = F_2 \cdot b_2$$



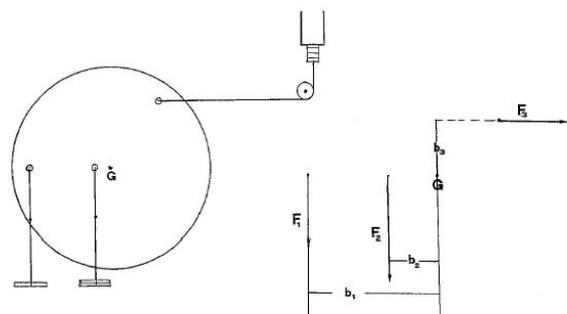
## 8. Drehmoment

<b>Benötigtes Material</b>	3 magnetische Halter	1 Rollen auf Stab
	1 Halter für Kraftmesser	2 Scheibengewichtssätze 10g
	1 Federkraftmesser 2N	1 Scheibengewichtssatz 20g
	1 Schnur	1 Momentenscheibe

- Schritt 1:* Platzieren Sie die Momentenscheibe auf der Tafel.
- Schritt 2:* Platzieren Sie den Federkraftmesser mit Halter auf der Tafel.
- Schritt 3:* Platzieren Sie jeweils zwei Gewichtsträger mit Massestücken an einem Stück Schnur und befestigen diese an zwei Bohrungen auf unterschiedlichen Radien.
- Schritt 4:* Verbinden Sie mit einem Stück Schnur den Federkraftmesser mit der Momentenscheibe wie unten abgebildet und führen dabei die Schnur über die Rolle.
- Schritt 5:* Nachdem sich ein Gleichgewicht eingestellt hat, lesen Sie den Wert für die resultierende Kraft am Federkraftmesser ab und notieren den Wert.
- Schritt 6:* Wiederholen Sie den Versuch, indem Sie die Lage der Bohrungen verändern und die Massen verändern.

Definieren Sie ein pos. Vorzeichen der Kraft für Drehmomente, die im Uhrzeigersinn wirken und neg. Vorzeichen für solche, die entgegen dem Uhrzeigersinn wirken. Überprüfen Sie folgende Annahme:

$$F_3 \cdot b_3 - F_1 \cdot b_1 - F_2 \cdot b_2 = 0$$



## 9. Hebel

### Hebelvariante Variante 1 (2-armiger Hebel)

<b>Benötigtes Material</b>	3 magnetische Halter	1 Rollen auf Stab
	1 Halter für Kraftmesser	1 Lochstab (Hebel)
	1 Federkraftmesser 2N	1 Scheibengewichtssatz 20g
	1 Schnur	1 Stativstab mit Haken

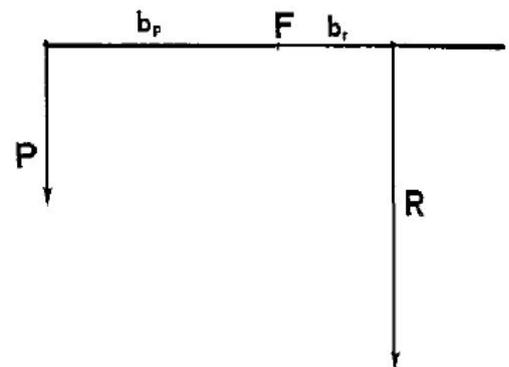
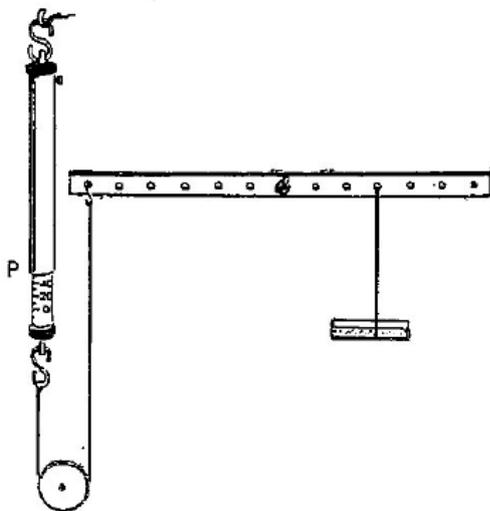
*Schritt 1:* Montieren Sie den Stativstab mit Haken mit Magnethalter auf der Tafel und hängen den Lochstab in seinem Schwerpunkt an den Haken.

*Schritt 2:* Hängen Sie einen Gewichtsträger mit einigen Massestücken in einen der Bohrungen rechts vom Drehpunkt (Gegenkraft).

*Schritt 3:* Montieren Sie den Federkraftmesser an der anderen Seite des Hebels mit einem Stück Schnur und führen diese, wie unten abgebildet, über die Schnurrolle

*Schritt 4:* Lesen Sie den Wert am Federkraftmesser ab und notieren den Wert (Kraft).

