

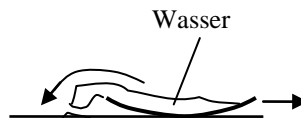
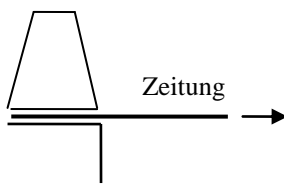
§ 3 Gesetze von Newton und ihre Anwendungen

3.1 Der Trägheitssatz

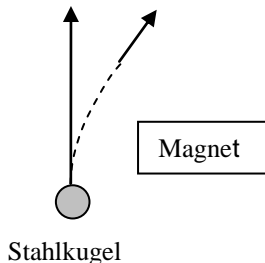
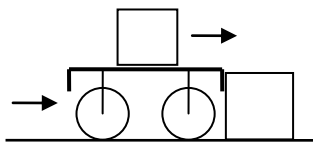
Um die Geschwindigkeit oder die Richtung eines Körpers zu ändern ist der Einfluss einer Kraft nötig.

Überlässt man einen Körper, der sich mit der Geschwindigkeit v auf horizontaler Ebene bewegt, sich selbst, so kommt er umso später zur Ruhe, je kleiner die bremsende Reibungskraft ist. Würde die Reibung ganz wegfallen (Idealisierung), so müsste sich der Körper mit konstanter Geschwindigkeit geradlinig weiterbewegen.

Versuche:



Ergebnis:
Ein Körper bleibt in Ruhe, solange auf ihn keine äußere Kraft einwirkt.



Ergebnis:
Ein Körper führt eine gleichförmig geradlinige Bewegung aus, solange auf ihn keine äußere Kraft wirkt.

1. Gesetz von Newton (Trägheitssatz)

Wenn auf einen Körper keine Kraft wirkt, dann bleibt er in Ruhe oder bewegt sich geradlinig mit konstanter Geschwindigkeit weiter.

(D.h. seine Geschwindigkeit ändert sich nicht von selbst!)

- *Jeder Körper erfährt auf der Erde eine Gewichtskraft. Bleibt ein Körper in Ruhe oder bewegt sich horizontal mit konstanter Geschwindigkeit, so muss eine Gegenkraft vorhanden sein, die verhindert, dass die Gewichtskraft bewegungsändernd wirkt. Zum Stehen auf der Erde benötigt man also eine Kraft, die der Gewichtskraft entgegengerichtet ist.*
- *Auf einer Horizontalen muss eine Gegenkraft die Reibungskraft kompensieren.*
- *Autofahren – Anfahren und Bremsen (Sicherheitsgurt, Kopfstütze, Airbag)*
- *Mit einem Lineal kann die untere Münze eines Münzstapels herausgeschlagen werden, ohne dass dieser umfällt.*
- *Tischdecke unter dem Geschirr kann mit einem Ruck herausgezogen werden. (Warum funktioniert das nicht, wenn man die Tischdecke langsam anzieht?)*
- *Toilettenpapier (langsam und schnell anziehen → Wo reißt es?)*
- *Junge auf einem Skateboard/Klotz auf einem Wagen.*
- *Massestück zwischen zwei senkrechten Fäden. Am unteren Ende ist ein Griff befestigt (→ langsames und schnelles ziehen. Wo reißt der Faden?)*

3.2 Zusammenhang zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung

Aus Erfahrung wissen wir: Je größer die antreibende Kraft auf ein Fahrzeug ist, desto stärker wird es beschleunigt (Vermutung: $F \sim a$). Bei gleicher Kraft wird ein leichteres Fahrzeug stärker beschleunigt als ein schwereres (Vermutung: $\frac{1}{m} \sim a$).

Diesen Zusammenhang, dass die Beschleunigung eines Körpers nur von seiner Masse und der beschleunigenden Kraft abhängen, wollen wir nun untersuchen (und wie sie zusammenhängen).

Versuchsaufbau:

Versuchsbeschreibung: Der Luftkissengleiter (Masse m_G) wird durch die Gewichtskraft der Masse m_B beschleunigt. Mit Hilfe des Cassy-Labs wird die Beschleunigung a des Gleiters bestimmt (aus der Steigung im t-v-Diagramm!).

1. Messreihe: Wir bestimmen zu verschiedenen beschleunigenden Kräften (Gewichtskraft) $F_B = m_B \cdot g$ die zugehörige Beschleunigung a des Gleiters. Dabei wird die Masse des beschleunigenden Körpers konstant gehalten.
($m_G = 214 \text{ g} = \text{konst.}$)

F in N	0,01	0,02	0,03	0,04		
a in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	0,05	0,09	0,13	0,17		

a-F-Diagramm:

2. Messreihe: Wir bestimmen jetzt die Beschleunigung a in Abhängigkeit von der Masse m_G (Gleiter) des beschleunigten Körpers. Die beschleunigende Kraft F_B wird dabei konstant gehalten.
($m_B = 2 \text{ g} = \text{konst.} \Rightarrow F_B = m_B g = \text{konst.}$)

m_G in g	212	262	312	412		
a in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	0,092	0,078	0,063	0,050		

a-m-Diagramm (\rightarrow Hyperbel)

m_G in g	212	262	312	412		
a in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	0,092	0,078	0,063	0,050		
$\frac{1}{m_G}$ in $10^{-3} \frac{1}{\text{g}}$	4,7	3,8	3,2	2,4		

$a - \frac{1}{m}$ - Diagramm (\rightarrow Ursprungshalbgerade)

Zusammenfassung:

Es gilt:

$$\left. \begin{array}{l} a \sim F \quad (m_G = \text{konst.}) \\ a \sim \frac{1}{m_G} \quad (F = \text{konst.}) \end{array} \right\} \Rightarrow a \sim \frac{F}{m_G}$$

$$\Rightarrow F \sim m_G \cdot a$$

$$\Rightarrow F = C \cdot m_G \cdot a$$

Berechnet man nun C mit Hilfe der Messwerte, so folgt: $C = 1$

$$\Rightarrow \boxed{F = m \cdot a} \quad (2. \text{ Gesetz von Newton})$$

$$[F] = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N} = 1\text{Newton}$$

Aufgaben zum 2. Newtonschen Gesetz

1. Ein Körper hat die Masse 200kg. Welche Kraft wirkt auf ihn, wenn er die Beschleunigung $6,00 \frac{m}{s^2}$ erhält?
2. Ein Skispringer (Gesamtmasse 80kg) wird beim Anfahren bis zum Schanzentisch in 5,0s von 0 auf $92 \frac{km}{h}$ beschleunigt. Wie groß ist die mittlere beschleunigende Kraft?
3. Ein Omnibus (Gesamtmasse 14t) wird 5,0s lang mit der Kraft 10kN beschleunigt. Welche Geschwindigkeit hat er am Ende der Beschleunigungszeit, wenn er zu Beginn der Beschleunigung mit der Geschwindigkeit $70 \frac{km}{h}$ fuhr?
4. Ein Körper hat die Masse 3,5kg. Er ruht auf einer horizontalen Unterlage und kann sich auf dieser reibungsfrei bewegen. Auf ihn wirkt eine konstante Kraft horizontal, sodass er nach einem Weg von 5,0m die Geschwindigkeit $0,80 \frac{m}{s}$ erreicht.
 - a) Wie groß ist die Beschleunigung?
 - b) Wie groß ist die Kraft?
 - c) Nach welcher Zeit hat der Körper die Geschwindigkeit $0,80 \frac{m}{s}$ erreicht?
 - d) Welchen Weg hat der Körper nach 5,0s zurückgelegt und wie groß ist dann seine Momentangeschwindigkeit?
5. Ein Fußball ($m_b = 430g$) fliegt bei einem Elfmeterschuss mit etwa $100 \frac{km}{h}$ auf das Tor zu.
 - a) Berechne die Bremskraft, wenn der Ball dem Torwart direkt auf die Brust trifft und man in diesem Fall für den Bremsweg 10cm ansetzt
 - b) Wie groß ist die Masse eines Körpers, dessen Gewichtskraft gleich der in a) berechneten Bremskraft ist?
6. Ein Motorrad erreicht auf ebener Straße vom Stand aus in 4,0s die Geschwindigkeit $100 \frac{km}{h}$; Fahrer und Maschine haben zusammen eine Masse von 300kg
 - a) Welche (durchschnittliche) Beschleunigung wurde dabei erreicht?
 - b) Welche (durchschnittliche) Kraft wirkte dabei beschleunigend?
 - c) Welche (durchschnittliche) Beschleunigung wird erreicht, wenn noch zusätzlich eine Person der Masse $m_p = 60kg$ auf dem Motorrad sitzt? Dabei soll angenommen werden, dass die beschleunigende Kraft gleich der in Teilaufgabe b) ist. In welcher Zeit wird jetzt die Geschwindigkeit $100 \frac{km}{h}$ erreicht?
 - d) Leiten Sie für die Aufgabe c) eine allgemeine Endformel her.
7. Ein Auto fährt mit der Geschwindigkeit $60 \frac{km}{h}$. Der Fahrer muss plötzlich voll abbremsen. Nach 18m kommt das Auto zum Stehen.
 - a) Wie groß ist die mittlere Verzögerung bei dem Bremsvorgang?
 - b) Wie groß ist die mittlere Bremskraft auf den Fahrer ($m = 75kg$)? Vergleiche diese Kraft mit der Gewichtskraft F_G des Fahrers.
8. In der Startphase zum 100 m-Lauf erreicht ein Athlet ($m = 80kg$) am Ende der ersten 5m die Geschwindigkeit $5 \frac{m}{s}$. Welche mittlere Kraft muss der Athlet dabei aufbringen?
9. Ein Auto fährt mit der Geschwindigkeit $72 \frac{km}{h}$ gegen einen starren Betonpfeiler. Das Autowrack kommt nach 0,10s zum Stehen. In der Regel ist ein solcher Auffahrunfall für Fahrer und Fahrgäste tödlich.
 - a) Wie groß ist bei dem Unfall die mittlere Verzögerung?
 - b) Das wie vielfache der Gewichtskraft des Fahrers ist dabei die auf ihn wirkende Bremskraft?

10. Eine B747 (Jumbo) hat die Gesamtmasse $3,2 \cdot 10^5 \text{ kg}$. Die maximale Schubkraft der vier Triebwerke ist insgesamt $F_{\text{max}} = 8,8 \cdot 10^5 \text{ N}$. Für den Start wird aus Sicherheitsgründen mit einer Schubkraft von $F_s = 8,0 \cdot 10^5 \text{ N}$ gerechnet. Während der Startphase müssen Rollreibungs- und Luftwiderstandskräfte überwunden werden, die im Mittel zusammen $F_R = 2,5 \cdot 10^5 \text{ N}$ betragen. Der Jumbo beginnt zu fliegen, wenn er eine Geschwindigkeit von $v = 300 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ erreicht hat.
- Wie lange dauert der Start?
 - Wie lange muss die Startbahn mindestens sein?
 - Aus Sicherheitsgründen sind die Startbahnen etwa 3,0km lang. Welche Schubkraft reicht bei dieser Startbahnlänge aus? Würde der Start noch gelingen, wenn eines der vier Triebwerke ausfällt?