

Beschleunigungsmessung an der Fahrbahn

Protokoll und Auswertung einer Versuchsdurchführung.

Gemessen wird die Zeit, die der Wagen bei einer beschleunigten Bewegung für die Messtrecke 1m braucht.

Tabelle 1: Die Masse **m** wird mit verschiedenen Kräften beschleunigt. Masse konstant, Kraft variabel.

F/N	m/kg	s/m	t ₁ /s	t ₂ /s	t ₃ /s	⟨t⟩
0,5	1,0	1	2,2	1,9	2,1	2,07
1,0	1,0	1	1,5	1,3	1,4	1,4
1,5	1,0	1	1,2	1,1	1,2	1,17

Die jeweilige Beschleunigung kann aus dem Weg- Zeit- Gesetz berechnet werden.

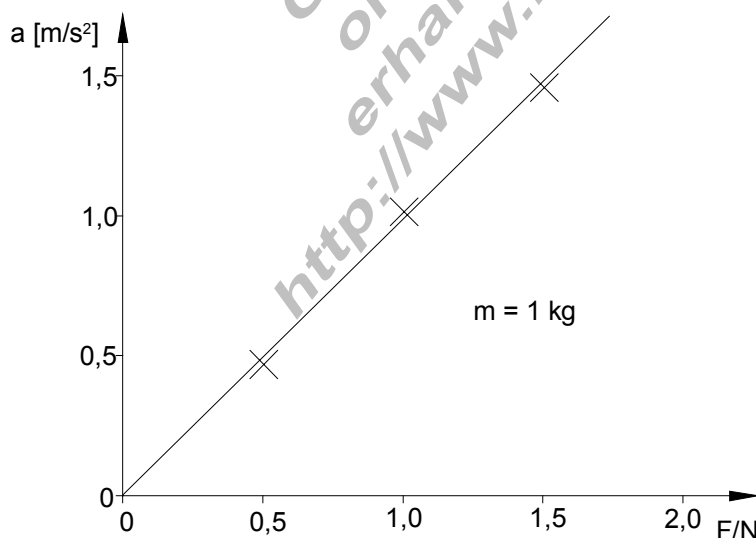
$$s = \frac{a}{2} \cdot t^2 \Rightarrow a = \frac{2 \cdot s}{t^2}$$

m = 1kg	F = 0,5N	$a = \frac{2 \cdot s}{t^2} = \frac{2m}{(2,07s)^2} \approx 0,47 \frac{m}{s^2}$
m = 1kg	F = 1N	$a = \frac{2 \cdot s}{t^2} = \frac{2m}{(1,4s)^2} \approx 1,02 \frac{m}{s^2}$
m = 1kg	F = 1,5N	$a = \frac{2 \cdot s}{t^2} = \frac{2m}{(1,17s)^2} \approx 1,46 \frac{m}{s^2}$

Das Ergebnis zeigt:

Je **größer** die beschleunigende Kraft bei gleicher Masse, desto **größer** die Beschleunigung.

Die berechneten Beschleunigungswerte werden in Abhängigkeit zur beschleunigenden Kraft in ein Diagramm eingetragen.



Die Verbindung der eingetragenen Messpunkte ergibt eine **Gerade**, die durch den Nullpunkt verläuft.

Daraus lässt sich schließen:

Die Beschleunigung ist Proportional zur beschleunigenden Kraft.

a proportional F

Tabelle 2: Verschiedene Massen werden mit der gleichen Kraft beschleunigt. Kraft konstant, Masse variabel

F/N	m/kg	s/m	t ₁ /s	t ₂ /s	t ₃ /s	⟨t⟩
1,0	0,5	1	1,2	0,9	1,1	1,07
1,0	1,0	1	1,5	1,3	1,4	1,4
1,0	1,5	1	1,8	1,9	1,7	1,8

Die jeweilige Beschleunigung kann aus dem Weg- Zeit- Gesetz berechnet werden.

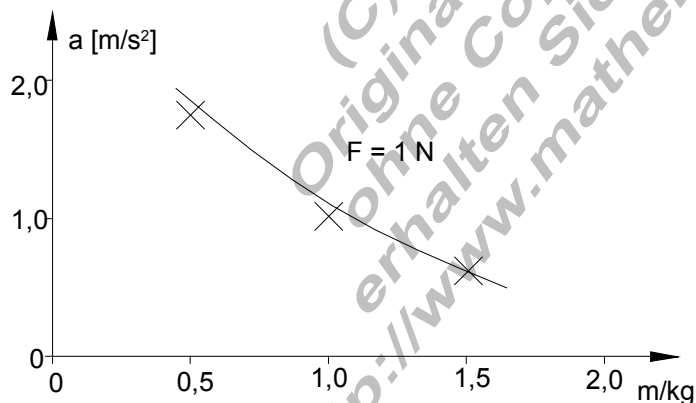
$$s = \frac{a}{2} \cdot t^2 \Rightarrow a = \frac{2 \cdot s}{t^2}$$

m = 0,5kg	F = 1N	$a = \frac{2 \cdot s}{t^2} = \frac{2m}{(1,07s)^2} \approx 1,75 \frac{m}{s^2}$
m = 1kg	F = 1N	$a = \frac{2 \cdot s}{t^2} = \frac{2m}{(1,4s)^2} \approx 1,02 \frac{m}{s^2}$
m = 1,5kg	F = 1N	$a = \frac{2 \cdot s}{t^2} = \frac{2m}{(1,8s)^2} \approx 0,62 \frac{m}{s^2}$