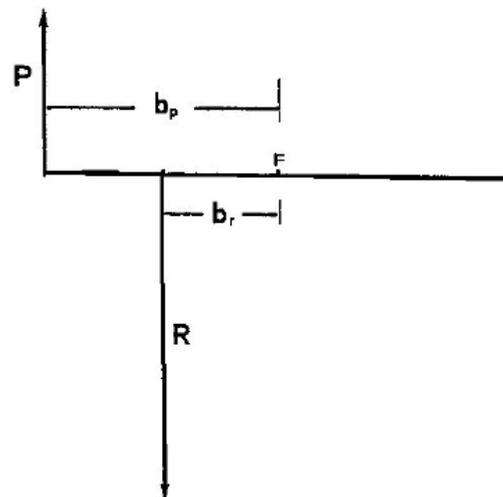
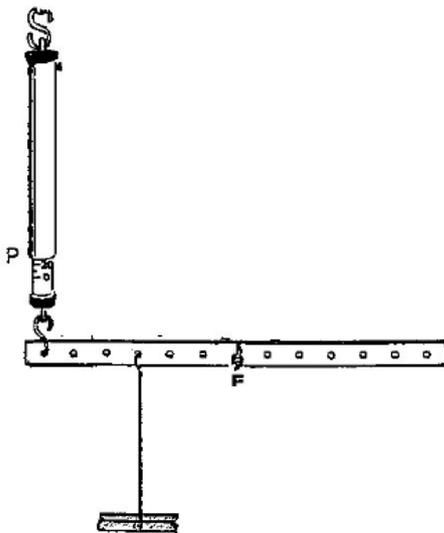
*Schritt 5:* Führen Sie den Versuch mehrmals durch und verändern dabei den Angriffspunkt und die Stärke der Gegenkraft.



## Hebelvariante Variante 2 (1-armiger Hebel)

<b>Benötigtes Material</b>	2 magnetische Halter	1 Lochstab (Hebel)
	1 Halter für Kraftmesser	1 Stativstab mit Haken
	1 Federkraftmesser 2N	1 Scheibengewichtssatz 20g

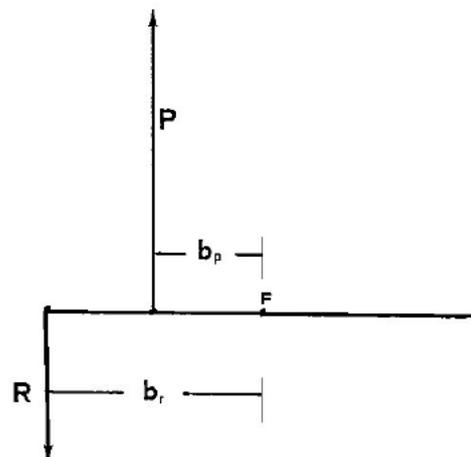
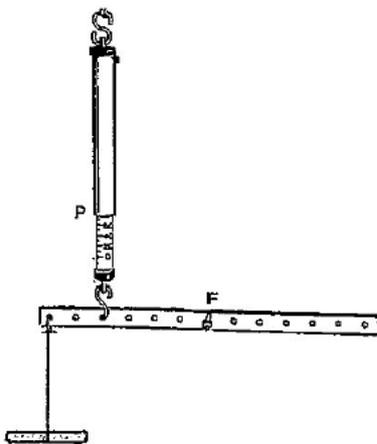
- Schritt 1:** Montieren Sie den Stativstab mit Haken mit Magnethalter auf der Tafel und hängen den Lochstab in seinem Schwerpunkt an den Haken.
- Schritt 2:** Montieren Sie den Federkraftmesser an einer Seite des Hebels wie unten abgebildet.
- Schritt 3:** Hängen Sie einen Gewichtsträger mit einigen Massestücken in einen der Bohrungen zwischen Schwerpunkt und Angriffspunkt des Federkraftmessers.
- Schritt 4:** Lesen Sie den Wert am Federkraftmesser ab und notieren den Wert.
- Schritt 5:** Führen Sie den Versuch mehrmals durch und verändern dabei den Angriffspunkt des Gewichtsträgers und die Anzahl der Massestücke.



### Hebelvariante Variante 3 (1-armiger Hebel)

<b>Benötigtes Material</b>	2 magnetische Halter	1 Lochstab (Hebel)
	1 Halter für Kraftmesser	1 Stativstab mit Haken
	1 Federkraftmesser 2N	1 Scheibengewichtssatz 20g

- Schritt 1:** Montieren Sie den Stativstab mit Haken mit Magnethalter auf der Tafel und hängen den Lochstab in seinem Schwerpunkt an den Haken.
- Schritt 2:** Hängen Sie den Gewichtsträger mit einigen Massestücken in die Bohrung an einem Ende des Lochstabes.
- Schritt 3:** Montieren Sie den Federkraftmesser an einer Bohrung zwischen Schwerpunkt und Gewichtsträger.
- Schritt 4:** Lesen Sie den Wert am Federkraftmesser ab und notieren den Wert.
- Schritt 5:** Führen Sie den Versuch mehrmals durch und verändern dabei den Angriffspunkt des Federkraftmessers und die Anzahl der Massestücke.



