4 Bewegungen

Kommentar
Das Kapitel befasst sich mit der Beschreibung und der Untersuchung von Bewegungen sowie dem Auffinden der für diese Bewegungen geltenden Gesetzmäßigkeiten. Auf die Ursache der Bewegungen bzw. Bewegungsänderungen wird nicht eingegangen.
Die Thematik eignet sich hervorragend, um einige grundlegende physikalische Methoden zu behandeln: Das Erfassen von Messdaten, deren Darstellung in Diagrammen, das Interpretieren von Diagrammen bzw. das Entnehmen von Informationen aus Diagrammen und das Rechnen mit proportionalen Zusammenhängen.

Lösung der Einstiegsfrage
Wer gewinnt das Rennen? – Die Frage kann natürlich nicht beantwortet werden. Allerdings ist der Start mit der Anfangsbeschleunigung und einer gleichmäßige Steigerung der Geschwindigkeit über einen längeren Zeitraum ebenso wichtig wie die Beibehaltung der hohen Geschwindigkeit während des gesamten Rennens. Über den Sieg entscheiden auch taktische Überlegungen und konditionelle Voraussetzungen.
Antworten wie „Wer zuerst im Ziel ist.“ (= bestimmte Weglänge in der kürzesten Zeitdauer) oder „Wer am schnellsten ist.“ (= größte Geschwindigkeit) liefern Anknüpfungspunkte.

(S. 60)

1.1 Ruhe und Bewegung

Lernziele Die SuS erklären die Bedeutung von Zeit, Ort und Beobachterstandpunkt bei der Beschreibung von Bewegungen. Sie erläutern die Bewegungsarten geradlinige Bewegung, Kreisbewegung und Schwingung und nennen Beispiele. Sie nennen die Definition der gleichförmig geradlinigen Bewegung und wenden diese quantitativ an.

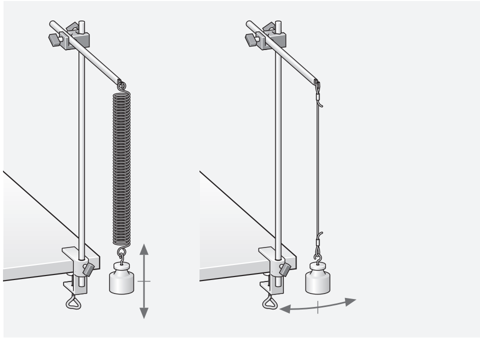
Begriffe Beobachter, Bewegung, Zeit(punkt), Zeitdauer, Ort, Weg(länge), geradlinige Bewegung, Kreisbewegung, Schwingung, geradlinig gleichförmige Bewegung

Hinweise/Kommentar Die Lerneinheit führt in die physikalische Beschreibung von Bewegungen ein. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Klärung und Präzisierung der notwendigen Fachbegriffe, wobei einer anschaulichen Beschreibung anhand von Beispielen der Vorzug gegenüber abstrakten Definitionen gegeben wird. Lediglich für die gleichförmig geradlinige Bewegung werden erste Ansätze einer Mathematisierung vorbereitet und eine verbale Definition geboten, die sich in den folgenden Lerneinheiten problemlos als Formeldefinition mathematisieren lässt. Das Beispiel und die Aufgaben dienen der Vertiefung und Einübung der Begrifflichkeiten (Operatoren „nenne“, „beschreibe“, „erläutere“) im Anforderungsbereich I. Hier bieten sich gute Möglichkeiten, die Kommunikationskompetenz der SuS zu fördern. Aufgabe 3 bietet Messdaten (ohne Bezug auf ein konkretes Experiment) und ermöglicht es damit, die Definition der gleichförmigen Bewegung anhand eines Beispiels zu konkretisieren.

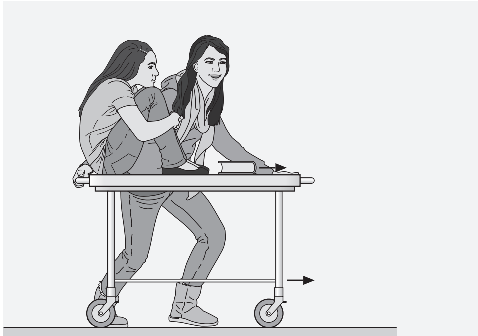
Einstieg Bild und Text bieten Gelegenheit, über den Begriff der Bewegung und ihre Charakterisierung als „schnell“ bzw. „langsam“ und die Bedeutung des Beobachterstandpunkts zu diskutieren.
Wenn der Fotograf ebenfalls ein Fallschirmspringer ist, der neben der Formation fliegt, bewegen sich die anderen Springer aus seiner Sicht nicht (dafür bewegt sich die Erde auf die Springer zu).
Auch für einen bezüglich der Erdoberfläche ruhenden Beobachter (z. B. den Fotobetrachter, der sich die Situation vorstellt) erscheint die Bewegung langsam, da auf Grund der weit entfernten Erdoberfläche ein Maßstab fehlt, um die bei der Bewegung zurückgelegten Strecken abschätzen zu können.

Versuche im Schulbuch **V1** Lass ein Blatt Papier fallen. Es bewegt sich auf einer komplizierten Bahn zum Boden. Knülle das Blatt zu einer Kugel und lass es wieder fallen. Diesmal bewegt es sich auf gerader Linie.

V2 Ziehe an einem Gewichtsstück, das an einer Feder hängt und lass es los. Das Gewichtsstück bewegt sich nach dem Loslassen auf und ab.
Lenke die Kugel eines Fadenpendels aus seiner Ruhelage aus. Sie bewegt sich nach dem Loslassen hin und her.



V3 Eine Schülerin wird auf einem Experimentiertisch mit Rollen geschoben. Vor ihr auf dem Experimentiertisch liegt ein Buch. Aus Sicht der Schülerin bleibt das Buch vor ihr auf dem Tisch liegen.
Für daneben stehende Mitschüler bewegen sich Schülerin und Buch.