Das Ergebnis zeigt:

Je **größer** die Masse bei gleichbleibender beschleunigender Kraft, desto **kleiner** die Beschleunigung.

Die berechneten Beschleunigungswerte werden in Abhängigkeit zur beschleunigten Masse in ein Diagramm eingetragen.



Die Verbindung der eingetragenen Messpunkte ergibt eine Kurve, die einen Zusammenhang ahnen lässt, der reziproproportional ist.

Daraus lässt sich schließen:

Die Beschleunigung ist umgekehrt proportional zur beschleunigten Masse.

a proportional $1/m$

Folgerung:

Aus $a \sim F$ und $a \sim \frac{1}{m}$ folgt: $a \sim F \cdot \frac{1}{m}$ es gilt: $a = \frac{F}{m}$

Zusammenhang zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung.

Es gilt: $a = \frac{F}{m}$ oder $F = m \cdot a$

Kraft = Masse · Beschleunigung $F = m \cdot a$

Das ist das Newtonsche Kraftgesetz.

Beispiel: Mit welcher Kraft wird ein Testpilot der Masse $m = 70 \text{ kg}$ in den Pilotensitz gedrückt, der seine Maschine mit $a = 40 \text{ m/s}^2$ ($= 4 \text{ G}$) beschleunigt?

$$F = m \cdot a = 70 \text{ kg} \cdot 40 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2800 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{2800 \text{ N}}} \quad (1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}) = 1 \text{ N}$$

Das entspricht einer Gewichtskraft von 280 kg.

Berechnungen zum dynamischen Grundgesetz.

- | | |
|----|---|
| 01 | Ein Auto der Masse $m = 1100 \text{ kg}$ erfährt beim Start eine Beschleunigung von $a = 5 \text{ m/s}^2$. Wie groß ist die Kraft, die das Auto in Bewegung setzt? |
| 02 | Bei einem Torschuss schießt ein Spieler den Fußball mit der Masse $m = 0,7 \text{ kg}$ mit einer Schusskraft von $F = 500 \text{ N}$ aufs Tor.
Welche Geschwindigkeit erreicht der Fußball, wenn das Abschießen etwa $0,02 \text{ s}$ dauert?
Anleitung: Berechne zuerst die Beschleunigung, die der Fußball erfährt.
Bestimme dann die Geschwindigkeit für die beschleunigte Bewegung. |
| 03 | Welche Kraft ist nötig, um ein Auto der Masse $m = 1000 \text{ kg}$ in 10 s auf eine Geschwindigkeit von 20 m/s zu beschleunigen?
Anleitung: Berechne zuerst aus den gegebenen Größen die Beschleunigung.
Wende dann zur Berechnung der Kraft das dynamische Grundgesetz an. |
| 04 | Ein Zug der Masse $m = 700 \text{ t}$ fährt mit der Beschleunigung $0,15 \text{ m/s}^2$ aus der Ruhe an. Welche Kraft braucht man zum Beschleunigen? |
| 05 | Im Roman von Jules Verne (Die Reise zum Mond) wurde die Mondrakete aus einer Kanone abgeschossen. Wäre das technisch möglich ?
Daten: Masse der Rakete $m = 1000 \text{ kg}$
Nötige Startgeschwindigkeit: $v = 11 \text{ km/s}$
Länge des Kanonenrohres: $s = 100 \text{ m}$
Für die Beschleunigung gilt: $a = v^2/2s$
Die Kraft, mit der die Insassen in die Pilotensessel gedrückt würden beträgt:
$F = m_k \cdot a$ mit $m_k =$ Masse des menschlichen Körpers |

06	Ein Schlitten, der zusammen mit einer darauf sitzenden Person die Masse 80 kg hat, wird mit der Kraft $F = 50 \text{ N}$ aus dem Stand beschleunigt.	
	I	Berechne für den Fall, dass keine Reibungskräfte zu überwinden sind:
	a)	Die Beschleunigung, die der Schlitten erfährt.
	b)	Die Beschleunigungsstrecke, die in den ersten 4 Sekunden zurückgelegt wird.
	c)	Die erreichte Geschwindigkeit nach 4 Sekunden.
II	Wiederhole obige Rechnung für den Fall, dass beim Ziehen des Schlittens eine konstante Reibungskraft $F_R = 10 \text{ N}$ zu überwinden ist.	

