Aufgabensammlung Physik 9/10

ZPG-Physik
StD Thomas Mühl

Inhaltsverzeichnis

Methode: Lösen von Textaufgaben

1. Lies die Aufgabe durch.	„Ein Autofahrer fährt 504 km weit mit der Durchschnittsgeschwindigkeit 90 km/h. Er macht zusätzlich insgesamt 24 min Pause. Wie lange ist er unterwegs?“
2. Schreibe zuerst alle Angaben mit Einheiten heraus. Verwende dabei die zugehörigen Symbole. Forme die Einheiten passend um. Schreibe eventuell ein erklärendes Wort dazu. Eventuell kann auch eine Skizze helfen.	s = 504 km v = 90 km/h t_1 = 24 min = 0,4 h Pause
3. Verwende eine Überschrift, die angibt, was gerade berechnet wird.	<u>Berechnung der reinen Fahrzeit t_2</u>
4. Löse die Aufgabe nach folgender Strategie: a. Schreibe die Grundgleichung auf. b. Forme nach der gesuchten Größe um. c. Setze anschließend alle Zahlenwerte samt Einheiten ein und berechne das Ergebnis.	$s = v \cdot t_2$ $t_2 = \frac{s}{v} = \frac{504\ km}{90\ km/h} = 5{,}6\ h$
5. Müssen weitere Berechnungen durchgeführt werden, werden sie durch eine neue Überschrift gekennzeichnet und mit Hilfe der Lösungsstrategie berechnet.	<u>Berechnung der Gesamtdauer</u> $t = t_1 + t_2 = 6\ h$
6. Formuliere einen Antwortsatz.	Der Fahrer war insgesamt 6 h unterwegs.

Methode Lösungsstrategien

1. Lies den Text genau durch und schreibe alle (physikalischen) Größen mit Symbol und Einheit heraus.
   - **Achtung, manche Angaben sind „versteckt“!**
     Z.B. bedeutet „freier Fall“ oder „fällt frei“, dass die Beschleunigung 9,81 $\frac{m}{s^2}$ ist.
2. Welche Zusammenhänge (=Formeln) zwischen den physikalischen Größen kennst du, die zu dieser Situation passen? Schreibe sie gegebenenfalls auf einen Notizzettel.
   - **Achtung, nicht immer darf man eine Formel anwenden!**
     Z.B stellt sowohl $s = v \cdot t$ als auch $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ einen Zusammenhang zwischen Wegstrecke s und Zeit t dar. Die erste Formel gilt nur für gleichförmige Bewegungen, die zweite nur für gleichmäßig beschleunigte Bewegungen.

   Streiche alle Formeln, die nicht zur Aufgabenstellung passen.

3. Überlege dir, ob zur Lösung der Aufgabe Zwischenschritte notwendig sind!

Beispielaufgabe:
Ein Fahrzeug bremst innerhalb von 10 s von 100 $\frac{km}{h}$ auf 0 ab. Wie lange ist der Bremsweg (mindestens)?

Angaben
$t = 10\,s$; Endgeschwindigkeit $v = 100\,\frac{km}{h} \approx 28\,\frac{m}{s}$; Bremsweg s = ?

Formeln

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

2 Unbekannte, deshalb weitere Formel nötig

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

Lösung

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{28\frac{m}{s} - 0}{10\,s - 0} = 2{,}8\,\frac{m}{s^2}$$

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 2{,}8\frac{m}{s^2} \cdot (10s)^2 = 140\,m$$

Antwortsatz
Der Bremsweg beträgt mindestens 140 m.

Methode Umgang mit den Lösungen

1. Versuche immer zuerst eine eigene Lösung anzufertigen!
   - Vergleiche deine Lösung mit der vorgegebenen Lösung.
     - Ist diese richtig … PRIMA!
     - Ist diese falsch, versuche die vorgegebene Lösung nachzuvollziehen und notiere deinen Fehler! Jeder Lösungsschritt sollte dir klar sein. Wenn nicht, frage deinen Lehrer oder Lehrerin!
2. Fällt dir keine eigene Lösung ein, schaue in der vorgegebenen Lösung nach und versuche den Ansatz nachzuvollziehen. Versuche zu formulieren, wo dein Fehler oder Problem liegen könnte. Versuche nun mit dem Ansatz die Aufgabe zu lösen.
3. Wenn du auch die vorgegebene Lösung nicht nachvollziehen kannst, dann wende dich an deinen Lehrer oder seine Lehrerin!

Grundregeln elektrischer Schaltungen

Folgende inhaltsbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

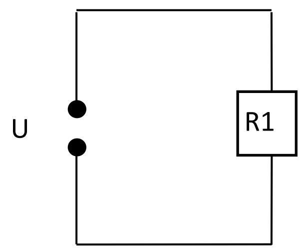
- in einfachen ***Reihenschaltungen*** und ***Parallelschaltungen*** Gesetzmäßigkeiten für ***Stromstärke*** und ***Spannung*** anwenden und erläutern
- den Zusammenhang zwischen ***Stromstärke*** und ***Spannung*** untersuchen und erläutern (***Widerstand***, $R = \frac{U}{I}$)
- die ***Reihenschaltung*** und ***Parallelschaltung*** zweier Widerstände untersuchen und beschreiben ($R_{ges} = R_1 + R_2, \frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$)

Folgende prozessbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

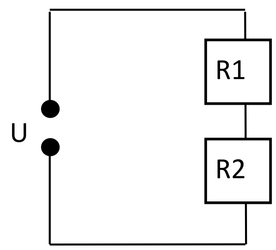
- **mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen**
- **funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel Ursache-Wirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln)**