### Fragen

Gibt es unter Berücksichtigung der Messergebnisse eine Beziehung zwischen den beiden Kräften und der Länge der Hebelarme?

- Welche mathematische Beziehung lässt sich herleiten?
- In welchem der drei Varianten ist die Anwendung des Hebels optimal?
- Scheren, Zangen, Schubkarren, Ruder, Nussknacker usw. sind praktische Anwendungen für Hebel. Zu welcher Variante der hier beschriebenen Hebel gehören sie jeweils?

## 10. Schiefe Ebene

<b>Benötigtes Material</b>	4 magnetische Halter	1 Rollen auf Stab
	1 Halter für Kraftmesser	1 Scheibengewichtsatz 10g
	1 Federkraftmesser 2N	1 Scheibengewichtsatz 20g
	1 Rollwagen	1 Schiefe Ebene mit Neigungsmesser
	1 Schnur	

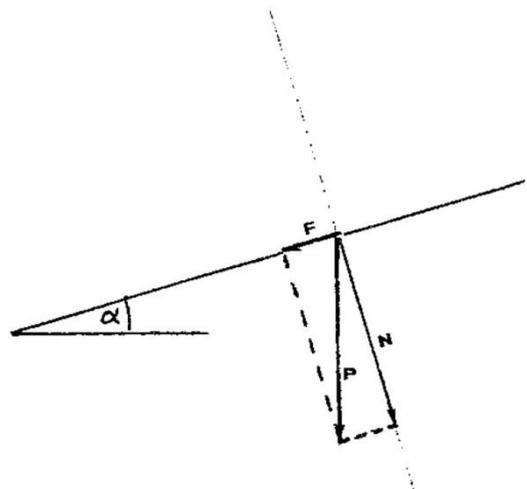
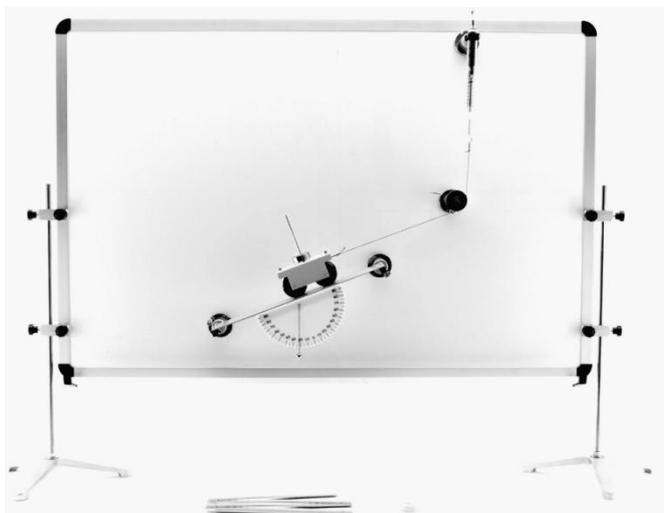
**Hinweis:** Beachten Sie die Massestücke auf dem Rollwagen.

- Schritt 1:** Platzieren Sie die Schiefe Ebene mit 2 magnetischen Haltern auf der Tafel. Die Neigung sollte zwischen 20° und 30° betragen. Der Startwert ist beliebig.
- Schritt 2:** Platzieren Sie den Federkraftmesser mit Halter wie in der Abbildung unten gezeigt.
- Schritt 3:** Platzieren Sie die feste Rolle.
- Schritt 4:** Befestigen Sie den Rollwagen mit einem Massestück an einem Stück Schnur.
- Schritt 5:** Befestigen Sie den Federkraftmesser an dem anderen Ende der Schnur.
- Schritt 6:** Richten Sie die Umlenkrolle und den Federkraftmesser so aus, dass die Schnur parallel zur schiefen Ebene verläuft.
- Schritt 7:** Lesen Sie den Wert am Federkraftmesser ab und notieren den Wert.
- Schritt 8:** Führen Sie den Versuch mehrmals durch und verändern dabei die Neigung der schiefen Ebene und/oder die Anzahl der Massestücke.
- Schritt 9:** Füllen Sie die nachstehende Tabelle aus.

**Hinweis:** das Verhältnis  $h/l$  kann bestimmt werden, indem Sie den Neigungswinkel  $\alpha$  ablesen.

Es gilt:  $h/l = \sin \alpha$ .