Material Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
– Bewegungen (me_s1_ab_001a: diff ↓, me_s1_ab_001b: diff ↑)

Lösungen der Aufgaben

A1 ○

Gleichförmige Bewegung	Schwingung	Kreisbewegung
Zug auf ebener Strecke	Schaukel	Karussel
Förderband	Pendel einer Standuhr	Waschmaschinentrommel
Rolltreppe	Fahrbahn einer Hängebrücke	Fahrradreifen

A2 ◒ Bei einer gleichförmigen Bewegung wird während einer festen Zeitdauer immer die gleiche Weglänge bzw. -strecke zurückgelegt: Die Bewegung ist (umgangssprachlich) also immer gleich schnell. Bei einer ungleichförmigen Bewegung sind diese Weglängen für verschiedene, aber gleich lange Zeitdauern nicht immer gleich groß, die Bewegung wird also im Laufe der Zeit schneller oder langsamer.

A3 ● Zwischen zwei Messungen sind die Zeitdauern $\Delta t = 2\,\text{s}$ jeweils gleich. Die dabei zurückgelegten Weglängen Δs sind mit 10,4 m; 10,7 m; 10,2 m und 10,2 m ebenfalls annähernd gleich. Die Bewegung ist daher gleichförmig.

(S. 62) 4.2 Bestimmung von Geschwindigkeiten

Lernziele

Die SuS erläutern den Begriff der Geschwindigkeit und bestimmen den Betrag der Geschwindigkeit im Falle der geradlinig gleichförmigen Bewegung quantitativ mit Hilfe der zugehörigen Gleichung. Sie verwenden zur Beschreibung geradliniger (gleichförmiger) Bewegungen Zeit-Ort- sowie Zeit-Geschwindigkeit-Diagramme und interpretieren diese.
Sie bestimmen die Steigung in Zeit-Ort-Diagrammen und interpretieren diese als Geschwindigkeit.

Begriffe

Geschwindigkeit, Zeit-Ort-Diagramm, Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm

Hinweise/Kommentar

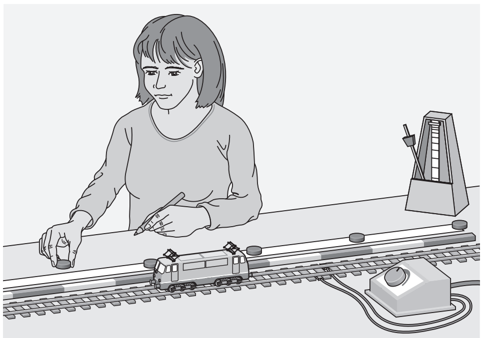
In dieser Lerneinheit wird die Geschwindigkeit als physikalische Größe und quantitative Präzisierung der umgangssprachlichen Begriffe „schnell“ bzw. „langsam“ eingeführt. Dabei beschränkt sich die Darstellung bewusst auf (geradlinig) gleichförmige Bewegungen, wobei die Definition auch die näherungsweise Bestimmung von Momentangeschwindigkeiten zulässt (Notation mit Δs, Δt). Eine begriffliche Differenzierung von Momentan- und Durchschnittgeschwindigkeit erfolgt bewusst nicht. Auch die Bedeutung des Geschwindigkeitsvorzeichens wird im Lehrtext nur angemerkt, entsprechende Vertiefungen, die in den Lehrplänen i. A. nicht vorgesehen sind, können bei Bedarf im Unterricht erfolgen. Die Umrechnung der Geschwindigkeitseinheiten wird in einem Diagramm dargestellt.
Ein wichtiger Schwerpunkt sowohl im Lehrtext als auch im Beispiel und den Aufgaben liegt bei der Darstellung von Bewegungen in Zeit-Ort- sowie Zeit-Geschwindigkeit-Diagrammen, auf denen im Folgenden auch die Einführung des Beschleunigungsbegriffs basiert. Hier bestehen vielfältige Gelegenheiten zu Querverbindungen mit dem Fach Mathematik (Proportionalität, lineare Funktionen).

Einstieg

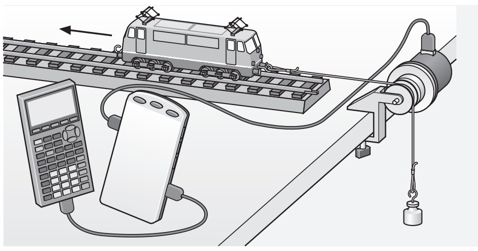
Die meisten SuS denken beim Thema Geschwindigkeit vermutlich nur an schnelle Bewegungen. Dies drückt sich im Alltag in Formulierungen wie „… im Rausch der Geschwindigkeit …“ aus. Die Bewegung der Schnecke gibt damit Anlass zur Diskussion über den Begriff Geschwindigkeit.
Daniels Behauptung wird in der Beispielaufgabe überprüft. Er hat Unrecht, die Schnecke schafft es über den Feldweg, bevor der Bauer zurückkommt.

Versuche im Schulbuch

V1 Untersuche die Bewegung einer elektrischen Eisenbahn. Stelle dazu ein Metronom so ein, dass es jede Sekunde ein Signal gibt, d. h., die Zeitdauer zwischen zwei Signalen beträgt $\Delta t = 1\,\text{s}$. Lege dann bei jedem Signal ein Markierungsklötzchen dort neben die Schienen, wo sich der vordere Teil der Bahn gerade befindet. Wichtig: Die Einstellung des Eisenbahntrafos darf während der Fahrt nicht geändert werden. Miss den Abstand Δs zwischen den Markierungsklötzchen. Der Abstand Δs der Klötzchen ist immer ungefähr gleich.



V2 Wiederhole die Fahrt der elektrischen Eisenbahn. Lass sie diesmal mit Hilfe eines Fadens einen Tachometer antreiben, der die Geschwindigkeit der Eisenbahn misst. Die Anzeige des Tachometers wird z. B. mit einem grafikfähigen Taschenrechner aufgezeichnet. Man erkennt, dass die Geschwindigkeit in etwa gleich bleibt.