Grundregeln elektrischer Schaltungen

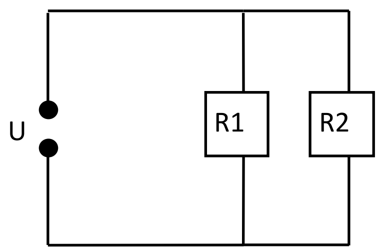
Aufgabe	Mittleres Niveau	
Die Spannung an der Quelle beträgt 6 V. Die Widerstände sind alle 10 Ω. Bezeichnungen I sei die Gesamtstromstärke, U die Spannung an der Quelle, R der Gesamtwiderstand, I1, I2, I3 die (Teil-)Stromstärken durch die einzelnen Widerstände. U1, U2, U3 die (Teilspannungen an den einzelnen Widerständen. a) Nenne anhand einer Skizze die Knotenregel und die Maschenregel. b) Bestimme für jede Schaltung für die entsprechenden Größen I, R, I1,…, U1… an.		
Aufgabe 1b	**Mittleres Niveau**	
Die Spannung an der Quelle sei U. R1 = 10 Ω, R2 = 20 Ω und R3 = 30 Ω Bezeichnungen I sei die Gesamtstromstärke, U die Spannung an der Quelle, R der Gesamtwiderstand, I1, I2, I3 die (Teil-)Stromstärken durch die einzelnen Widerstände. U1, U2, U3 die (Teilspannungen an den einzelnen Widerständen. a) Nenne anhand einer Skizze die Knotenregel und die Maschenregel. b) Bestimme für jede Schaltung für die entsprechenden Größen I, R, I1,…, U1… an.		



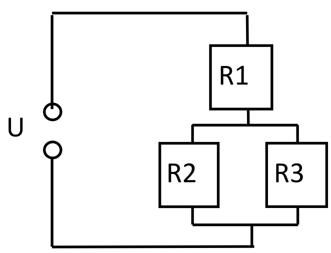
Schaltung 1



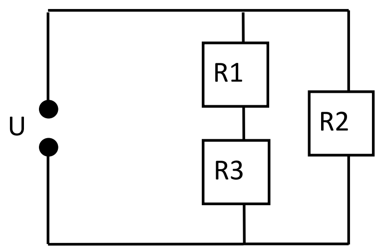
Schaltung 2



Schaltung 3



Schaltung 4



Schaltung 5

Lösung Aufgabe 1 a

Schaltung 1

$$\boldsymbol{R = \frac{U}{I} \quad \Rightarrow \quad I = \frac{U}{R} = \frac{6V}{10\Omega} = 0,6\ A}$$

Schaltung 2 (Reihenschaltung aus R1 und R2, I = I1 = I2 =konstant)

R = R1 + R2 = 20 Ω

$$I = \frac{U}{R} = \frac{6V}{20\Omega} = 0{,}3\ \mathrm{A}$$
$$U_1 = R1 \cdot I = 10\Omega \cdot 0{,}3\ \mathrm{A} = 3\mathrm{V}$$
$$U_2 = R2 \cdot I = 10\Omega \cdot 0{,}3\ \mathrm{A} = 3\mathrm{V}$$

Schaltung 3 (Parallelschaltung aus R1 und R2, U = U1 = U2)

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} = \frac{2}{10\Omega} \quad \Rightarrow \quad R_{ges} = 5\Omega$$
$$I1 = \frac{U}{R1} = \frac{6V}{10\Omega} = 0{,}6\ \mathrm{A}$$
$$I2 = \frac{U}{R1} = \frac{6V}{10\Omega} = 0{,}6\ \mathrm{A}$$

$I = I1 + I2 = 1{,}2\ A$ oder $I = \frac{U}{R} = \frac{6V}{5\Omega} = 1{,}2\mathrm{A}$

Schaltung 4 (Reihenschaltung aus R1 und R23)

R = R1 + R23 =R1 + $\frac{1}{\frac{1}{R2}+\frac{1}{R3}} = 10\Omega + 5\Omega = 15\Omega$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{6V}{15\Omega} = 0{,}4\ \mathrm{A}$$
$$U_1 = R1 \cdot I = 10\Omega \cdot 0{,}4\ \mathrm{A} = 4\mathrm{V}$$
$$U_{23} = R23 \cdot I = 5\Omega \cdot 0{,}4\ \mathrm{A} = 2\mathrm{V}$$

Schaltung 5 ((Parallelschaltung aus R13 und R2, U = U13 = U2)

R13 = R1 + R3 = 20 Ω

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R13} + \frac{1}{R2} = \frac{1}{20\ \Omega} + \frac{1}{10\Omega} \quad \Rightarrow \quad R_{ges} = 6{,}7\Omega$$
$$I13 = \frac{U}{R13} = \frac{6V}{20\Omega} = 0{,}3\ \mathrm{A}$$
$$I2 = \frac{U}{R2} = \frac{6V}{10\Omega} = 0{,}6\ \mathrm{A}$$

$I = I1 + I2 = 0{,}9\ A$ oder $I = \frac{U}{R} = \frac{6V}{6{,}7\Omega} = 0{,}9\mathrm{A}$

Lösung Aufgabe 1 b
Schaltung 1

$$\boldsymbol{R = \frac{U}{I} \quad \Rightarrow \quad I = \frac{U}{R} = \frac{6V}{10\Omega} = 0,6\ \mathrm{A}}$$

Schaltung 2 (Reihenschaltung aus R1 und R2, I = I1 = I2 =konstant)

R = R1 + R2 = 30 Ω

$$I = \frac{U}{R} = \frac{6V}{30\Omega} = 0{,}2\ \mathrm{A}$$
$$U_1 = R1 \cdot I = 10\Omega \cdot 0{,}2\ \mathrm{A} = 2\mathrm{V}$$
$$U_2 = R2 \cdot I = 20\Omega \cdot 0{,}2\ \mathrm{A} = 4\mathrm{V}$$

Schaltung 3 (Parallelschaltung aus R1 und R2, U = U1 = U2)

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} = \frac{3}{20\Omega} \quad \Rightarrow \quad R_{ges} = 6{,}7\Omega$$
$$I1 = \frac{U}{R1} = \frac{6V}{10\Omega} = 0{,}6\ \mathrm{A}$$
$$I2 = \frac{U}{R1} = \frac{6V}{20\Omega} = 0{,}3\ \mathrm{A}$$

