MEHR ERFAHREN

ABITUR-TRAINING

FOS 11 · BOS 12 Technik

Physik 1

Kinematik · Dynamik · Energie

STARK

MEHR ERFAHREN

ABITUR-TRAINING

FOS 11 · BOS 12 · Technik

Physik 1

Kinematik · Dynamik · Energie

STARK

Inhalt

Vorwort

Beschreibung von Bewegungen **1**

1 Grundbegriffe der Bewegungslehre 2
1.1 Bewegungsabläufe 2
1.2 Bezugssysteme 2
1.3 Vektorielle und skalare Größen – Ortsvektoren 3

2 Geradlinige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit 4
2.1 Konstante Geschwindigkeit 4
2.2 Überlagerung von Bewegungen 6

3 Geradlinige Bewegung mit konstanter Beschleunigung 12
3.1 Gleichmäßig beschleunigte Bewegung 12
3.2 Geradlinige Bewegung mit nicht konstanter Beschleunigung 15
3.3 Der freie Fall 19

4 Wurfbewegungen 23
4.1 Der senkrechte Wurf nach unten 23
4.2 Der senkrechte Wurf nach oben 24
4.3 Der waagrechte Wurf 25
4.4 Der schiefe Wurf 28

Dynamik, Newton'sche Gesetze **33**

5 Newton'sche Gesetze 34
5.1 Beharrungsprinzip (1. Newton'sches Gesetz) 34
5.2 Newton'sche Bewegungsgleichung (2. Newton'sches Gesetz) 35
5.3 Wechselwirkungsprinzip (3. Newton'sches Gesetz) 36

6 Reibungskraft 37

7 Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften 39
7.1 Kräftepläne 39
7.2 Antriebs- und Bremsvorgänge auf horizontaler und geneigter Ebene mit und ohne Reibung 41

8 Impuls 45
8.1 Impuls als Vektorgröße 45
8.2 Gesetz der Impulserhaltung 45
8.3 Stöße 46

Energie und Arbeit **53**

9 Arbeit als Skalarprodukt 54

10 Beschleunigungsarbeit und kinetische Energie 57

11 Hubarbeit und potenzielle Energie 59

12 Spannarbeit und Spannenergie 62

13 Reibungsarbeit und innere Energie 63

14 Energieumwandlungen – Energieerhaltungssatz der Mechanik 65

Anhang: Grundbegriffe der Fehlerrechnung **71**

Lösungen **73**

Autor: Daniel Commeßmann

Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

der vorliegende Trainingsband richtet sich nach dem LehrplanPlus für Physik an Fachoberschulen (11. Jahrgangsstufe) und Berufsoberschulen (erster Teil der 12. Jahrgangsstufe) der Ausbildungsrichtung Technik.

Entsprechend gliedert sich das Buch in die drei Kapitel:

- **Beschreibung von Bewegungen**
- **Dynamik und Newton'sche Gesetze**
- **Energie und Arbeit**.

In jedem Kapitel werden die wesentlichen Begriffe und Formeln erläutert, wobei einige wichtige Grundsätze zusätzlich in gesonderten **Regelkästen** hervorgehoben sind. Anhand von **Beispielaufgaben** werden zudem typische Aufgabenstellungen zu jedem Themenbereich erläutert und gelöst.
Anschließend folgen jeweils **Übungsaufgaben** zum **selbstständigen Lösen**. Die ausführlichen Lösungen zu allen Übungsaufgaben finden Sie am Ende des Buchs.

Die Bedeutung von **Experimenten** im Physikunterricht wird in den Übungsaufgaben ebenfalls immer wieder aufgegriffen. So gibt es mehrere Aufgaben, in denen **Messreihen ausgewertet** und interpretiert werden müssen. Darüber hinaus wird an manchen Stellen auch eine **Versuchsbeschreibung** und/oder **Fehlerrechnung** verlangt. In einem kurzen Anhang finden Sie die wichtigsten Begriffe und Formeln zur Fehlerrechnung. Aufgaben, die sich darauf beziehen, sind mit einem Stern (*) gekennzeichnet.