Weitere Versuche

V3 *(als Hausaufgabe/Heimversuch)* Bestimme die Geschwindigkeit verschiedener näherungsweise gleichförmiger Bewegungen in deinem Alltag, z. B. beim Gehen, beim Hundertmeterlauf, beim Radfahren, auf einer Rolltreppe, … Überlege, wie du (evtl. gemeinsam mit einem Partner) die nötigen Größen bestimmen kannst.

Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
- Geschwindigkeit (me_s1_ab_003)
- Bewegungen im Diagramm (me_s1_ab_004a: diff ↓, me_s1_ab_004b: diff ↑)
- Zeit-Ort-Diagramme (me_s1_ab_005a: diff ↓, me_s1_ab_005b: diff ↑)

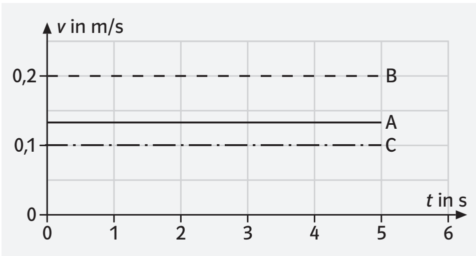
Animationen/Simulationen:
- Gleichförmige Bewegung (me_s1_si_001)

Lösungen der Aufgaben

A1 ○ $v = s/t = 1\,\text{km}/18{,}0\,\text{s} = 3600 \cdot 1\,\text{km}/18{,}0\,\text{h} = 200\,\text{km/h}$

A2 ◒ **a)** $v_A = 0{,}4\,\text{m}/3\,\text{s} = 0{,}133\,\text{m/s}$; $v_B = 0{,}6\,\text{m}/3\,\text{s} = 0{,}2\,\text{m/s}$; $v_C = 0{,}2\,\text{m}/2\,\text{s} = 0{,}1\,\text{m/s}$

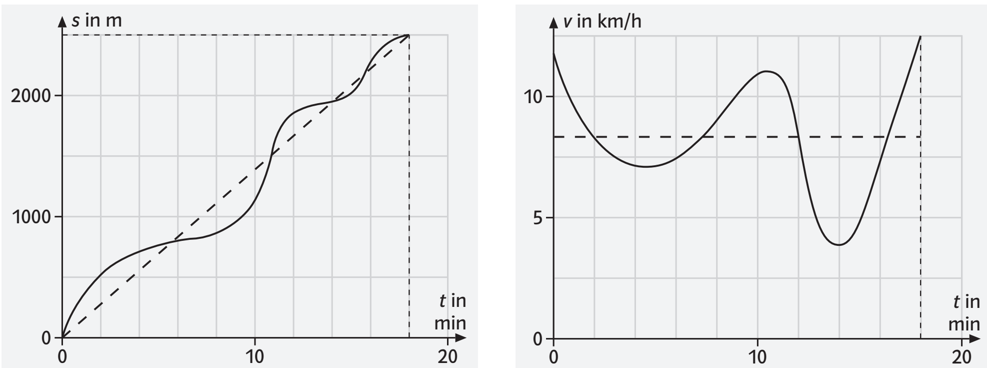
b)



A3 ● **a)** $\frac{2500\,\text{m}}{(18 \cdot 60)\,\text{s}} = 2{,}31\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 8{,}33\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

b) Ralf fährt nicht völlig gleichförmig, sondern (z. B. aufgrund der Verkehrssituation oder der Wegsteigung) mal schneller und mal langsamer. Die Geschwindigkeit ist also mal größer und mal kleiner als der Durchschnittswert..

c) (grobe Näherung)



d) Geschwindigkeit zu Fuß: ca. 5 km/h; daher benötigte Zeitdauer 30 min.
Ralf sollte also ca. 12 min früher losgehen.

(S. 64) **Methode** Mathematisieren **Rechnen mit proportionalen Zusammenhängen**

Lernziele

SuS nutzen die Gleichung für die Geschwindigkeit zur Lösung einfacher Aufgaben.

Begriffe

Schallgeschwindigkeit (nicht als zu lernender Begriff)

Hinweise/Kommentar

Der dargestellte Versuch ist ein klassisches Experiment, das gut funktioniert, an jeder Schule einfach durchzuführen ist und eine hohe Motivation schafft. Wenn kein Startbrett im Sport verfügbar ist, lässt sich der Versuch auch mit einem Buch durchführen. Es empfiehlt sich mindestens 5 bis 8 Schülerinnen oder Schüler die Zeit stoppen zu lassen. Zu jeder messenden Schülerin / jedem messenden Schüler wird eine Protokollführerin / ein Protokollführer benannt. Die SuS entscheiden, ob sie bei der Berechnung der unbekannten Größe die Umstellung nach den Regeln der Algebra oder durch Unterstützung des Rechendreiecks durchführen oder ob sie lieber mit der Dreisatzrechnung arbeiten.

Lösungen der Aufgaben

A1 ○ $\Delta t = \Delta s / v$. Die Schallgeschwindigkeit beträgt 340 m/s. Damit ergibt sich:
Δt = 500 m/340 m/s = 1,47 s; Δt = 1200 m/340 m/s = 3,53 s; Δt = 5 000 m/340 m/s = 14,71 s

A2 ◒ $\Delta t = \Delta s / v$. Die Schallgeschwindigkeit beträgt 340 m/s. Für 75 m benötigt er Δt = 75 m/340 m/s = 0,22 s. Du hörst das Startsignal 0,22 s nachdem du es siehst.

A3 ● Da der Schall in einer Sekunde 340 m zurücklegt, schafft er in drei Sekunden 1 020 m. Das ist etwa 1 km für je drei Sekunden.