$I = I1 + I2 = 0{,}9\ A$ oder $I = \frac{U}{R} = \frac{6V}{6{,}7\Omega} = 0{,}9\mathrm{A}$

Schaltung 4 (Reihenschaltung aus R1 und R23)

R = R1 + R23 =R1 + $\frac{1}{\frac{1}{R2}+\frac{1}{R3}} = 10\Omega + 12\Omega = 22\Omega$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{6V}{22\Omega} = 0{,}27\ \mathrm{A}$$
$$U_1 = R1 \cdot I = 10\Omega \cdot 0{,}27\ \mathrm{A} = 2{,}7\mathrm{V}$$
$$U_{23} = R23 \cdot I = 12\Omega \cdot 0{,}27\ \mathrm{A} = 3{,}2\mathrm{V}$$

Schaltung 5 ((Parallelschaltung aus R13 und R2, U = U13 = U2)

R13 = R1 + R3 = 40 Ω

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R13} + \frac{1}{R2} = \frac{1}{40\ \Omega} + \frac{1}{20\Omega} \quad \Rightarrow \quad R_{ges} \approx 13\Omega$$
$$I13 = \frac{U}{R13} = \frac{6V}{30\Omega} = 0{,}2\ \mathrm{A}$$
$$I2 = \frac{U}{R2} = \frac{6V}{20\Omega} = 0{,}3\ \mathrm{A}$$

$I = I1 + I2 = 0{,}5\ A$ oder $I = \frac{U}{R} = \frac{6V}{13\Omega} = 0{,}46A$ A

Elektrische Schaltungen

Folgende inhaltsbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- in einfachen ***Reihenschaltungen*** und ***Parallelschaltungen*** Gesetzmäßigkeiten für ***Stromstärke*** und ***Spannung*** anwenden und erläutern
- den Zusammenhang zwischen ***Stromstärke*** und ***Spannung*** untersuchen und erläutern (***Widerstand***, $R = \frac{U}{I}$)
- die ***Reihenschaltung*** und ***Parallelschaltung*** zweier Widerstände untersuchen und beschreiben ($R_{ges} = R_1 + R_2, \frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$)

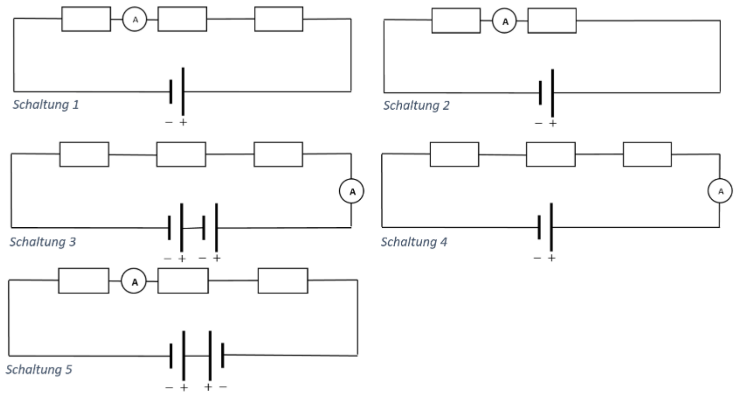
Folgende prozessbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- **mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen**
- **funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel Ursache-Wirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln)**

Elektrische Schaltungen

Aufgabe 1	Mittleres Niveau	

Alle Widerstände und Batterien sind baugleich.
Ordne die Schaltungen nach der Größe der elektrischen Stromstärke. Begründe deine Reihenfolge.

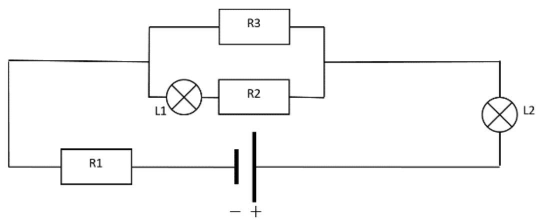


Aufgabe 2	Mittleres Niveau	

Alle Widerstände und Lämpchen sind baugleich.
Vergleiche die Helligkeit der Lämpchen (heller, dunkler, gleich) in der jeweiligen Schaltung.

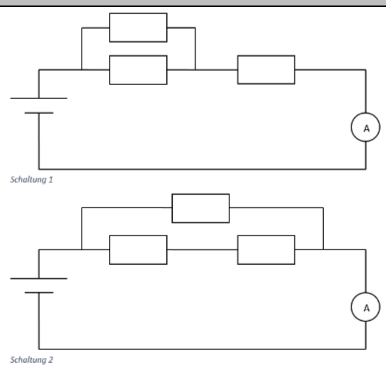
(1) in der abgebildeten Schaltung.
(2) wenn R3 entfernt wird. (Eine Lücke entsteht.)
(3) wenn R2 entfernt wird. (Eine Lücke entsteht. R3 wieder eingebaut.)
(4) wenn R2 nun durch ein Kabel ersetzt wird
(5) wenn R1 entfernt wird. (Eine Lücke entsteht.)
(6) In welcher Schaltung von (1) bis (6) leuchtet L2 am hellsten?

Begründe jeweils deine Antwort.



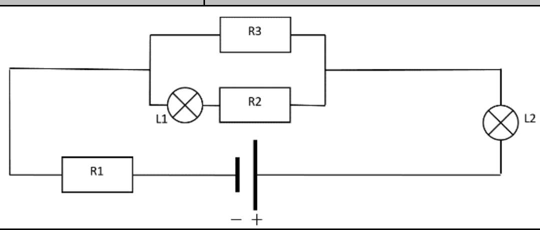
Aufgabe 3	Hohes Niveau	

Alle Widerstände und Batterien sind baugleich.
Ordne die Schaltungen nach der Größe der elektrischen Stromstärke. Begründe deine Reihenfolge.



Aufgabe 4	Hohes Niveau	

Vor den Widerstand R3 wird ein weiterer baugleicher Widerstand eingebaut.
Wie wirkt sich dieser Einbau auf die Helligkeit der Lämpchen aus?
Begründe deine Antwort.