Viel Erfolg bei der Arbeit mit diesem Buch wünscht Ihnen

Ihr

Daniel Commeßmann

Damit folgt:

$$v = \frac{\Delta x}{t} = \frac{300\ \text{m}}{12\ \text{s}} = 25\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

In $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ beträgt die Geschwindigkeit des Pkw:

$$v = 25\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3{,}6\ \frac{\text{km} \cdot \text{s}}{\text{h} \cdot \text{m}} = 90\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

2.2 Überlagerung von Bewegungen

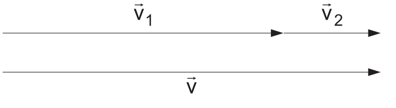
Viele Bewegungsvorgänge lassen sich aus einfachen Einzelbewegungen zusammensetzen. Dabei erhält man durch vektorielle Addition die auftretenden Wege und Geschwindigkeiten.
Interessiert bei vektoriellen Größen, wie z. B. der Geschwindigkeit, nur der Betrag und das Vorzeichen, so wird häufig nach der **Koordinate** gefragt.

Parallele Geschwindigkeitsvektoren

Bei zwei parallelen und gleich gerichteten Geschwindigkeiten gilt für die resultierende Geschwindigkeit $\vec{v}$ die Vektorgleichung:
$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$

Für die Koordinate von $\vec{v}$ gilt:
$v = v_1 + v_2$

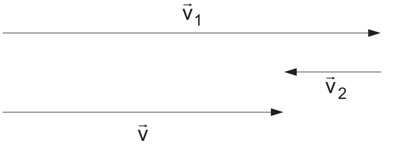
Prinzipskizze:



Weist die eine Geschwindigkeit $\vec{v}_2$ in die entgegengesetzte Richtung zur anderen parallelen Geschwindigkeit $\vec{v}_1$, so überlagern sich für einen ruhenden Beobachter die beiden Bewegungen wiederum zu einer resultierenden Bewegung mit der Geschwindigkeit $\vec{v}$.

Auch in diesem Fall gilt:
$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$
Für die Koordinate von $\vec{v}$ gilt:
$v = v_1 - v_2$

Prinzipskizze:



Beispiel

An Flughäfen werden häufig Transportbänder zur Personenbeförderung eingesetzt. Ein solches Transportband bewegt sich mit der Koordinate $v_T = 3{,}0\ \frac{m}{s}$ einer konstanten Geschwindigkeit.

Ein eiliger Passagier geht auf dem Transportband mit einer Geschwindigkeitskoordinate von $v_P = 2{,}0\ \frac{m}{s}$, statt sich stehend transportieren zu lassen.

Bestimmen Sie die Koordinate der Geschwindigkeit des Passagiers, welche ein ruhender Beobachter wahrnimmt.

Lösung:

Es gilt:

$v = v_1 + v_2$

Und damit folgt:

$v = v_T + v_P = 3{,}0\ \frac{m}{s} + 2{,}0\ \frac{m}{s} = 5{,}0\ \frac{m}{s}$

Beispiel

Ein Schiff fährt mit der Geschwindigkeitskoordinate $v_S = -10{,}0\ \frac{km}{h}$ auf einem See mit der Strömungsgeschwindigkeit $v_{St} = 3{,}0\ \frac{km}{h}$ (Koordinate).

a) Geben Sie den Betrag der Geschwindigkeit des Schiffs an.

b) Erläutern Sie, welche zusätzlichen Informationen man durch die Angabe der Koordinate im Vergleich zum Betrag über die Geschwindigkeit des Schiffs erhält.

Lösung:

a) Für den Betrag erhält man:
$v_S = \left| -10\ \frac{km}{h} \right| = 10\ \frac{km}{h}$

b) Man erhält noch eine Information über die Richtung der Geschwindigkeit. Da in diesem Fall die Vorzeichen für die Strömungsgeschwindigkeit und die Schiffsgeschwindigkeit verschieden sind, weiß man, dass das Schiff gegen die Strömung des Sees fährt.

Senkrechte Geschwindigkeitsvektoren

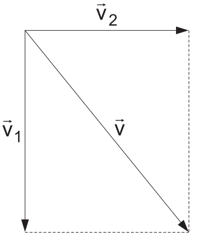
Für die Geschwindigkeit $\vec{v}$ gilt die Vektorgleichung:

$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$

Für den Betrag von $\vec{v}$ ergibt sich mit dem Satz des Pythagoras:

$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$

Prinzipskizze:



Beispiel

Eine Schwimmerin möchte einen Fluss mit der Strömungsgeschwindigkeit $\vec{v}_{St}$ überqueren. Dazu schwimmt sie senkrecht zur Strömung mit der Geschwindigkeit $\vec{v}_{Sch}$.