(S. 65)

Exkurs Geschwindigkeiten in Natur und Technik

Lernziele SuS nennen typische Größenordnungen von Geschwindigkeiten.

Begriffe Lichtgeschwindigkeit (nicht als zu lernender Begriff)

Hinweise/Kommentar Die Seite listet Beispiele für Geschwindigkeiten im Alltag. Sie bietet sich damit auch als Grundlage für weitere (Internet-)Recherchen an.

Material Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
– Schnelle Eisenbahnzüge (me_s1_ab_002)

Animationen/Simulationen:
– Geschwindigkeiten in Natur und Technik (me_s1_si_002)

(S. 66)

Methode Mathematisieren Bewegungen und Mathematik

Lernziele SuS verwenden lineare Funktionen zur Beschreibung geradliniger Bewegungen. SuS nutzen lineare Funktionen zur Lösung lebensweltlich bedeutsamer Fragestellungen. SuS festigen ihre mathematischen Kenntnisse über lineare Funktionen und deuten die mathematischen Begriffe physikalisch. SuS wechseln zwischen sprachlicher, grafischer und algebraischer Darstellung eines Zusammenhanges.

Begriffe Keine neuen physikalischen. Mathematisch der Begriffsapparat zu linearen Funktionen (Steigung, Steigungsdreieck, *y*-Achsenabschnitt, Gleichung einer Geraden)

Hinweise/Kommentar Lineare Funktionen und gleichförmige Bewegungen sind Gegenstand wohl aller Curricula für Mathematik und Physik in der Sek. I. Sehr häufig ist es möglich, sie im Schulcurriculum zumindest zeitnah zu verankern. Ideal ist eine enge Zusammenarbeit beider Fächer. Aus der Sicht der Physik sind unabhängig davon verschiedene Verständnisebenen denkbar. Auf jeden Fall muss zunächst eine Einbettung in ein passendes Koordinatensystem erfolgen. Das erfolgt in der Regel für punktförmige Objekte, ohne dass das problematisiert wird (vgl. Lerneinheit „Bestimmung von Geschwindigkeiten"). Hier wird die Ausdehnung der Fahrzeuge berücksichtigt. Das geschieht durch jeweils zwei parallele Geraden (Anfang und Ende des jeweiligen Fahrzeugs). Die Geraden lassen sich erstellen:
1. Mit Hilfe von zwei Punkten, die man aus den gegebenen Bedingungen errechnet.
2. Mit einem Punkt und der Geschwindigkeit, die man dann als Steigung deuten muss.
Zur Lösung des Problems müssen die Schnittpunkte zunächst als „Ereignisse" physikalisch gedeutet und dann bestimmt werden. Dies kann wiederum auf zwei Wegen passieren.

1. aus der Zeichnung
2. rechnerisch unter Verwendung der Gleichungen

Denkbar ist auch, das Diagramm oder Teile daraus vorzugeben und dann aufgrund der Kenntnisse aus der Lerneinheit „Bestimmung von Geschwindigkeiten" zu interpretieren. Die Verwendung dynamischer Geometriesoftware erweitert die methodischen Möglichkeiten.

Material –

Lösungen der Aufgaben

A1 ◒ Zur Beschreibung kann man den Punkt P_1 auf der vorderen Stoßstange des PKW betrachten. Der von ihm zurückgelegte Weg wird in Bezug auf den LKW beschrieben

Ereignis	Weg
Beginn des Überholvorganges, PKW schert aus	0 m
P_1 erreicht das hintere Ende des LKW	0 m + 54 m = 54 m
Hinteres Ende des PKW erreicht hinters Ende des LKW	54 m + 5 m = 59 m
P_1 erreicht vorderes Ende des LKW	59 m + 5 m = 64 m
P_1 erreicht Sicherheitsabstand vor dem LKW	64 m + 36 m = 100 m
Hinteres Ende des PKW erreicht Sicherheitsabstand vor LKW, Überholvorgang ist beendet, PKW schert ein	100 m + 5 m = 105 m

Während des Überholvorganges bewegt sich der LKW mit seiner konstanten Geschwindigkeit weiter und legt dabei die Weglänge s_{LKW} zurück. Der PKW muss 105 m mehr zurücklegen, benötigt also für den Überholvorgang die Weglänge $s_{LKW} + 105$ m.

A2 ◒ Der Ursprung des Koordinatensystems wurde willkürlich an den Ort des Punktes P_1 auf der vorderen Stoßstange des PKW gelegt Die s-Koordinaten der übrigen Punkte ergeben sich dann aus 0 + Längenangabe in **B3**, wobei die Länge des PKW negativ gezählt wird.

A3 ◒ Auf der Zeitachse liest man zwischen B und C etwa 3 Kästchen entsprechend 1,5 s ab. In dieser Zeitdauer befindet sich der PKW zumindest teilweise neben dem LKW, hat also keine Möglichkeit, im Notfall ohne Kollision nach rechts auszuweichen.

A4 ◒ Man denkt sich einen Punkt im Sicherheitsabstand vor dem LKW. Dieser Punkt bewegt sich zusammen mit dem LKW in die gleiche Richtung und mit der gleichen Geschwindigkeit. Seine Bewegung wird also durch eine Gerade parallel zu der für den LKW beschriebenen.