Lösung Aufgabe 1
Von klein nach groß geordnet: Schaltung 5: Batterien sind gegeneinander geschaltet ⇒ U = 0 ⇒ $I_5 = 0$ Schaltung 1,4: $I_{1,4} = \frac{U}{3 \cdot R}$ Schaltung 2: $I_2 = \frac{U}{2 \cdot R} > \frac{U}{3 \cdot R} = I_{1,4}$ Schaltung 3: $I_3 = \frac{2 \cdot U}{3 \cdot R} > \frac{U}{2 \cdot R} = I_2$

Lösung Aufgabe 2
(1) L2 heller, da die Stromstärke durch L2 größer ist (nach der Knotenregel) (2) Gleich hell, da die Stromstärke in einer Reihenschaltung überall gleich ist. (3) L2 heller, da L1 nicht leuchtet. (4) L2 heller (siehe 1) (5) Es leuchten beide nicht, da der Stromkreis unterbrochen ist. (6) In (4), denn durch L1 fließt ein größerer Strom als in (1) und damit auch ein größerer Strom durch L2.

Lösung Aufgabe 3
Gesamtwiderstand Schaltung 1 Reihenschaltung von $R_{ges} = \frac{1}{\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R}\right)} + R = \frac{1}{2}R + R = \frac{3}{2}R$ Gesamtwiderstand Schaltung 2 Parallelschaltung von $\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R+R} = \frac{3}{2R} \quad \Rightarrow \quad R_{ges} = \frac{2}{3}R$ ⇒ Bei gleicher Spannung an der Quelle ist aufgrund des kleineren Widerstandes in Schaltung 2 die Stromstärke größer.

Lösung Aufgabe 4
➢ Der Widerstand in dem „parallelen Teil“ wird größer. ➢ Dadurch fällt an dem „parallelen Teil“ eine größere Spannung ab. ➢ Dadurch liegt an L1 eine höhere Spannung L1 wird heller. ➢ Am L2 liegt nun eine kleinere Spannung an. Dadurch wird L2 dunkler, leuchtet aber immer noch heller als L1. Je größer der eingebaute Widerstand ist, desto größer wird die Stromstärke durch L1. Im Extremfall ($R \rightarrow \infty$) fließt durch den „oberen“ Teil kein Strom mehr, so dass die Stromstärken durch L1 und L2 gleich sind.

Elektrische Energieströme

Folgende inhaltsbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- **mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen**
- **funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto"-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel Ursache-Wirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln)**

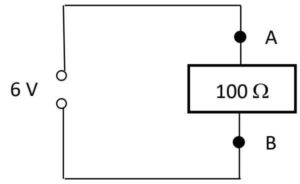
Folgende prozessbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- in einfachen **Reihenschaltungen** und **Parallelschaltungen** Gesetzmäßigkeiten für die **Stromstärke** und die **Spannung** beschreiben (Maschenregel, Knotenregel)
- den Energietransport im elektrischen Stromkreis und den Zusammenhang zwischen **Stromstärke**, **Spannung**, **Leistung** und **Energie** beschreiben ($\mathrm{P} = \mathrm{UI}$)
- in einfachen ***Reihenschaltungen*** und ***Parallelschaltungen*** Gesetzmäßigkeiten für ***Stromstärke*** und ***Spannung*** anwenden und erläutern
- den Zusammenhang zwischen ***Stromstärke*** und ***Spannung*** untersuchen und erläutern (***Widerstand***, $R = \frac{U}{I}$)
- die ***Reihenschaltung*** und ***Parallelschaltung*** zweier Widerstände untersuchen und beschreiben ($R_{ges} = R_1 + R_2, \frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$)

Elektrische Energieströme

Aufgabe 1	Standard-Niveau	

a) Berechne die Stromstärke I im Stromkreis.
b) Berechne die elektrische P der Quelle.



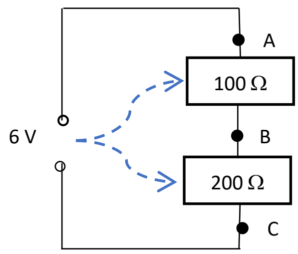
Aufgabe 2	Standard-Niveau	

Ein Lämpchen mit der Aufschrift 2,4 W/0,6 A soll entsprechend dieser Herstellerangaben betrieben werden.
a) Welche Spannung muss am Netzgerät einstellen?
b) Wie groß ist der Widerstand des Lämpchens bei diesem Betrieb?

Aufgabe 3	Mittleres Niveau	

a) Bestimme den Gesamtwiderstand der Schaltung.
b) Bestimme die Gesamtstromstärke in diesem Stromkreis.
c) Bestimme U_{AB}, U_{BC} und U_{AB}.
d) Bestimme die Leistung
- der Quelle.
- des 100 Ω - Widerstands
- des 200 Ω - Widerstands

e) Vervollständige die Sätze
„Je ________________ der Widerstand in einer Reihenschaltung ist, desto ____________ ist die Leistung.“
„Je ________________ der Widerstand in einer Reihenschaltung ist, desto ____________ Energie strömt von der Quelle zu diesem Widerstand.“

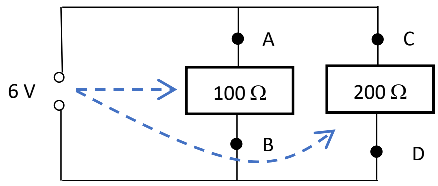


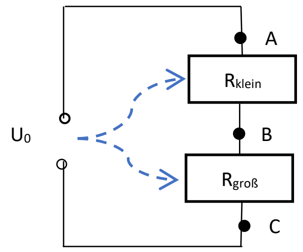
Aufgabe 4	Mittleres Niveau	

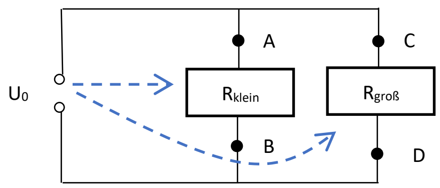
a) Bestimme U_{AB}, U_{CD}.
b) Bestimme
- die Stromstärke durch den 100 Ω - Widerstand
- die Stromstärke durch den 200 Ω - Widerstand
- die Gesamtstromstärke in diesem Stromkreis.

c) Bestimme die Leistung
- der Quelle.
- des 100 Ω - Widerstands
- des 200 Ω - Widerstands

d) Vervollständige die Sätze
„Je ________________ der Widerstand in einer Parallelschaltung ist, desto ____________ ist die Leistung.“
„Je ________________ der Widerstand in einer Parallelschaltung ist, desto ____________ Energie strömt von der Quelle zu diesem Widerstand.“



Aufgabe 5	Hohes Niveau	
Zeige, dass in einer Reihenschaltung der größere Widerstand die größere Leistung hat, d.h. dass mehr Energie von der Quelle zum großen Widerstand fließt.		