Beschreiben Sie, wo die Schwimmerin ankommen wird, und erklären Sie, wie sie schwimmen müsste, um am anderen Ufer direkt gegenüber ihres Startpunktes anzukommen.

Lösung:

Dadurch, dass sich die Geschwindigkeiten vektoriell addieren, wird die Schwimmerin am anderen Ufer in Strömungsrichtung versetzt zu ihrem Startpunkt ankommen. Um direkt gegenüber von ihrem Startpunkt anzukommen, müsste sie leicht schräg gegen die Strömung schwimmen, sodass die resultierende Geschwindigkeit senkrecht zur Strömungsgeschwindigkeit zeigt.

Beliebige Geschwindigkeitsvektoren

Für die Geschwindigkeit $\vec{v}$ gilt die Vektorgleichung:

$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$

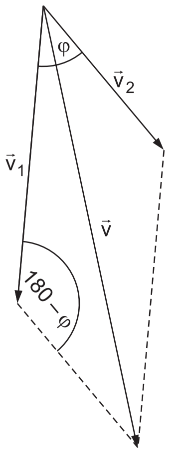
Für den Betrag von $\vec{v}$ ergibt sich mit dem Kosinussatz:

$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1 v_2 \cos(180° - \varphi)}$

oder

$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1 v_2 \cos\varphi}$

Prinzipskizze:



Regel

> Bewegt sich ein Massenpunkt gleichzeitig mit den Geschwindigkeiten $\vec{v}_1$ und $\vec{v}_2$, so stören sich die beiden Bewegungen gegenseitig nicht (Unabhängigkeitsprinzip der Bewegung). Für die resultierende Geschwindigkeit $\vec{v}$ gilt:
> $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$

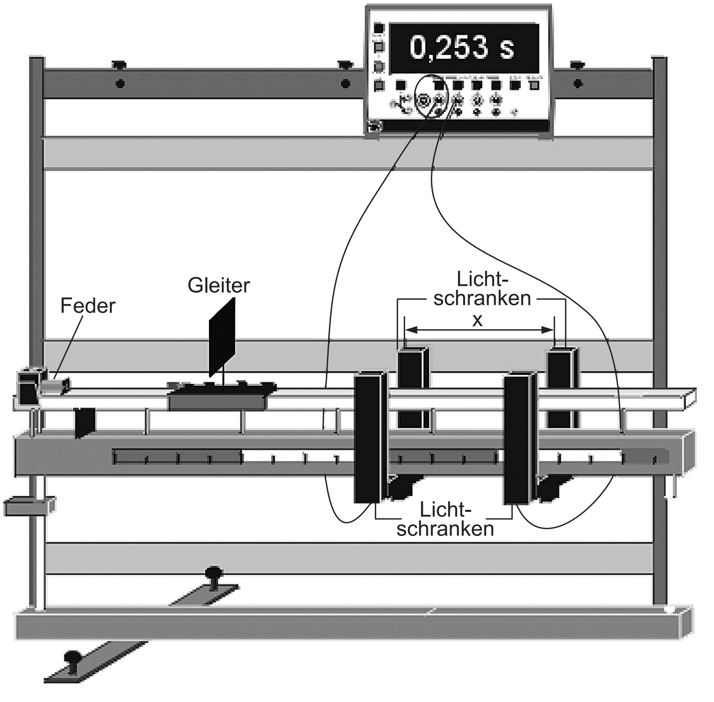
Aufgaben

1. Bei einem Autorennen kommt nach einem Unfall das Safety-Car zum Einsatz. Dieses fährt mit einer betragsmäßig konstanten Geschwindigkeit von $v = 50{,}0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ dem Feld der Rennwagen voraus und bremst diese so aus, um weitere Unfälle zu verhindern. Für eine Runde auf der Rennstrecke benötigt es $\Delta t_1 = 171$ s.

a) Berechnen Sie die Länge der Rennstrecke.

b) Berechnen Sie, wie schnell das Safety-Car fahren müsste, um die Strecke in $\Delta t_2 = 150$ s zurückzulegen.

2. Es wurde ein Experiment auf einer Luftkissenfahrbahn durchgeführt. Der vom Gleiter zurückgelegte Weg wurde dabei mit einem Maßstab, die Laufzeiten des Gleiters mithilfe von Lichtschranken und einer elektronischen Uhr bestimmt. Der Gleiter wurde durch Entspannen einer Feder nach rechts gestoßen und dann sich selbst überlassen. Als Start- und Zielpunkt wurden jeweils die Lichtschranken festgelegt.