A5 ● Anmerkung: In der ersten Auflage des Schülerbandes wurde das rote Geradenstück zu steil eingezeichnet. Es ergibt sich eine unrealistische Geschwindigkeit. Die Überlegungen werden mit diesen Zahlen durchgeführt. Die Werte für die korrigierten Folgeauflagen stehen in Klammern.
Die Geschwindigkeit lässt sich als Steigung der Geraden ermitteln. Diese ergibt sich aus zwei Punkten auf dem roten Geradenstück, z. B. A(10,5|310) und (12|150). Dies ergibt $\Delta t = 1{,}5\,\text{s}$ und $\Delta s = 160\,\text{m}$ und damit $v = \Delta s/\Delta t = 106{,}7\,\text{m/s} = 384\,\text{km/h}$.
(Korrigierte Werte: (8|375) und A(10,5|310). Dies ergibt $\Delta t = 2{,}5\,\text{s}$ und $\Delta s = 65\,\text{m}$ und damit $v = \Delta s/\Delta t = 26\,\text{m/s} = 93{,}6\,\text{km/h}$).
Der Ort des Fahrzeugs zu Beginn des Überholvorganges entspricht dem y-Achsenabschnitt der roten Geraden.
Er ergibt sich für $t = 0$ aus der Gleichung $y = m \cdot x + b$ mit $m = -106{,}7$ und $x = t = 12$ und $y = s = 150$ zu $b = 150 + 1280 = 1430$ (Korrigierte Werte: $m = -26$ und $x = t = 8$ und $y = s = 375$ zu $b = 375 + 208 = 583$).
Im Punkt A schneiden sich die rote Gerade und die blaue vom hinteren Ende des PKW. Beide Fahrzeuge erreichen also diesen Ort gleichzeitig. Der PKW könnte gerade wieder eingeschert sein. Es wird deutlich, dass ein Überholvorgang nur dann gefahrlos durchgeführt werden kann, wenn entgegenkommende Fahrzeuge hinreichend weit entfernt sind. Diese Entfernung ist von deren Geschwindigkeit abhängig, die insbesondere dann schwer einzuschätzen ist, wenn sich das Fahrzeug wie beim Überholvorgang auf einen zu bewegt. Freie Sicht auf den Gegenverkehr ist unabdingbare Voraussetzung bei Beginn eines Überholvorganges.

(S. 68)

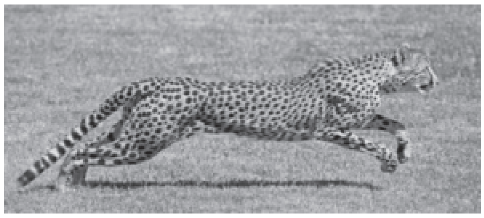
4.3 Beschleunigung

Lernziele Die SuS lernen Bewegungen mit veränderlicher Geschwindigkeit als beschleunigte Bewegungen kennen und berechnen für den Fall einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung die Beschleunigung als Quotient aus Geschwindigkeitsänderung und benötigter Zeitdauer. Sie interpretieren die Steigung im *t*-*v*-Diagramm als Beschleunigung.

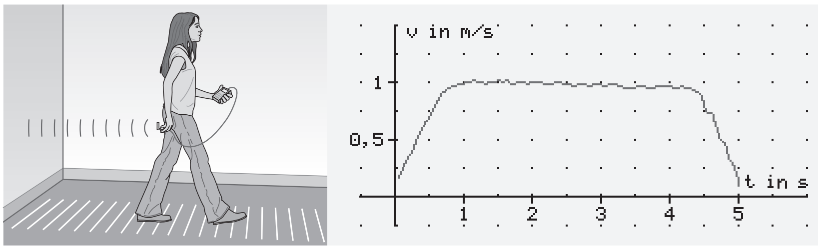
Begriffe Beschleunigung, (gleichmäßig) beschleunigte Bewegung

Hinweise/Kommentar Anhand des Gepards wird die beschleunigte Bewegung zunächst qualitativ problematisiert. Die anschließende Betrachtung des zugehörigen *t*-*v*-Diagramms führt zur Definitionsgleichung der Beschleunigung *a* (Die Aufzeichnung der Bewegung in Versuch **V1** führt zu einem qualitativ ähnlichen *t*-*v*-Diagramm). Im Beispiel wird aus der (durch die Neigung bekannten) Beschleunigung qualitativ das *t*-*v*-Diagramm gewonnen, Aufgabe **A2** thematisiert dann das zugehörige Umkehrproblem. Die Abbildung **B2** bietet die Möglichkeit zu einer vertiefenden Betrachtung, insbesondere die Darstellung einer beschleunigten Bewegung im *t*-*s*-Diagramm.

Einstieg Der Gepard als Rekordhalter in der Natur stellt einen motivierenden Einstieg in die Thematik dar. Die SuS können zunächst selbständig Vermutungen über den Bewegungsablauf formulieren und in verschiedenen Formen (verbal, Diagramm, …) darstellen.



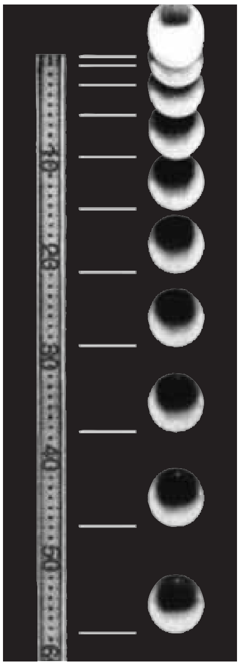
Versuche im Schulbuch **V1** Eine Schülerin steht vor einer Wand. Sie läuft los, läuft ein paar Meter und bleibt dann

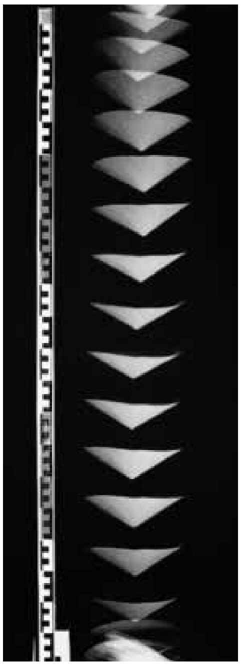


wieder stehen. Während des Vorgangs trägt sie ein nach hinten gerichtetes Sonarmeter mit sich. Ein daran angeschlossener grafikfähiger Taschenrechner liefert das abgebildete *t*-*v*-Diagramm.

V2 Ein Fahrzeug bewegt sich auf einer etwas geneigten Bahn abwärts. Mit Tacho und Computer wird bei verschiedenen Neigungen der Bahn ein *t*-*v*-Diagramm aufgenommen. Es ergeben sich unterschiedliche Geraden durch den Ursprung.