Aufgabe 6	Hohes Niveau	
Zeige, dass in einer Parallelschaltung der größere Widerstand die kleinere Leistung hat, d.h. dass weniger Energie von der Quelle zum großen Widerstand fließt.		

Lösung Aufgabe 1

a) $U = R \cdot I \quad \Rightarrow \quad I = \frac{U}{R} = \frac{6\,V}{100\,\Omega} = 0{,}06\,A$

b) $P = U \cdot I = 100\,y\Omega \cdot 0{,}06\,A = 6\,\mathrm{W}$

Lösung Aufgabe 2

a) $P = U \cdot I \quad \Rightarrow \quad U = \frac{P}{I} = 4\,V$

b) $R = \frac{U}{I} = 6{,}7\,\Omega$

Lösung Aufgabe 3

a) R_{ges} = 300 Ω

b) $I = \frac{U}{R} = 0{,}02\,A$

c) $U_{AB} = 100\,\Omega \cdot 0{,}02\mathrm{A} = 2\mathrm{V}$ U_{BC} = 4 V, U_{AC} = 6 V

d) $P_{Quelle} = 6\,V \cdot 0{,}02\,A = 0{,}12\,W$

$P_{100\,\Omega} = 0{,}04\,\mathrm{W}$

$P_{200\,\Omega} = 0{,}08\,\mathrm{W}$

e) „Je ***größer*** der Widerstand in einer Reihenschaltung ist, desto ***größer*** ist die Leistung.“

„Je ***größer*** der Widerstand in einer Reihenschaltung ist, desto ***mehr*** Energie strömt von der Quelle zu diesem Widerstand.“

Lösung Aufgabe 4

a) U_{AB} = 6 V U_{CD} = 6 V

b) $I_{100\,\Omega} = \frac{U}{R} = 0{,}06\,A$

$I_{200\,\Omega} = 0{,}03\,A$

$I_{\mathrm{ges}} = 0{,}09\,A$

c) $P_{Quelle} = 6\,V \cdot 0{,}09\,A = 0{,}54\,W$

$P_{100\,\Omega} = 0{,}36\,\mathrm{W}$

$P_{200\,\Omega} = 0{,}18\,\mathrm{W}$

d) „Je ***größer*** der Widerstand in einer Reihenschaltung ist, desto ***kleiner*** ist die Leistung.“

„Je ***größer*** der Widerstand in einer Reihenschaltung ist, desto ***weniger*** Energie strömt von der Quelle zu diesem Widerstand.“

Lösung Aufgabe 4

Bei einer Reihenschaltung fällt am größeren Widerstand $R_{groß}$ die größere Spannung $U_{groß}$ ab. Da die Stromstärke gleich ist, ist auch die Leistung $P = U_{groß} \cdot I$ groß.

Lösung Aufgabe 6

Bei einer Parallelschaltung fließt durch den größeren Widerstand $R_{groß}$ ein elektrischer Strom mit kleinerer Stromstärke I_{klein}. Da die Spannung gleich ist, ist auch die Leistung $P = U \cdot I_{klein}$ klein.

U-I-Kennlinie

Folgende inhaltsbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- in einfachen Reihenschaltungen und Parallelschaltungen Gesetzmäßigkeiten für Stromstärke und Spannung anwenden und erläutern
- den Zusammenhang zwischen Stromstärke und Spannung untersuchen und erläutern (Widerstand, R =U I)
- Kennlinien experimentell aufzeichnen und interpretieren (zum Beispiel Eisendraht, Graphit, technischer Widerstand) sowie die Abhängigkeit des Widerstandes von Länge, Querschnitt und Material beschreiben
- die Reihenschaltung und Parallelschaltung zweier Widerstände untersuchen und beschreiben (Formeln)

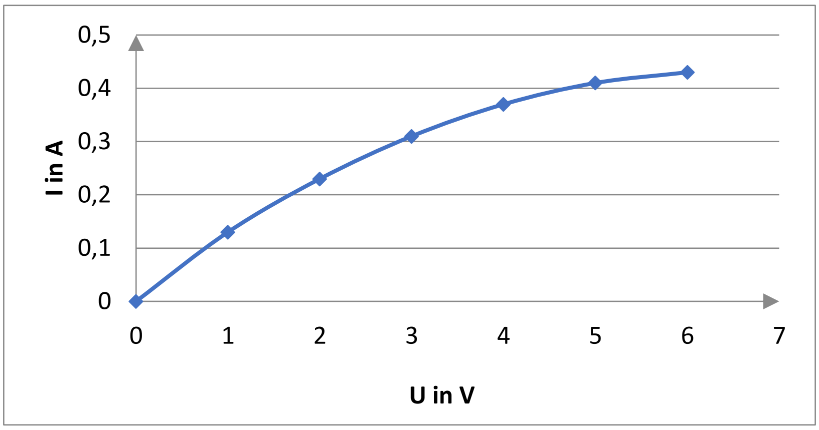
Folgende prozessbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- Sachinformationen und Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen (zum Beispiel Tabelle, Diagramm, Text, Formel)

U-I-Kennlinie (Standard-Niveau)

Die abgebildete Messwertetabelle mit zugehörigen Diagramm stellen die Auswertung der Aufnahme einer U-I-Kennlinie eines Glühlämpchens dar:

U in V	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
I in A	0,13	0,23	0,31	0,37	0,41	0,43



a) Bestimme anhand der Messwertepaare, ob der Widerstand dieses Glühlämpchens mit steigender Spannung
   - gleich bleibt.
   - größer wird.
   - kleiner wird.

