

## Gleichmäßig beschleunigte Bewegung

### MESSUNG DER MOMENTANGESCHWINDIGKEIT IN ABHÄNGIGKEIT VON DER ZURÜCKGELEGTEN STRECKE

- Untersuchung von gleichmäßig beschleunigten Bewegungen in Abhängigkeit von der beschleunigenden Masse.
- Untersuchung von gleichmäßig beschleunigten Bewegungen in Abhängigkeit von der beschleunigten Masse.

UE1030250

10/13 MEC

#### ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Bei konstanter Beschleunigung nehmen Geschwindigkeit  $v$  und zurückgelegte Strecke  $s$  im Laufe der Zeit  $t$  zu. Also ist die Geschwindigkeit umso größer je länger die zurückgelegte Strecke ist.

Nach Ablauf der Zeit  $t$  beträgt die Momentangeschwindigkeit

$$v(t) = a \cdot t \quad (1)$$

und die zurückgelegte Strecke

$$s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad (2)$$

Also ist

$$v(s) = \sqrt{2 \cdot a \cdot s} \quad (3a)$$

bzw.

$$v^2(s) = 2 \cdot a \cdot s \quad (3b)$$

Dieser Zusammenhang wird im Experiment zur Bestimmung der konstanten Beschleunigung  $a$  eines Wagens auf einer Rollenfahrbahn genutzt. Der Wagen der Masse  $m_2$  wird gleichmäßig beschleunigt, weil das konstante Gewicht

$$F = m_1 \cdot g \quad (4)$$

$$\text{mit } g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

über einen umgelenkten Faden an ihm zieht.

Allerdings ist auch die Reibung des Wagens auf der Rollenfahrbahn zu berücksichtigen. Die Reibungskraft

$$F_{\text{fr}} = \mu \cdot m_2 \cdot g \quad (5)$$

ist proportional zum Gewicht des Wagens und in guter Näherung konstant.

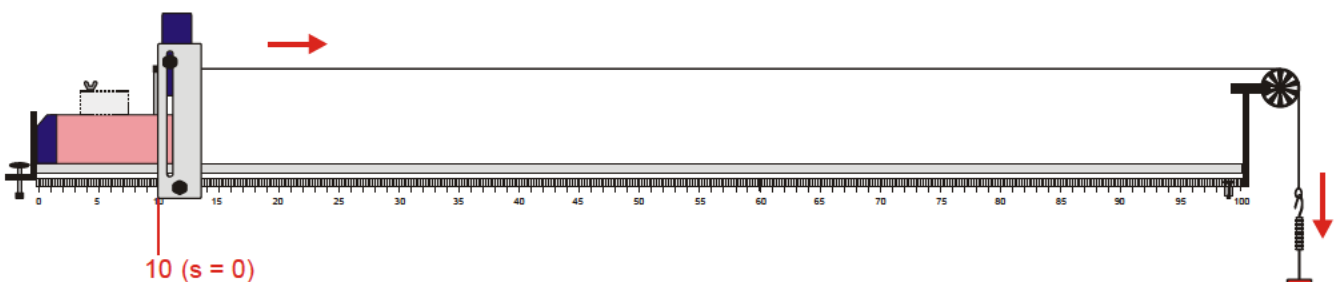


Fig. 1: Startposition des Wagens auf der Rollenfahrbahn

Genau genommen wird auch die Masse  $m_1$  beschleunigt. Sie kann jedoch im Vergleich zu  $m_2$  vernachlässigt werden. Also gilt insgesamt

$$F - F_{fr} = m_2 \cdot a \tag{6}$$

bzw.

$$a = \left( \frac{m_1}{m_2} - \mu \right) \cdot g \tag{7}$$

Zur Messung der Momentangeschwindigkeit

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \tag{8}$$

unterbricht im Experiment ein am Wagen befestigter Unterbrecher bekannter Breite  $\Delta s$  eine Lichtschranke. Die Unterbrechungszeit  $\Delta t$  wird mit einem Digitalzähler gemessen.