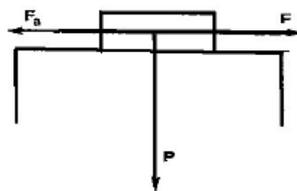
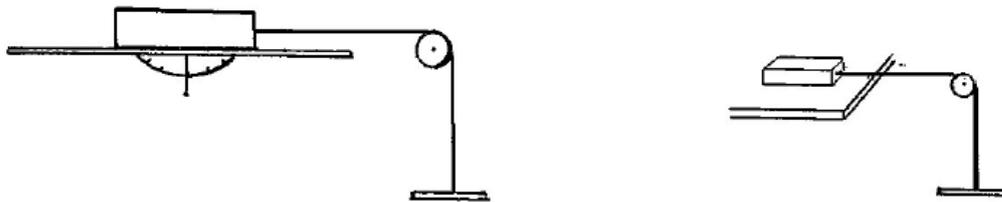
$P$	$F$	$h/l$



## 11. Gleitreibung

<b>Benötigtes Material</b>	3 magnetische Halter	1 Rollen auf Stab
	1 Reibungskörper aus Holz	1 Scheibengewichtssatz 10g
	1 Federkraftmesser 2N	1 Schnur
	1 Schiefe Ebene mit Neigungsmesser	

- Schritt 1:* Ermitteln Sie die Masse des Reibungskörpers mit dem Federkraftmesser und notieren den Wert.
- Schritt 2:* Legen Sie den Reibungskörper auf eine horizontale ebene Fläche.
- Schritt 3:* Befestigen Sie am Reibungskörper eine Schnur.
- Schritt 4:* Befestigen Sie den Gewichtsträger am anderen Ende der Schnur gemäß Abbildung.
- Schritt 5:* Setzen Sie so lange Scheibengewichte auf den Gewichtsträger, bis sich der Reibungskörper von selbst in Bewegung setzt.
- Schritt 6:* Wiederholen Sie den Versuch, indem Sie den Reibungskörper auf Oberflächen aus verschiedenen anderen Materialien (z.B. Holz, Kunststoff, Filz u.s.w.) setzen.
- Schritt 7:* Wiederholen Sie die Versuche, indem Sie unterschiedliche Massen auf den Reibungskörper legen.



## Gleitreibung (Fortsetzung)

### Fragen

- Ist die Kraft zur Überwindung der Gleitreibung bei unterschiedlichen Oberflächen und Massen immer dieselbe?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Gewicht des Reibungskörpers und der Reibungskraft (=Reibungswiderstand)?
- Legt man ein Blatt Papier zwischen Unterlage und Reibungskörper. Wie verhält sich die Reibungskraft im Verhältnis zur ursprünglichen Reibungsflächenkombination ohne die Papierzwischenlage?
- Was versteht man unter dem Reibungskoeffizienten und wovon hängt er ab?

### Bestimmung des Reibungskoeffizienten

Setzen Sie den Reibungskörper auf eine horizontale Ebene ( $\alpha_0 = 0^\circ$ ) und neigen die Ebene solange, bis der Körper sich beginnt zu bewegen. Lesen Sie diesen Winkel am Neigungsmesser ab und notieren ihn.

Da die Reibungskraft proportional zur Kraft ist, die auf die Fläche wirkt gilt:

$$F_a = K_r \cdot N$$

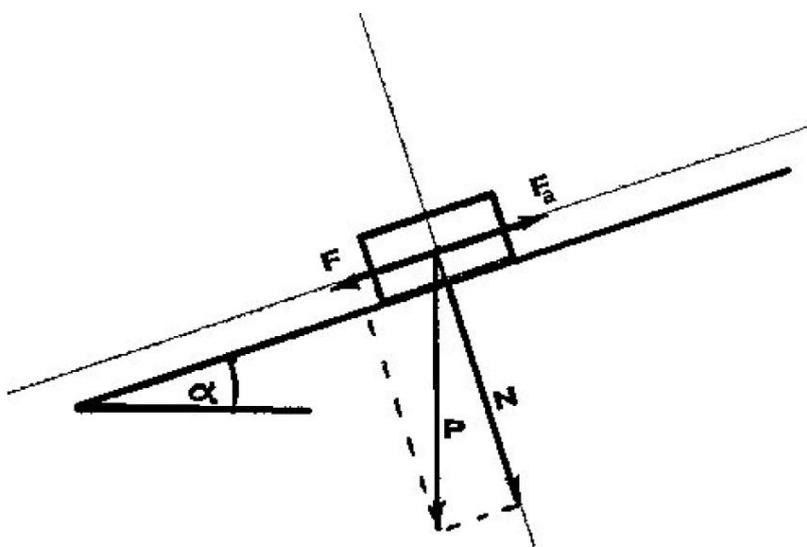
Betrachtet man die untenstehende vektorielle Abbildung, folgt:

$$N = P \cos \alpha$$

Wobei im Gleichgewicht gilt:  $F_a = P \sin \alpha$

Hieraus folgt für den Reibungskoeffizient:

$$\frac{F_a}{N} = \frac{P \sin \alpha}{P \cos \alpha} = \tan \alpha$$



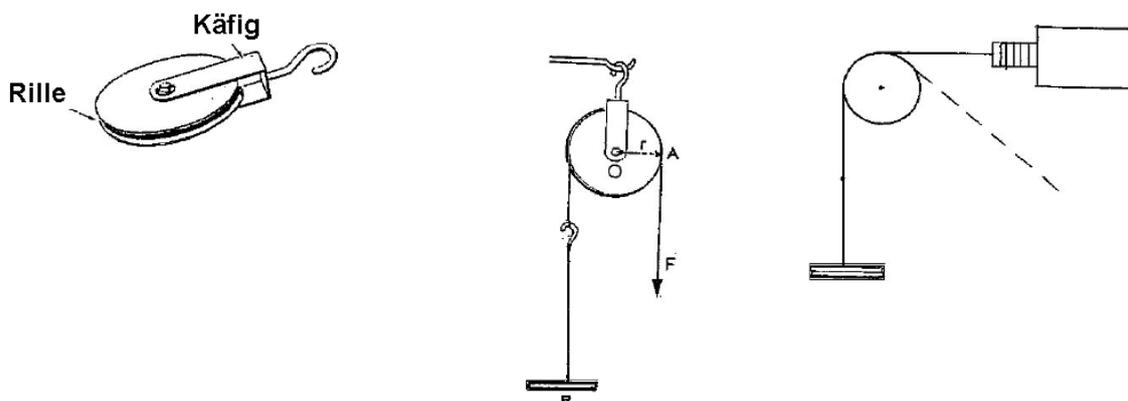
## 12. Flaschenzug - Grundlagen

Flaschenzüge bestehen aus Rollen, die sich frei drehen lassen. Auf den Rollen befindet sich eine umlaufende Rille über die eine Schnur geführt wird. Die Rollen sind drehbar in einem Käfig mit beidseitigen Haken verbaut. Bei Flaschenzügen gibt es zwei Möglichkeiten des Einsatzes: Bei der festen Rolle wird der Käfig der Rolle stationär fixiert, bei losen Rolle ist der Käfig frei beweglich.

<b>Benötigtes Material</b>	2 magnetische Halter	1 Scheibengewichtssatz 20g
	1 feste Rolle	1 lose Rolle
	1 Federkraftmesser 2N	1 Halter für Kraftmesser
	1 Stativstab mit Haken	1 Schnur

- Schritt 1:* Montieren Sie die Komponenten wie unten abgebildet. Überprüfen Sie, dass die Kraft  $F$  mit dem Federkraftmesser der angehängten Masse  $R$  entspricht.
- Schritt 2:* Überprüfen Sie, dass sich die Anzeige auf dem Federkraftmesser nicht ändert, wenn Sie die Richtung des Schnurverlaufes ändern.

Das Verhalten entspricht der Tatsache, dass sich die feste Rolle wie ein Hebel verhält, bei dem beide Arme immer gleich lang sind.



## Flaschenzug - Grundlagen (Fortsetzung)

### Lose Rolle

<b>Benötigtes Material</b>	2 magnetische Halter	1 Scheibengewichtssatz 20g
	1 Federkraftmesser 2N	1 Halter für Kraftmesser
	1 Stativstab mit Haken	1 Schnur
	1 lose Rolle	