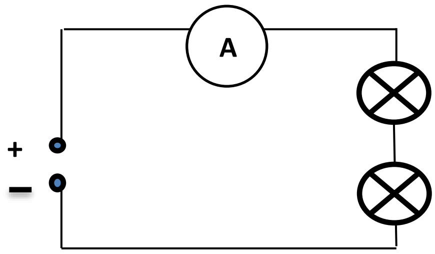
b) Begründe mit dem Schaubild, ob der Widerstand dieses Glühlämpchens mit steigender Spannung
   - gleich bleibt.
   - größer wird.
   - kleiner wird.

c) Das Lämpchen wird mit einer 4,5 V-Batterie betrieben. Welche Stromstärke kann man messen?

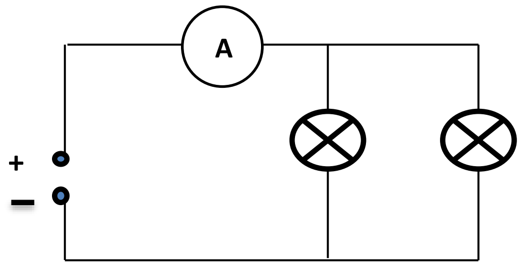
d) Auf dem Lämpchen stehen die Angaben 6 V/ 2,4 W. Werden diese Angaben durch die Messung bestätigt?

e) Zwei Lämpchen dieser Baureihe werden in Reihe geschaltet. Die Spannung am Netzgerät beträgt 6 V. Welche Stromstärke zeigt das Amperemeter (ungefähr) an:
   - 0,43 A
   - 0,215 A
   - 0,31 A

   Begründe deine Antwort.



f) Zwei Lämpchen dieser Baureihe werden parallelgeschaltet. Die Spannung am Netzgerät beträgt 6 V. Welche Stromstärke zeigt das Amperemeter (ungefähr) an? Begründe deine Antwort.



Lösung Aufgabe a

U in V	1	2	3	4	5	6
I in A	0,13	0,23	0,31	0,37	0,41	0,43
R=U/I in Ω	7,7	8,7	9,7	10,8	12,2	14,0

Der Widerstand nimmt zu.

Lösung Aufgabe b

Mit steigender Spannung steigt die Stromstärke immer weniger stark an. D.h. , dass mit eine Ursprungsgerade.]steigender Spannung der Widerstand zunimmt. [Wäre der konstant, wäre das Schaubild Widerstand

Lösung Aufgabe c

Aus dem Schaubild kann man (ungefähr) ablesen (4,5 V; 0,38 A).

$R = \frac{4{,}5\ V}{0{,}38\ A} = 11{,}8\ \Omega$

Lösung Aufgabe d

$I = \frac{2{,}4\ W}{6\ V} = 0{,}4\ A$

Die Kennlinie liefert für U = 6 V eine Stromstärke von 0,43 A. Die Angabe wird ungefähr bestätigt. Zumal man die Spannung an der Quelle nicht genau einstellen kann.

Lösung Aufgabe e

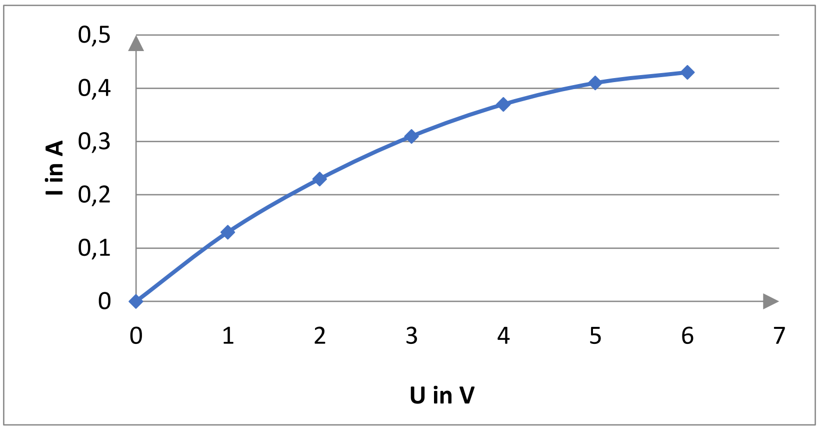
Bei einer Reihenschaltung zweier baugleicher Lämpchen liegt an jedem Lämpchen der halbe Spannungswert der Quelle an (Maschenregel), also 3 V. Deshalb fließt durch die Lämpchen ein Strom der Stärke 0,31 A (siehe Kennlinie).

Lösung Aufgabe f

Bei einer Parallelschaltung liegt an jedem Lämpchen die Spannung an der Quelle an, also 6 V. Deshalb fließt durch jedes Lämpchen ein Strom der Stärke 0,43 A. Das Messgerät zeigt eine Stromstärke von 0,86 A an.

U-I-Kennlinie (mittleres Niveau)

U in V	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
I in A	0,13	0,23	0,31	0,37	0,41	0,43



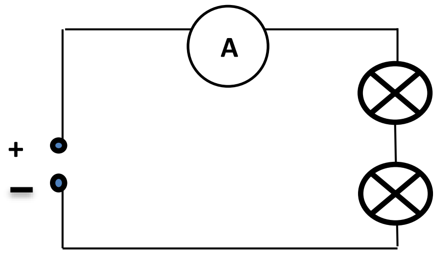
Die abgebildete Messwertetabelle mit zugehörigen Diagramm stellen die Auswertung der Aufnahme einer U-I-Kennlinie eines Glühlämpchens dar:

a) Skizziere einen geeigneten Versuchsaufbau.