**GERÄTELISTE**

1 Rollenfahrbahn	1003318 (U35000)
1 Schlitzgewichtsatz	1003227 (U30031)
1 Experimentierschnur	1001055 (U8724980)
1 Lichtschranke	1000563 (U11365)
1 Digitalzähler (230 V)	1001033 (U8533341-230)
oder	
1 Digitalzähler (115 V)	1001032 (U8533341-115)
1 Paar Sicherheitskabel	1002849 (U13812)

**AUFBAU**

- Experiment gemäß Fig. 1 aufbauen.
- Rollenfahrbahn horizontal ausrichten und Speichenrad als Umlenkrolle an deren rechtem Ende befestigen.
- Den Wagen ohne Magnete, aber mit 4 Magnethaltern verwenden.
- Den langen Unterbrecher mit Durchmesser  $\Delta s = 9$  mm auf dem Wagen montieren und Wagen an den Anfang der Fahrbahn stellen.

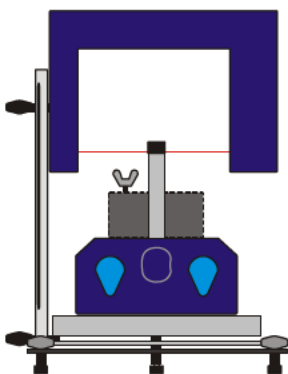


Fig. 2 Ausrichtung der Lichtschranke

- Lichtschranke mittels Halter an der 10-cm-Marke der Fahrbahnskala befestigen und in der Höhe so ausrichten, dass der Lichtstrahl nur durch den Unterbrecher unterbrochen wird und nicht durch die Flügelschraube der Zusatzmasse, sobald sich der Wagen bewegt, siehe Fig. 2.
- Lichtschranke mit der Buchse „A“ des Digitalzählers verbinden.
- Am Digitalzähler die Buchsen „OUT START“ (gelb) und „IN STOP“ (rot) mittels Experimentierkabel verbinden.
- Wahlschalter auf  $\Delta t_{AB}$  (0.0 ms) stellen.
- Position des Unterbrechers auf dem Wagen so ausrichten, dass die Lichtschranke gerade noch nicht unterbrochen wird.
- Zusatzmasse vor den Wagen legen, so dass dieser nicht vorwärts rollen kann.
- Experimentierschnur mit 130 cm Länge abschneiden, ein Ende am Unterbrecher befestigen, das andere Ende über die Umlenkrolle führen und den Teller des Schlitzgewichtsatzes anhängen.
- Auf horizontalen Verlauf der Experimentierschnur vom Wagen bis zur Umlenkrolle achten.

**DURCHFÜHRUNG**

- Lichtschranke zur 20-cm-Marke verschieben ( $s = 10$  cm).
- Wagen loslassen und durch die Lichtschranke fahren lassen.
- Unterbrechungszeit  $\Delta t$  ablesen und in Tabelle 1 notieren.
- Lichtschranke zur 30-cm-Marke verschieben ( $s = 20$  cm).
- Wagen am Fahrbahnanfang starten lassen und Unterbrechungszeit  $\Delta t$  messen.
- Durch Verschieben der Lichtschranke die Wegstrecke  $s$  in 10-cm-Schritten vergrößern und Messungen wiederholen.
- Dabei jeweils darauf achten, dass die beschleunigende Masse den Boden nicht berührt, bevor die Lichtschranke unterbrochen wird.

**Änderung der beschleunigenden Masse  $m_1$ :**

- 10-g-Schlitzgewicht auf den Teller legen, um die beschleunigende Masse auf  $m_1 = 20$  g zu erhöhen.
- Gesamte Messreihe wiederholen und Werte in Tab. 1 notieren.

**Änderung der beschleunigten Masse  $m_2$ :**

- Zusatzmasse 500 g auf Wagen montieren, um die beschleunigte Masse auf  $m_2 = 1000$  g zu erhöhen.
- Messreihen wiederholen, dabei  $m_1$  bis 40 g erhöhen und Werte in Tab. 2 notieren.