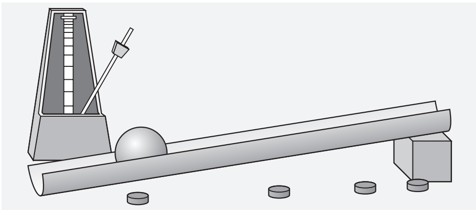
V3 Die Bilder zeigen die Stroboskop-Aufnahmen einer fallenden Kugel (links) und eines Papiertrichters (rechts). Ein Stroboskop ist ein Blitzlichtgerät, das Blitze in festen Zeitabständen aussendet. Bei jedem Blitz wird so der aktuelle Ort der Kugel bzw. des Papiertrichters auf den Bildern festgehalten. Wir messen die Weglängen Δs zwischen jeweils zwei Blitzen. Während bei der Kugel die Wegstrecken in gleichen Zeiten immer länger werden, gilt dies bei dem Papiertrichter nur am Anfang. Im unteren Teil der Fallstrecke bewegt sich der Trichter gleichförmig.





Weitere Versuche

V4 Man lässt eine Kugel eine leicht geneigte Rinne (z. B. zwei mit Klebestreifen zusammengebundene Stativstangen) herabrollen. Die in gleichen Zeitabschnitten zurückgelegten Weglängen werden ermittelt.



Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
- Beschleunigung (me_s1_ab_006)
- Beschleunigung im Diagramm (me_s1_ab_007a: diff ↓, me_s1_ab_007b: diff ↑)
- Interpretation von Bewegungsdiagrammen (me_s1_ab_008)

Animationen/Simulationen:
- Beschleunigte Bewegung (me_s1_si_003: diff ↑)

Lösungen der Aufgaben

A1 ○ Die Geschwindigkeit beschreibt, wie schnell sich ein Körper bewegt. Sie gibt an, um welche Weglänge sich der Ort des Körpers pro Zeiteinheit verändert. So bedeutet beispielsweise 4 m/s, dass sich der Körper innerhalb einer Sekunde um 4 m weiter bewegt.
Die Beschleunigung gibt an, wie stark sich die Geschwindigkeit eines Körpers pro Zeiteinheit verändert. So bedeutet beispielsweise 3 m/s², dass sich die Geschwindigkeit des Körpers innerhalb einer Sekunde um 3 m/s erhöht.

A2 ◒ Während der ersten zehn Sekunden wird der Körper gleichmäßig von 0 auf 30 m/s beschleunigt. Die Beschleunigung beträgt also 3 m/s². Während der zweiten zehn Sekunden bewegt sich der Körper mit gleichbleibender Geschwindigkeit, die Beschleunigung während dieser Phase ist 0. Im dritten Abschnitt nimmt die Geschwindigkeit gleichmäßig von 30 m/s auf 50 m/s zu. Da die Geschwindigkeit innerhalb von 10 s um 20 m/s wächst, beträgt die

Beschleunigung nun $\frac{20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{10\,\text{s}} = 2\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Im letzten Abschnitt wird der Körper gleichmäßig

abgebremst. Die Geschwindigkeit nimmt dabei in 10 s von 50 m/s auf 0 ab, d. h. sie hat sich um −50 m/s verändert. Die Beschleunigung ist daher negativ und beträgt −5 m/s².

A3 ● Ein Gepard erreicht nach vier Sekunden die Geschwindigkeit 100 km/*h* ≈ 28 m/s. Die Fallbeschleunigung auf der Erde beträgt rund 10 m/s² (der genaue Wert beträgt 9,81 m/s², ermittelt z. B. durch Internetrecherche). D. h., ein fallender Körper erreicht nach 2 s die Geschwindigkeit 20 m/s und nach 2,8 s den Wert 28 m/s ≈ 100 km/h.

(S.70) **Methode** Mathematisieren

Berechnen der Beschleunigung

Lernziele Die SuS verwenden Größen und Einheiten und führen erforderliche Umrechnungen durch. SuS sollen das Mathematisieren von Messwerten bis hin zu einer Formeldarstellung erfahren.

Begriffe Geschwindigkeit, Beschleunigung

Hinweise/Kommentar Ausgehend von der historischen Untersuchung einer beschleunigten Bewegung an der Fallrinne Galileis, soll der Versuch nachgestellt und die Messwerte mit einem fotografischen Messsystem erfasst werden. Das System liefert *t-s*- und *t-v*-Diagramme. Da die *t-v*-Diagramme Geraden durch (0 s|0 m/s) darstellen, liegen konstant beschleunigte Bewegungen vor. Die Beschleunigungen a können direkt über Steigungsdreiecke bestimmt werden.

Material Animationen/Simulationen:
– Beschleunigte Bewegung (me_s1_si_003)

Lösungen der Aufgaben

A1 ○ Es wird angenommen, dass der Radfahrer mit konstanter Beschleunigung anfährt? Damit kann der berechnete Wert nur ein Mittelwert sein. Er liefert einen guten Anhaltspunkt für die Möglichkeiten eines Radfahrers.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{15\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{3\,\text{s} - 0\,\text{s}} = \frac{4{,}2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{3\,\text{s}} = 1{,}4\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

A2 ● Diese Aufgabe ist heute leicht mit einem Handy zu lösen. Man filmt das Anfahren einer Straßenbahn an der Haltestelle oder ein Auto beim Anfahren an der Ampel. Wichtig ist eine Vergleichsstrecke zu markieren oder zu messen. Man muss darauf achten, dass die Kamera beim Anfahren nicht bewegt wird. Bei der Wiedergabe kann man dann die angezeigte Zeit sehen und muss die zurückgelegte Strecke bestimmen und entsprechend umrechnen.

(S.71) **Exkurs**

Brems- und Anhalteweg

Lernziele Die SuS erkennen die Nützlichkeit des erlernten Wissens über beschleunigte Bewegungen und Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit für Situationen im Straßenverkehr.