**Schritt 1:** Ermitteln Sie das Gewicht der losen Rolle ( $P_c$ )

**Schritt 2:** Montieren Sie die Komponenten wie unten abgebildet und überprüfen, ob die gemessene Kraft dem Verhältnis

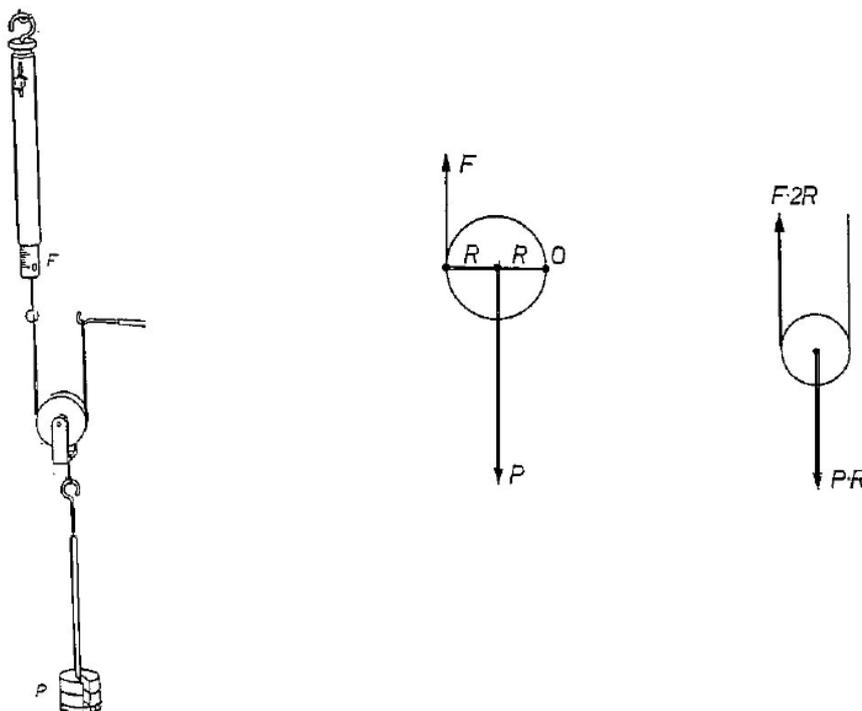
$$F = \frac{P + P_c}{2}$$

entspricht.

Bei der losen Rolle entspricht der Angriffspunkt dem Punkt O, das bedeutet, der Lastarm entspricht dem Radius der Rolle, wobei der Kraftarm dem Federkraftmesser entspricht. Ist das System im Gleichgewicht, gilt:

$$F \cdot 2R = (P + P_c) \cdot R$$

Letztendlich verhält sich die lose Rolle wie ein „Leistungsverstärker“ mit einem festen Übersetzungsverhältnis mit dem Faktor 2.



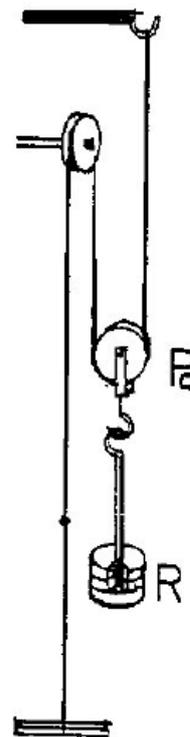
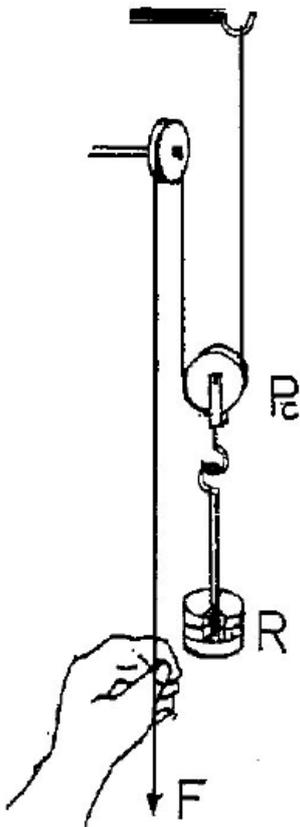
## Flaschenzug - Grundlagen (Fortsetzung)

### Einfacher Flaschenzug

<b>Benötigtes Material</b>	2 magnetische Halter	1 Scheibengewichtsätze 20g
	1 Stativstab mit Haken	1 Scheibengewichtsätze 10g
	1 feste Rolle	1 Schnur
	1 lose Rolle	

*Schritt 1:* Montieren Sie die Komponenten wie unten abgebildet.

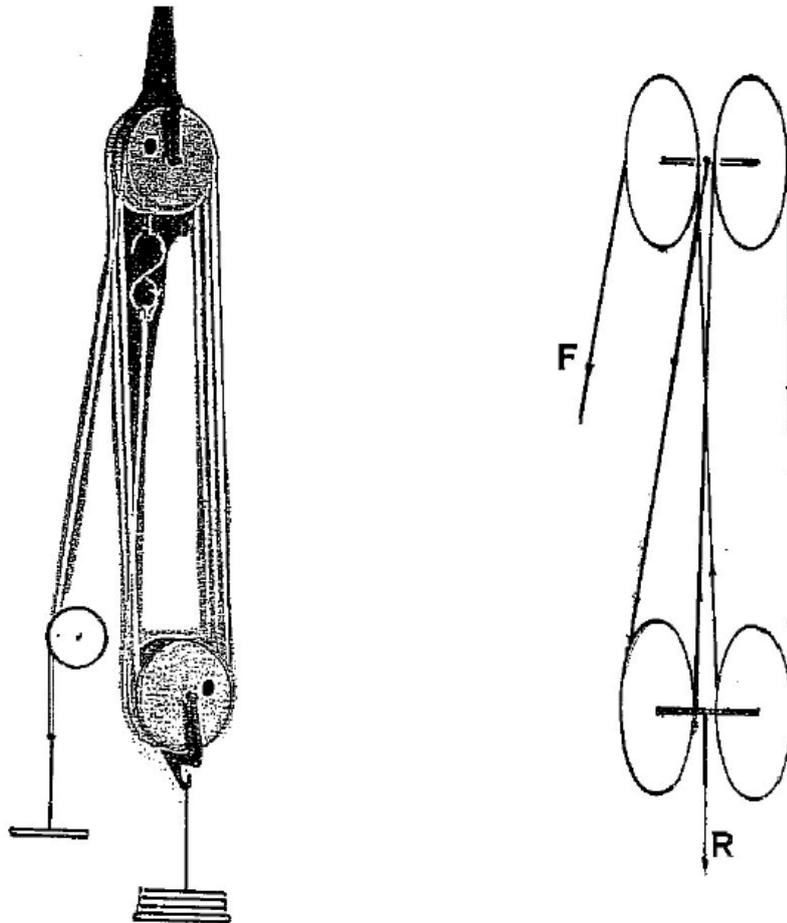
*Schritt 2:* Überprüfen Sie, ob im Gleichgewichtsfall die Kraft  $F$  der Hälfte der angehängten Masse entspricht.