**MESSBEISPIEL**

Tab. 1:  $m_2 = 500$  g

s / cm	$m_1 = 10$ g $\Delta t / \text{ms}$	$m_1 = 20$ g $\Delta t / \text{ms}$
10	52,4	34,0
20	38,1	25,0
30	31,4	20,6
40	27,6	17,6
50	24,4	16,3
60	22,3	14,4
70	20,9	13,8

Tab. 2:  $m_2 = 1000$  g

s / cm	$m_1 = 10$ g $\Delta t / \text{ms}$	$m_1 = 20$ g $\Delta t / \text{ms}$	$m_1 = 30$ g $\Delta t / \text{ms}$	$m_1 = 40$ g $\Delta t / \text{ms}$
10	89,8	54,5	40,4	35,4
20	68,9	39,5	29,3	25,6
30	55,1	31,9	24,4	20,9
40	46,4	27,9	21,2	17,9
50	40,0	24,3	18,3	16,5
60	35,9	21,8	16,6	15,2
70	34,6	21,1	16,0	14,2

**AUSWERTUNG**

- Jeweils  $v^2 = \left(\frac{9\text{mm}}{\Delta t}\right)^2$  berechnen, die Werte in die Tabellen 3 und 4 eintragen und Ergebnisse als Punkte in ein  $v^2$ -s-Diagramm einzeichnen.

Tab. 3:  $m_2 = 500$  g

s / cm	$m_1 = 10$ g $v^2 / \text{m}^2/\text{s}^2$	$m_1 = 20$ g $v^2 / \text{m}^2/\text{s}^2$
10	0,030	0,070
20	0,056	0,130
30	0,082	0,191
40	0,106	0,261
50	0,136	0,305
60	0,163	0,391
70	0,185	0,425

Tab. 4:  $m_2 = 1000$  g

s / cm	$m_1 = 10$ g $v^2 / \text{m}^2/\text{s}^2$	$m_1 = 20$ g $v^2 / \text{m}^2/\text{s}^2$	$m_1 = 30$ g $v^2 / \text{m}^2/\text{s}^2$	$m_1 = 40$ g $v^2 / \text{m}^2/\text{s}^2$
10	0,010	0,027	0,050	0,065
20	0,017	0,052	0,094	0,124
30	0,027	0,080	0,136	0,185
40	0,038	0,104	0,180	0,253
50	0,051	0,137	0,242	0,298
60	0,063	0,170	0,294	0,351
70	0,068	0,182	0,316	0,402

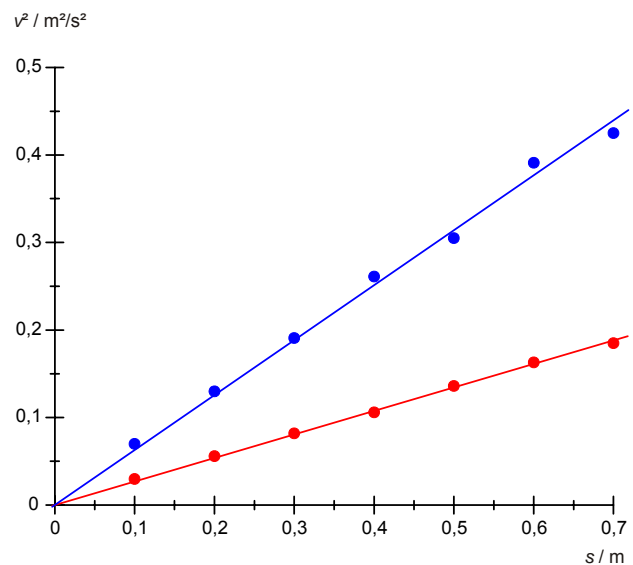


Fig. 3  $v^2$ -s-Diagramm für  $m_2 = 500$  g.  $m_1 = 10$  g (●), 20 g (●)