Begriffe Geschwindigkeit, Beschleunigung

Hinweise/Kommentar Dieser Exkurs bietet eine reine Information. Die Schülerinnen und Schüler können nachlesen, wie Anhaltewege abgeschätzt werden können und erfahren die die Bedeutung der ständigen Aufmerksamkeit in dem heutigen Straßenverkehr. Der der Sachverhalt auf dieser Alterstufe zwar nachvollziehbar aber nicht eigenständig erarbeitbar ist, werden alle Überlegungen vorgerechnet. Gleichzeitig bietet dieses Wissen eine nützliche Basis für das Verständnis physikalischer Bewegungsvorgänge.

Material Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
– Brems- und Anhalteweg (me_s1_ab_009)

Animationen/Simulationen:
– Anhalteweg (me_s1_si_004)

Lösungen der Aufgaben

A1 ○ Der Anhalteweg wird bestimmt durch die Reaktionszeit und damit den Fahrer, durch den Zustand der Bremsen, der Reifen und der Fahrbahn. So können Müdigkeit des Fahrers, ein nicht richtig entlüftetes Bremssystem, abgefahrene Reifen oder eine nasse Fahrbahn den Anhalteweg deutlich verlängern.

A2 ● Es wird eine Reaktionszeit von 1,2 s angenommen. Dies ergibt mit der Ansprechzeit von 0,2 s eine ungebremste Fahrstrecke von $\Delta s = 27{,}8\,\text{m/s} \cdot 1{,}4\,\text{s} = 38{,}9\,\text{m}$. Der Bremsweg beträgt laut Tabelle 42,9 m, somit ergibt sich ein Anhalteweg von 81,8 m. Die Geschwindigkeit müsste in dieser Situation deutlich niedriger liegen, die Fahrsituation des Nebels erfordert die volle Aufmerksamkeit.

(S.73) **Rückblick** **Lösungen der Teste-dich-selbst-Aufgaben**

Fachwissen
wahr: 2, 4, 6, 9
falsch: 1, 3, 5, 7, 8

Kommunikation
LANGSAM, GLEICHFOERMIG, GESCHWINDIGKEIT, URSPRUNGSGERADE, BEWEGUNG, BESCHLEUNIGT, GERADLINIG
Lösungswort: SCHNELL

Erkenntnisgewinnung
1 d), 2 b) c), 3 b) c), 4 d), 5 b) c)

Bewertung
Ja: 1, 3, 4
Nein: 2, 5 (man sieht nur, wann der LKW gestanden hat)

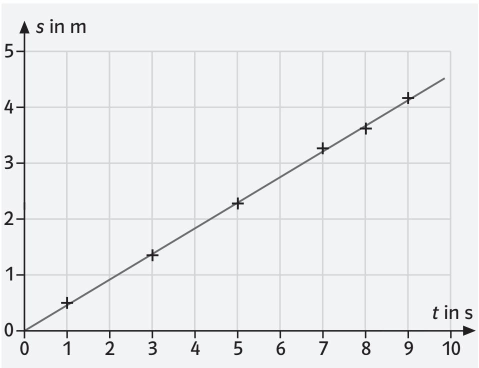
(S.74) **Rückblick** **Lösungen der Trainingsaufgaben**

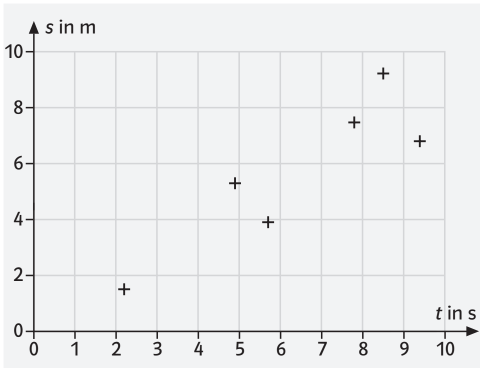
A1 ◒ **links oben:** Ausgleichsgerade möglich. Begründung: kleine Abweichungen von der Proportionalität sind Messungenauigkeiten. Steigung: $v = 0{,}46\,\text{m/s}$

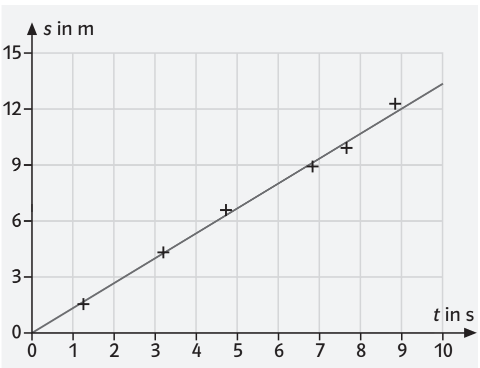
links unten: Ausgleichsgerade möglich. Begründung: s.o. Steigung: $v = 1{,}33\,\text{m/s}$

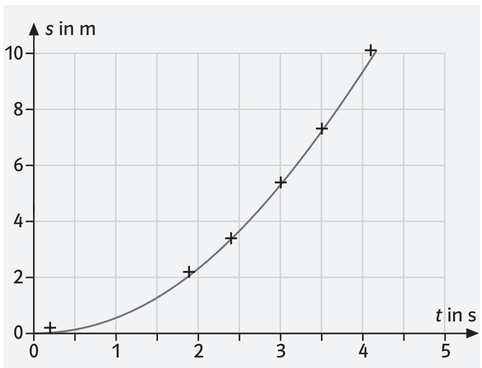
rechts oben: Keine Ausgleichsgerade möglich. Begründung: keine Systematik erkennbar; gravierende systematische Fehler oder ungleichförmige Bewegung

rechts unten: Keine Ausgleichsgerade möglich. Begründung: der zurückgelegte Weg pro Zeitabschnitt steigt mit der Zeit; vermutlich gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Parabelform