Bei unterschiedlichem Abstand x der Lichtschranken wurde jeweils die Laufzeit t des Gleiters zwischen den Lichtschranken gemessen. Es ergab sich das folgende Messprotokoll:

t in s	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
x in cm	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0

a) Erstellen Sie das zugehörige t-x-Diagramm.

b) Bestimmen Sie mithilfe des Diagramms aus Teilaufgabe a den Betrag der Geschwindigkeit des Gleiters.

3. Andrea aus Regensburg und Boris aus München möchten sich in Nürnberg treffen. Beide wollen nach dem Frühstück um 8:00 Uhr losfahren und nach Möglichkeit gleichzeitig in Nürnberg ankommen. Nach einem Blick in einen Routenplaner stellen sie fest, dass die Entfernung nicht für beide gleich ist: Regensburg – Nürnberg 120 km und München – Nürnberg 170 km.
Sie schätzen ab:
Wenn Andrea mit einer Geschwindigkeit vom Betrag $v_A = 80{,}0\,\frac{km}{h}$ fährt, muss Boris mit einer Geschwindigkeit vom Betrag $v_B = 110{,}0\,\frac{km}{h}$ fahren, damit sie gleichzeitig ankommen.

a) Prüfen Sie rechnerisch, ob die beiden tatsächlich gleichzeitig in Nürnberg ankommen.

b) Bestimmen Sie den Betrag der Geschwindigkeit, mit der Boris im Durchschnitt fahren muss, damit sie gleichzeitig ankommen.

4. Ein paar Freunde machen eine Kanutour. Dabei paddeln sie zunächst mit der Strömung des Flusses (Koordinate: $v_S = 2{,}0\,\frac{m}{s}$) eine Strecke $s = 2{,}0$ km mit einer Eigengeschwindigkeit der Koordinate $v_K = 3{,}0\,\frac{m}{s}$.

a) Bestimmen Sie die Zeit, welche für die Strecke s benötigt wird.

b) Nachdem die Freunde die Strecke s zurückgelegt haben, möchten sie eine Pause machen. Als sie am Ufer anlegen, stellen sie fest, dass sich der Grillplatz direkt gegenüber befindet. Sie steuern mit ihrer bisherigen Eigengeschwindigkeit senkrecht zur Strömung des $b = 10$ m breiten Flusses. Bestimmen Sie, wie weit vom Grillplatz entfernt sie so ankommen werden.

c) Der Rückweg (Strecke s) soll in der gleichen Zeit wie der Hinweg erfolgen. Berechnen Sie die notwendige Eigengeschwindigkeit (Koordinate) des Kanus, wenn die Strömungsgeschwindigkeit gleich geblieben ist.

1. a) Es gilt:

$$x(t) = vt$$

$$x(171\,s) = \frac{50{,}0}{3{,}6}\,\frac{m}{s} \cdot 171\,s = 2\,375\,m \approx 2{,}38\,km$$

b) Es gilt:

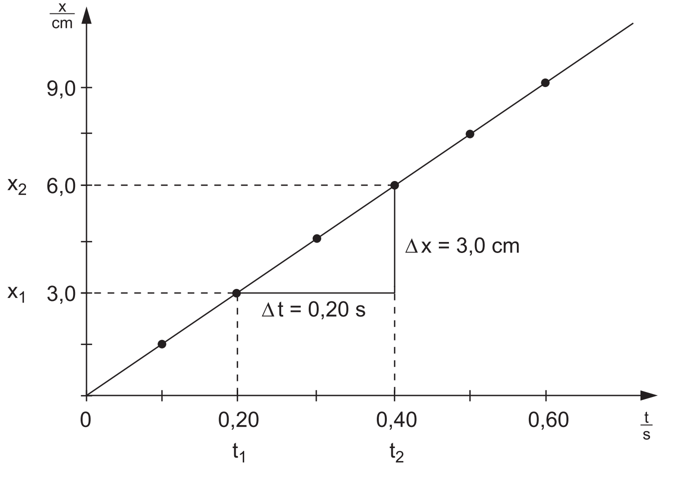
$$x(t) = vt$$

Umgestellt nach v folgt:

$$v = \frac{x}{t}$$

$$v = \frac{2\,375\,m}{150\,s} = 15{,}83\,\frac{m}{s} \approx 57\,\frac{km}{h}$$

2. a) t-x-Diagramm



b) Der Betrag der Geschwindigkeit lässt sich mithilfe eines Steigungsdreiecks bestimmen.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$v = \frac{3{,}0\,cm}{0{,}20\,s} = \frac{0{,}030\,m}{0{,}20\,s} = 0{,}15\,\frac{m}{s}$$