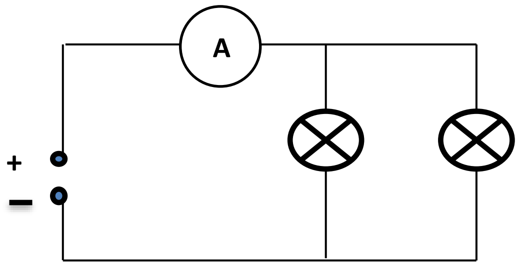
b) Mache eine Aussage über den Widerstand des Glühlämpchens. Begründe deine Antwort..

c) Das Lämpchen wird mit einer Spannung von 6 V betrieben. Wie groß ist die Leistung des Lämpchens?

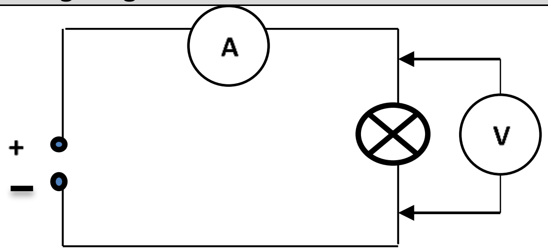
d) Zwei Lämpchen dieser Baureihe werden in Reihe geschaltet. Die Spannung am Netzgerät beträgt 6 V. Welche Stromstärke zeigt das Amperemeter (ungefähr) an?
Begründe deine Antwort.



e) Zwei Lämpchen dieser Baureihe werden parallelgeschaltet. Die Spannung am Netzgerät beträgt 6 V. Welche Stromstärke zeigt das Amperemeter (ungefähr) an? Begründe deine Antwort.



Lösung Aufgabe a



Lösung Aufgabe b

Mit steigender Spannung steigt die Stromstärke immer weniger stark an. D.h. , dass mit steigender Spannung der Widerstand zunimmt. [Wäre der Widerstand konstant, wäre das Schaubild eine Ursprungsgerade.]

Oder:

U in V	1	2	3	4	5	6
I in A	0,13	0,23	0,31	0,37	0,41	0,43
R=U/I in Ω	7,7	8,7	9,7	10,8	12,2	14,0

Der Widerstand nimmt zu.

Lösung Aufgabe c

$$P = U \cdot I = 6\,V \cdot 0{,}43\,A \approx 2{,}6\,W$$

Lösung Aufgabe d

Bei einer Reihenschaltung zweier baugleicher Lämpchen liegt an jedem Lämpchen der halbe Spannungswert der Quelle an (Maschenregel), also 3 V. Deshalb fließt durch die Lämpchen ein Strom der Stärke 0,31 A (siehe Kennlinie).

Lösung Aufgabe e

Bei einer Parallelschaltung liegt an jedem Lämpchen die Spannung an der Quelle an, also 6 V. Deshalb fließt durch jedes Lämpchen ein Strom der Stärke 0,43 A. Das Messgerät zeigt eine Stromstärke von 0,86 A an.

Bewegungen 1

Folgende inhaltsbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- **mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen und überprüfen**
- **mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen**
- **sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen unter Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen austauschen (unter anderem Unterscheidung von Größe und Einheit, Nutzung von Präfixen und Normdarstellung)**
- **Sachinformationen und Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen (zum Beispiel Tabelle, Diagramm, Text, Formel)**

Folgende prozessbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- Bewegungen verbal und mithilfe von Diagrammen beschreiben und klassifizieren (***Zeitpunkt, Ort,*** Richtung, Form der Bahn, ***Geschwindigkeit***, gleichförmige und beschleunigte Bewegungen)
- Bewegungsdiagramme erstellen und interpretieren (***s-t-Diagramm***, Richtung der Bewegung)
- die Quotientenbildung aus ***Strecke*** und ***Zeitspanne*** bei der Berechnung der ***Geschwindigkeit*** erläutern und anwenden ($v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$)
- die ***Geschwindigkeit*** als Änderungsrate des *Ortes* ($v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$) und die *Beschleunigung* als Änderungsrate der ***Geschwindigkeit*** ($a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$) erklären und berechnen
- geradlinig gleichförmige ($s(t) = vt$, v = konstant) sowie geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegungen ($s(t) = \frac{1}{2}at^2$,$v(t) = at$, a = konstant) verbal und rechnerisch beschreiben (***Zeitpunkt***, ***Ort***, ***Geschwindigkeit***, ***Beschleunigung***)
- aus einem vorgegebenen Bewegungsdiagramm die jeweils anderen Bewegungsdiagramme ableiten (an eine quantitative Ableitung von ***s-t-Diagrammen*** aus ***a-t-Diagrammen*** ist nicht gedacht)