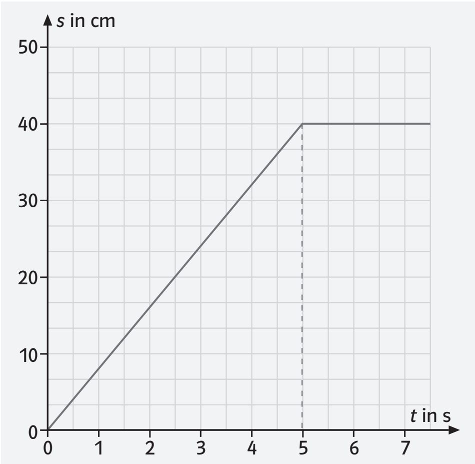








A2 ○ *t*-*s*-Diagramm:



A3 ◒ **a)** $3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{3{,}6 \cdot 1000\,\text{m}}{3600\,\text{s}} = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

b) $54\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{54\,000\,\text{m}}{3600\,\text{s}} = 15\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ $\left(81\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 22{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

c) $20\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 20 \cdot 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 20 \cdot 3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 72\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ $\left(30\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 30 \cdot 3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 108\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)$

A4 ○ $\Delta s = v \cdot \Delta t = \frac{108\,\text{km} \cdot 10\,\text{s}}{\text{h}} = \frac{108 \cdot 1000\,\text{m} \cdot 10{,}0\,\text{s}}{3600\,\text{s}} = 300\,\text{m}$

A5 ○ $\Delta s = v \cdot \Delta t = 340\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3\,\text{s} = 1020\,\text{m} \approx 1\,\text{km}$

A6 ◒ Der Abstand der beiden Kontakte bildet eine feste Entfernung Δs. Beim Überfahren des ersten Kontakts wird eine Stoppuhr gestartet und beim zweiten Kontakt wieder angehalten. Mit $v = \Delta s / \Delta t$ kann dann, bei angenommener gleichförmiger Bewegung, die Geschwindigkeit berechnet werden.

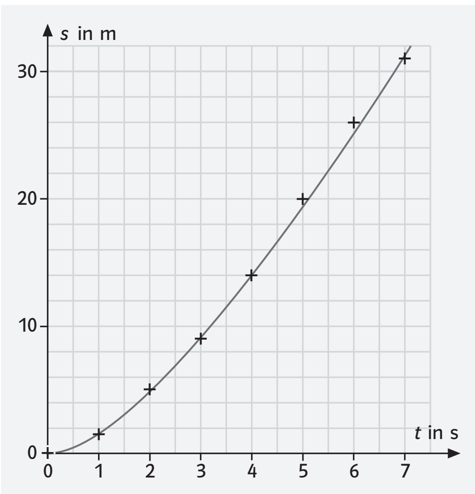
A7 ● Fahrzeit bei konstanter Geschwindigkeit: $\Delta t = \frac{\Delta s}{v}$

$\Delta t_1 = \frac{\Delta s}{v_1} = \frac{4\,\text{km}}{100\,\text{km/h}} = 0{,}04\,\text{h} = 144\,\text{s} = 2\,\text{min}\ 24\,\text{s}$

$\Delta t_2 = \frac{\Delta s}{v_2} = \frac{4\,\text{km}}{120\,\text{km/h}} = 0{,}03\,\text{h} = 120\,\text{s} = 2\,\text{min}$

Die Zeitersparnis beträgt 24 s.

A8 ◒ **a)** Siehe Diagramm



b) Im Bereich von $t = 3{,}0\,\text{s}$ bis $t = 7{,}0\,\text{s}$ liegen die Messpunkte recht gut auf einer Geraden, die Geschwindigkeit ist dort konstant.

c) $v_{0\,\text{m} \to 5\,\text{m}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{5{,}0\,\text{m}}{2{,}0\,\text{s}} = 2{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

$v_{14\,\text{m} \to 26\,\text{m}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{12\,\text{m}}{2{,}0\,\text{s}} = 6{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

A9 ● **a)** 100 m
b) Bremsweg: zurückgelegter Weg bei Wirkung der Bremsen
Anhalteweg: Bremsweg plus während der Reaktionszeit (inklusive Ansprechzeit der Bremsen) zurückgelegter Weg
Bei einer Reaktionszeit von 0,8 s bis 1,0 s legt das Auto zwischen
$\Delta s = v \cdot \Delta t = 100\,\text{km/h} \cdot 0{,}8\,\text{s} = 27{,}78\,\text{m/s} \cdot 0{,}8\,\text{s} = 22{,}22\,\text{m}$ und
$\Delta s = v \cdot \Delta t = 100\,\text{km/h} \cdot 1{,}0\,\text{s} = 27{,}78\,\text{m/s} \cdot 1{,}0\,\text{s} = 27{,}78\,\text{m}$ zurück.
Der eigentliche Bremsweg beträgt in diesem Fall also $100\,\text{m} - 22{,}22\,\text{m} = 77{,}78\,\text{m}$ bzw.
$100\,\text{m} - 27{,}78\,\text{m} = 72{,}22\,\text{m}$
c) Moderne Pkw haben aus 100 km/h einen Bremsweg von unter 40 m. Gründe: bessere Bremsanlagen (mit ABS usw.), bessere Reifen mit höherer Haftreibung beim Bremsen.

A10 ◒ **1. Abschnitt:** gleichmäßig beschleunigte Bewegung von 0 km/h auf 100 km/h innerhalb von 60 s.

$$a = \frac{100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{60\,\text{s}} = \frac{27{,}78\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{60\,\text{s}} = 0{,}463\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

2. Abschnitt: gleichförmige Bewegung für 3 min bei 100 km/h
3. Abschnitt: gleichmäßige Beschleunigung innerhalb von 150 s von 100 km/h auf 200 km/h
4. Abschnitt: gleichmäßiges Bremsen auf 50 km/h innerhalb von 90 s
danach: gleichförmige Bewegung