3. a) Es gilt:

$$x(t) = vt$$

Umgestellt nach t ergibt sich:

$$t = \frac{x}{v}$$

Somit benötigt Andrea:

$$t_A = \frac{x_A}{v_A} = \frac{120 \cdot 10^3\ \mathrm{m}}{\frac{80{,}0}{3{,}6}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 5\,400\ \mathrm{s}$$

Boris benötigt:

$$t_B = \frac{x_B}{v_B} = \frac{170 \cdot 10^3\ \mathrm{m}}{\frac{110{,}0}{3{,}6}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 5\,564\ \mathrm{s}$$

$t_B > t_A \quad \Rightarrow$ Sie kommen nicht gleichzeitig an.

b) Für Gleichzeitigkeit gilt:

$$t_A = t_B$$

$$t_A = \frac{x_B}{v_B}$$

Umgestellt nach v_B folgt:

$$v_B = \frac{x_B}{t_A}$$

$$v_B = \frac{170 \cdot 10^3\ \mathrm{m}}{5\,400\ \mathrm{s}} = 31{,}5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 113\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

4. a) Es gilt:

$$x(t) = vt$$

Aufgrund der gleichen Richtung der beiden Geschwindigkeiten ergibt sich für die Koordinate der resultierenden Geschwindigkeit:

$$v = v_S + v_K$$

Somit folgt nach Umstellen nach t:

$$t = \frac{x}{v} = \frac{s}{v_S + v_K}$$

$$t = \frac{2{,}0 \cdot 10^3\ \mathrm{m}}{(2{,}0 + 3{,}0)\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 400\ \mathrm{s}$$

b) Nach dem Unabhängigkeitsprinzip können die Bewegungen mit und senkrecht zur Strömung getrennt voneinander betrachtet werden.
Über die Bewegung senkrecht zur Strömung lässt sich die benötigte Zeit für die Flussüberquerung berechnen.

Es gilt:

$$x(t) = vt$$

$$t = \frac{x}{v}$$

$$t = \frac{b}{v_K} = \frac{10\ \mathrm{m}}{3{,}0\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 3{,}3\ \mathrm{s}$$

Bei Betrachtung der Bewegung in Strömungsrichtung kann berechnet werden, wie weit das Kanu abgetrieben wird:

$x(3{,}3\,s) = v_S \cdot 3{,}3\,s = 2{,}0\,\frac{m}{s} \cdot 3{,}3\,s = 6{,}6\,m$

c) Aufgrund der entgegengesetzten Richtung der beiden Geschwindigkeiten ergibt sich für die Koordinate der resultierenden Geschwindigkeit:

$v = v_K - v_S$

Es gilt (analog zu Teilaufgabe a):

$t = \frac{x}{v}$

$t = \frac{s}{v_K - v_S}$

Durch Umstellen nach v_K folgt:

$t(v_K - v_S) = s$

$v_K - v_S = \frac{s}{t}$

$v_K = \frac{s}{t} + v_S$

Mit $t = 400\,s$ (Teilaufgabe a) ergibt sich:

$v_K = \frac{2{,}0 \cdot 10^3\,m}{400\,s} + 2{,}0\,\frac{m}{s} = 7{,}0\,\frac{m}{s}$

5. a) Es gilt:

$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$

Mit $v_0 = 0\,\frac{km}{h}$ und $x_0 = 0\,m$ folgt:

$v^2 = 2ax$

$v = \sqrt{2as}$

$v = \sqrt{2 \cdot 3{,}20\,\frac{m}{s^2} \cdot 80{,}0\,m} = 22{,}6\,\frac{m}{s} \approx 81{,}4\,\frac{km}{h}$

b) Wegen $v_0 = 0\,\frac{km}{h}$ und $x_0 = 0\,m$ gilt:

$x(t) = \frac{1}{2}at^2$

Umgestellt nach t:

$t^2 = \frac{2x}{a}$

$t = \pm\sqrt{\frac{2s}{a}}$

Es ist nur die positive Lösung sinnvoll.