### 13. Flaschenzug mit parallelen Rollen

<b>Benötigtes Material</b>	2 magnetischer Halter	1 Scheibengewichtsätze 20g
	1 Stativstab mit Haken	1 Scheibengewichtsätze 10g
	2 Flaschen mit Rollenpaar	1 Schnur
	1 feste Rolle	

- Schritt 1:* Montieren Sie eine Flasche mit Rollenpaar an einem Stativstab mit Haken und Magnethalter auf der Tafel.
- Schritt 2:* Befestigen Sie die Schnur am unteren Haken eines Rollenpaares.
- Schritt 3:* Fädeln Sie die Schnur durch das zweite Rollenpaar mit der angehängten Masse wie in der unteren rechten Abbildung skizziert.
- Schritt 4:* Befestigen Sie die Rolle auf Stab mit einem Halter auf der Tafel und führen das Ende der Schnur darüber.
- Schritt 5:* Überprüfen Sie, ob im Gleichgewichtsfall die Kraft  $F$   $\frac{1}{4}$  der angehängten Masse entspricht.



## 14. Flaschenzug mit Rollen in Reihe

<b>Benötigtes Material</b>	2 magnetischer Halter	2 Scheibengewichtsätze 20g
	1 Stativstab mit Haken	1 Scheibengewichtsatz 10g
	2 2-rollige Flaschen	1 Schnur
	2 3-rollige Flaschen	1 Federkraftmesser 2N
	1 Halter für Kraftmesser	

- Schritt 1:** Montieren Sie die Komponenten wie unten abgebildet (2-rollige Flaschen). Führen Sie den Versuch anschließend analog mit 3-rolligen Flaschen durch.
- Schritt 2:** Hängen Sie eine Last **R** z.B. 400g (inklusive dem Eigengewicht der Rollen).
- Schritt 3:** Montieren sie den Federkraftmesser mit Halter so auf der Tafel, dass das System im Gleichgewicht ist.
- Schritt 4:** Wiederholen Sie den Versuch unter Veränderung des Gewichtes und

überprüfen Sie jeweils, ob folgendes Verhältnis korrekt ist (**n** ist die Anzahl der Rollen pro Flasche)

$$F = \frac{R}{2^n}$$

Bei Verwendung der 2-rolligen Flaschen, mit einer Gesamtlast ergibt sich eine Wert für die Kraft **F**

$$F = \frac{400g}{2^2} = 100g$$

Bei Verwendung der 3-rolligen Flaschen, mit einer Gesamtlast ergibt sich eine Wert für die Kraft **F**

$$F = \frac{400g}{2^3} = 50g$$



Aufbau mit 2-rolligen Flaschen



Aufbau mit 3-rolligen Flaschen

## 15. Kombination von Flaschenzug und Hebel

### Lose Rolle und Hebel

<b>Benötigtes Material</b>	2 magnetischer Halter	1 Scheibengewichtssatz 20g
	2 Stativstab mit Haken	1 Scheibengewichtssatz 10g
	1 lose Rolle	1 Schnur
	1 Lochstab (Hebel)	