07	Ein Mittelklassewagen (Masse: 1000 kg) beschleunigt in 10 s von 0 auf 100 km/h.	
	a)	Wie groß ist die mittlere Beschleunigung?
	b)	Wie groß die mittlere Kraft auf das Auto?

08	Die Kolben eines Verbrennungsmotors werden aus Aluminium hergestellt, also aus einem sehr leichten Metall. Warum müssen die Kolben so leicht wie möglich sein?
----	--

09	Beim Abschleppen eines Fahrzeugs besteht die Gefahr, dass das gespannte Zugseil durch ruckartiges Anfahren reißt. Begründe dies.
----	--

10	Wie lautet der Trägheitssatz? Weshalb kommt trotzdem ein antriebsloses Fahrzeug auf ebener gerader Strecke nach einer bestimmten Zeit zum Stillstand?
----	---

11	Was besagt das Newtonsche Kraftgesetz?
----	--

12	Ein 1400 kg schweres Auto wird mit einer Bremskraft von 3,6 kN gebremst. Wie groß ist die Bremsverzögerung?
----	---

13	Welche durchschnittlichen Kräfte haben die Kniegelenke auszuhalten, wenn jemand von einer 2 m hohen Mauer herunterspringt? Gehe von einer Masse $m = 70 \text{ kg}$, einer Bremsstrecke von 0,5 m und der Aufprallgeschwindigkeit 6,3 m/s aus.
----	---

Weitere Aufgaben ohne Lösung.

14	Auf dem Flugzeugträger Enterprise können Flugzeuge bis zu einer Masse von 36000 kg mit dem Katapult gestartet werden. Dabei werden sie auf einer Strecke von 76 m auf eine Geschwindigkeit von 260 km/h gebracht.	
	a)	Welche Kraft muss das Katapult ausüben?
	b)	Wie groß ist die Kraft im Verhältnis zur Gewichtskraft (F/G)?
	c)	Wie groß ist die Kraft, die auf den Piloten wirkt ($m = 75 \text{ kg}$).

15	Die Masse des Spaceshuttles beträgt beim Start zusammen mit der Trägerrakete 2000 t (2.000.000 kg).	
	a)	Wie groß ist die Schubkraft, wenn die Rakete unmittelbar nach dem Start gerade schwebt?
	b)	Die tatsächliche Schubkraft der Rakete beträgt 30 MN (30.000.000 N). Welche Beschleunigung kann der Rakete damit verliehen werden?
	c)	Wie lange benötigt die Rakete für den ersten Kilometer und welche Geschwindigkeit hat sie am Ende dieser Strecke erreicht?
	d)	Warum kann über eine längere Flugstrecke die Beschleunigung nicht mehr als konstant angenommen werden?
16	Bei einem Unfall wird ein Autofahrer mit der Masse 75 kg durch einen Sicherheitsgurt auf einer Strecke von 0,4 m von 70 km/h auf 0 km/h abgebremst. Berechne:	
	a)	Die Verzögerung (negative Beschleunigung).
	b)	Wie groß ist die auf den Fahrer wirkende Kraft im Vergleich zur Gewichtskraft (F/G)?
17	Beim Fußballspielen erreicht ein straff geschossener Ball eine Geschwindigkeit von 100 km/h. Wenn der Torwart einen solchen Ball fangen will, muss er auf einer Strecke von etwa 30 cm die Geschwindigkeit des Balles auf 0 km/h herabsetzen. Wie groß ist die durchschnittliche Kraft, die der Ball auf den Torwart ausübt? (Masse des Balles: 450 g).	
18	Manche Kraftfahrer sind der Meinung, in der Stadt brauche man wegen der dort gefahrenen geringen Geschwindigkeiten keinen Sicherheitsgurt anzulegen. Was ist deine Meinung dazu? Rechne die Kraft aus, mit der ein Insasse bei einem Aufprall mit 48 km/h nach vorne geschleudert wird. Durch die Knautschzone steht ein Bremsweg von 0,5 m zur Verfügung.	
19	Die Masse eines beladenen Jumbo- Jets (Boeing 747) beträgt 320 t. Die 4 Triebwerke erzeugen zusammen eine Antriebskraft von 800 kN. Wie lang muss die Startbahn des Flughafens sein, damit das Flugzeug die zum Abheben nötige Geschwindigkeit von 300 km/h erreichen kann?	
20	Ein unbeladenes Verkehrsflugzeug (43,1 t Masse) hebt nach dem Start mit einer Geschwindigkeit von 240 km/h ab. Die Startbahn ist 1,2 km lang.	
	a)	Wie lange dauert es bis zum Abheben (a = konstant)?
	b)	Welche Beschleunigung und welche Kraft muss es beim Start erfahren?
	c)	Um wie viel muss die Startbahn verlängert werden, wenn die Zuladung 10 t beträgt und Abhebgeschwindigkeit so wie Beschleunigungskraft gleich bleiben sollen?