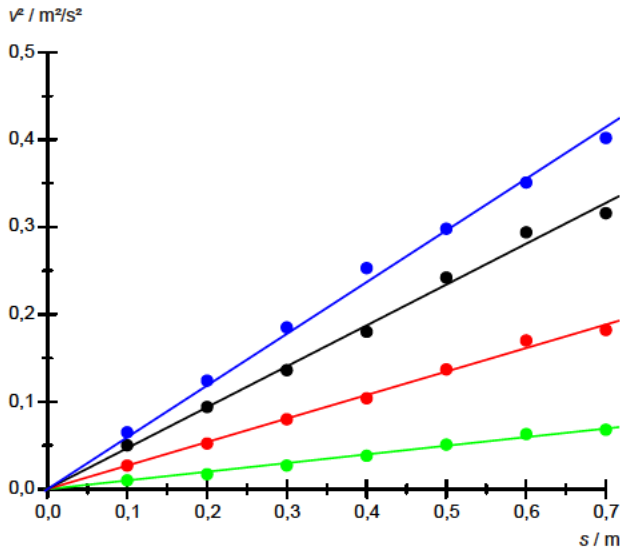


Fig. 4  $v^2$ -s-Diagramm für  $m_2 = 1000$  g.  
 $m_1 = 10$  g (●), 20 g (●), 30 g (●), 40 g (●)

- In den Abb. 3 und 4 jeweils Ursprungsgeraden an die Messpunkte anpassen.
- Aus den Steigungen der Ursprungsgeraden die Beschleunigungen  $a$  berechnen und die Werte in Tab. 5 eintragen.
- Außerdem die Werte in ein Diagramm zeichnen und Gerade gemäß Gl (7) anpassen.

Tab. 5: Aus den Geradensteigungen in Abb. 3 und 4 ermittelte Werte für die Beschleunigung  $a$

$m_1 / g$	$m_2 / g$	$m_1/m_2$	$a / m/s^2$
10	500	0,02	0,134
20	500	0,04	0,314
10	1000	0,01	0,049
20	1000	0,02	0,135
30	1000	0,03	0,234
40	1000	0,04	0,296

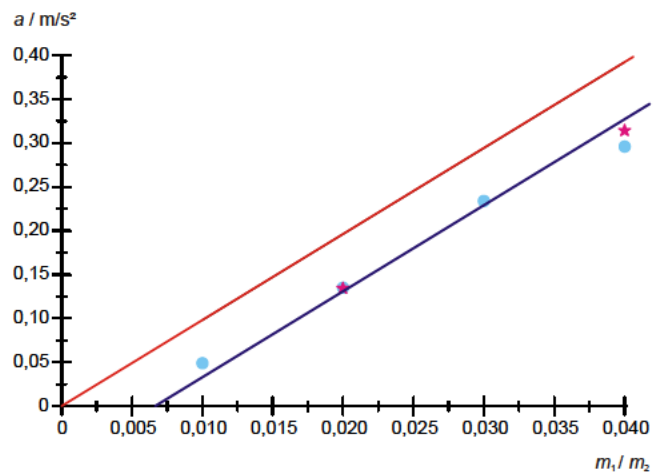


Fig. 5 Beschleunigung  $a$  in Abhängigkeit vom Massenverhältnis  $m_1/m_2$ .  $a = m_1/m_2 * g$  (—),  
 $a = (m_1/m_2 - \mu) * g$  (—),  $m_2 = 500$  g (★), 1000 g (●)

Fig. 5 zeigt die Abhängigkeit der Beschleunigung vom Massenverhältnis  $m_1/m_2$ . Die Messwerte liegen in guter Näherung auf der einer Geraden, die gemäß Gl. (7) mit  $\mu = 0,0069$  berechnet wurde.

### ERGEBNIS

Bei konstanter Beschleunigung wächst das Quadrat der Momentangeschwindigkeit proportional zum zurückgelegten Weg. Bei einer quantitativen Auswertung muss auch die Reibung berücksichtigt werden. Sie ist bei kleinen Geschwindigkeiten in guter Näherung konstant und proportional zum Gewicht des Fahrbahnwagens.