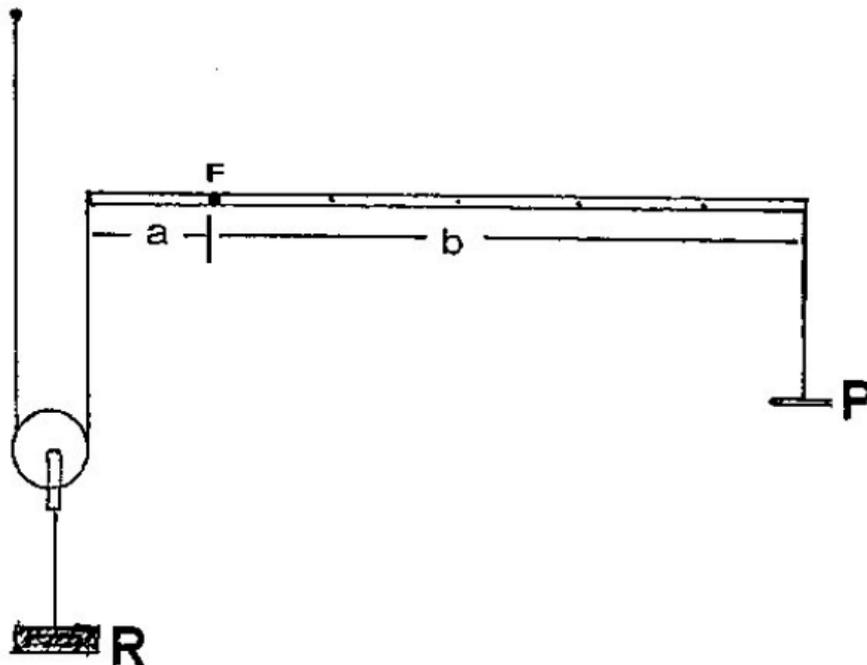
*Schritt 1:* Montieren Sie die Komponenten wie unten abgebildet. Wählen Sie eine Bohrung im Lochstab als Schwerpunkt.

*Schritt 2:* Fügen Sie eine Masse R an den unteren Haken der losen Rolle und lassen Sie eine Kraft am freien Ende des Hebels wirken, so dass der Hebel im Gleichgewicht (horizontal) ist.

*Schritt 3:* Wiederholen Sie den Versuch, indem Sie die Last und den Schwerpunkt des Hebels variieren.

*Schritt 4:* Überprüfen Sie, ob bei jeder Konfiguration im Gleichgewicht folgende Relation gilt:

$$P = \frac{R}{2} \cdot \frac{a}{b}$$



## Kombination von Flaschenzug und Hebel

### Zwei lose Rollen in Kombination mit einer festen Rolle

<b>Benötigtes Material</b>	3 magnetischer Halter	1 Scheibengewichtssatz 20g
	3 Stativstab mit Haken	1 Scheibengewichtssatz 10g
	2 lose Rollen	2 Schnüre
	1 feste Rolle	

**Schritt 1:** Montieren Sie die Komponenten wie unten in der linken Abbildung gezeigt. Hängen Sie eine Masse  $w$  (Last) an den unteren Haken der unteren losen Rolle.

**Schritt 2:** Bringen Sie das System ins Gleichgewicht, indem Sie an das freie Ende eine entsprechende Masse  $P$  hängen.

**Schritt 3:** Wiederholen Sie das Verfahren, indem Sie die Last  $w$  variieren.

**Schritt 4:** Überprüfen Sie, ob bei jeder Konfiguration im Gleichgewicht für die Kraft  $P$  folgendes gilt:

$$P = \frac{w}{4}$$

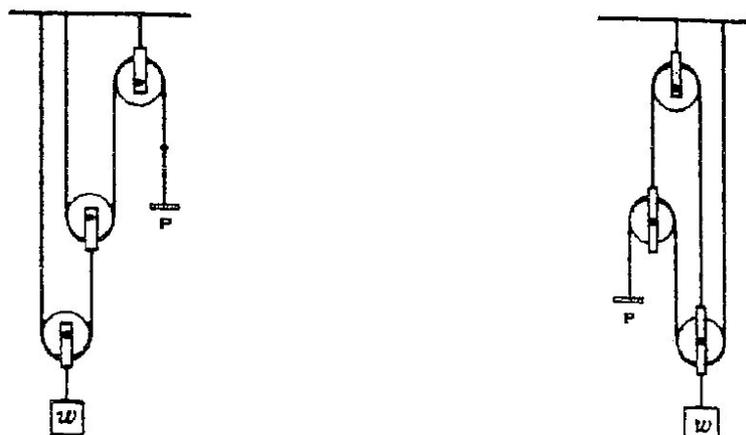
**Schritt 5:** Montieren Sie die Komponenten wie unten in der rechten Abbildung gezeigt. Hängen Sie eine Masse  $w$  (Last) an den unteren Haken der unteren losen Rolle und wiederholen die *Schritte 1 bis 4*.

**Schritt 6:** Überprüfen Sie, ob bei jeder Konfiguration im Gleichgewicht für die Kraft  $P$  folgendes gilt:

$$P = \frac{w}{4}$$

### Fragen

Wie hoch ist der Wert für das Übersetzungsverhältnis?



### **Hinweis:**

Die tatsächliche Ausstattung des Versuchssets kann von der Abbildung in dieser Dokumentation leicht abweichen, da unsere Geräte ständig weiterentwickelt werden.