Bewegungen 1

Schaubild 1

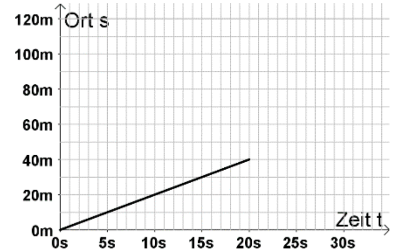


Schaubild 2

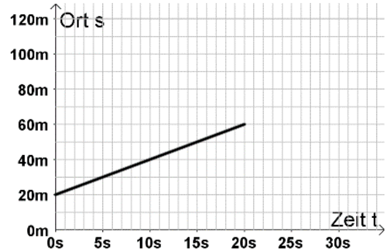


Schaubild 3

Schaubild 4

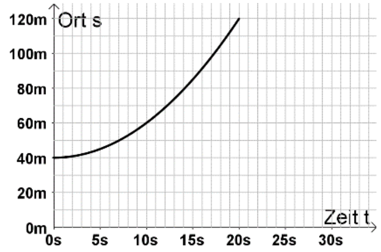


Schaubild 5

Schaubild 6

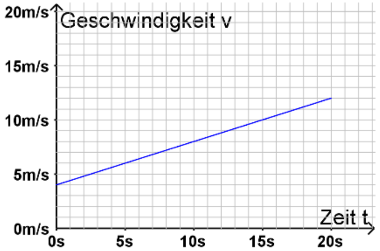


Schaubild 7

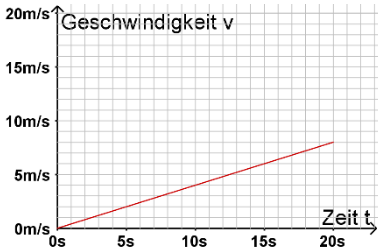


Schaubild 8

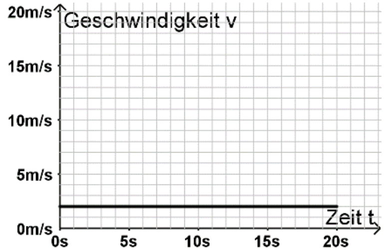


Schaubild 9

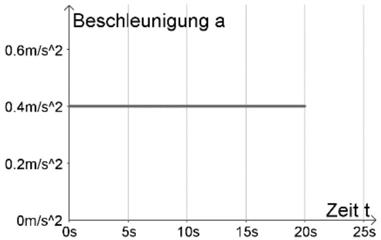


Schaubild 10

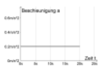


Schaubild 11

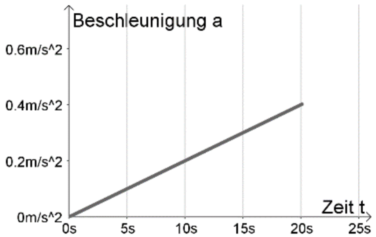
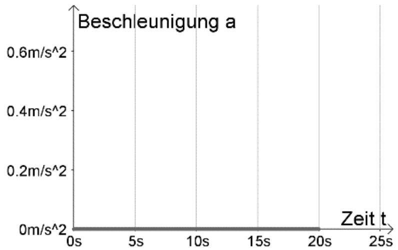


Schaubild 12



Aufgabe 1	**Mittleres Niveau**	
Welche Schaubilder gehören zusammen? Begründe deine Auswahl.		

Aufgabe 2	**Mittleres Niveau**	
Zu einem s-t-Diagramm fehlt ein anderes Diagramm. Welches? Skizziere es.		

Aufgabe 3	**Mittleres Niveau**	
Die Bewegungen, die in den s-t-Diagrammen 1 und 3 dargestellt sind, beginnen zur gleichen Zeit t_0 = 0s und können im gleichen Koordinatensystem dargestellt werden. ▪ Zu welchem Zeitpunkt und an welchem Ort treffen sich die beiden Personen.		

Aufgabe 4	**Mittleres Niveau**	
a) Bestimme die Bewegungsgleichungen für alle s-t-Diagramme. b) Bestimme die Bewegungsgleichungen für alle v-t-Diagramme.		

Aufgabe 5	**Mittleres Niveau**	
Bestimme aus dem v-t-Diagramm 1 die zurückgelegte Wegstrecke.		

Lösung Aufgabe 1

Schaubild 1, 8 und 12:

- Gleichförmige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit (Steigung im s-t-Diagramm) v = 0,2 m/s.
- Beschleunigung = 0, da konstante Geschwindigkeit.

Schaubild 2, 8 und 12:

- Gleichförmige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit (Steigung im s-t-Diagramm) v = 0,2 m/s.
- Beschleunigung = 0, da konstante Geschwindigkeit.

Schaubild 3, 7 und 9:

- Gleichmäßig beschleunigte Bewegung.
- Nach 20 s wurden 80 m zurückgelegt. Dies entspricht dem Flächeninhalt des v-t-Diagramms 7.
- Steigung im v-Diagramm 7 ist die Beschleunigung a = 0,4 m s^{-2}

Schaubild 4, 7 und 9:

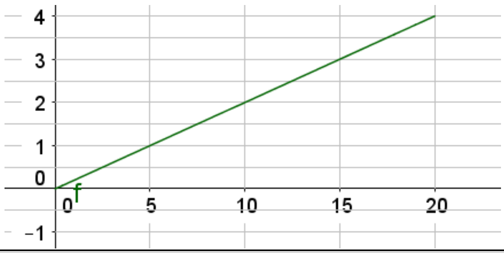
- Gleichmäßig beschleunigte Bewegung.
- Nach 20 s wurden 80 m zurückgelegt. Dies entspricht dem Flächeninhalt des v-t-Diagramms 7.
- Steigung im v-Diagramm 7 ist die Beschleunigung a = 0,4 m s^{-2}

Lösung Aufgabe 2

Zu Schaubild 5 fehlt das v-t-Diagramm:

Nach 20 s wurden 40 m zurückgelegt ⇒ $a = \frac{2s}{t^2} = 0{,}2\ \frac{m}{s^2} \quad \Rightarrow \quad v = 0{,}2\ \frac{m}{s^2} \cdot 20\ s = 4\ m/s$

Ist die Geschwindigkeit nach 20 s.



Lösung Aufgabe 3

Zeichnerische Lösung

Oder rechnerische Lösung

s(t) = 2 m/s *t   und   s(t) = 0,5 * 0,4 m/s^2 *t^2 gleichsetzen und nach t auflösen:

Nach 10 s und einer Strecke von 20 m treffen sich die Personen.

Lösung Aufgabe 4

$s_1(t) = 2\frac{m}{s} \cdot t\ ;\ \ s_2(t) = 2\frac{m}{s} \cdot t + 20\ m\ ;\ \ s_3(t) = \frac{1}{2} 0{,}4 \frac{m}{s^2} \cdot t^2\ ;$

$s_4(t) = \frac{1}{2} 0{,}4 \frac{m}{s^2} \cdot t^2 + 40\ m\ ;\ \ s_5(t) = \frac{1}{2} 0{,}2 \frac{m}{s^2} \cdot t^2$

$v_6(t) = 4\frac{m}{s} + 0{,}4\frac{m}{s^2} \cdot t^2\ \ ;\ \ v_7(t) = 5\frac{m}{s} + 0{,}4\frac{m}{s^2} \cdot t^2\ \ ;\ \ v_6(t) = 2\frac{m}{s}$

Lösung Aufgabe 5

$$s(20s) = 4\frac{m}{s} \cdot 20s + \frac{1}{2} \cdot 20\ s \cdot 8\frac{m}{s} = 160\ m$$

Bewegungen 2

Folgende inhaltsbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

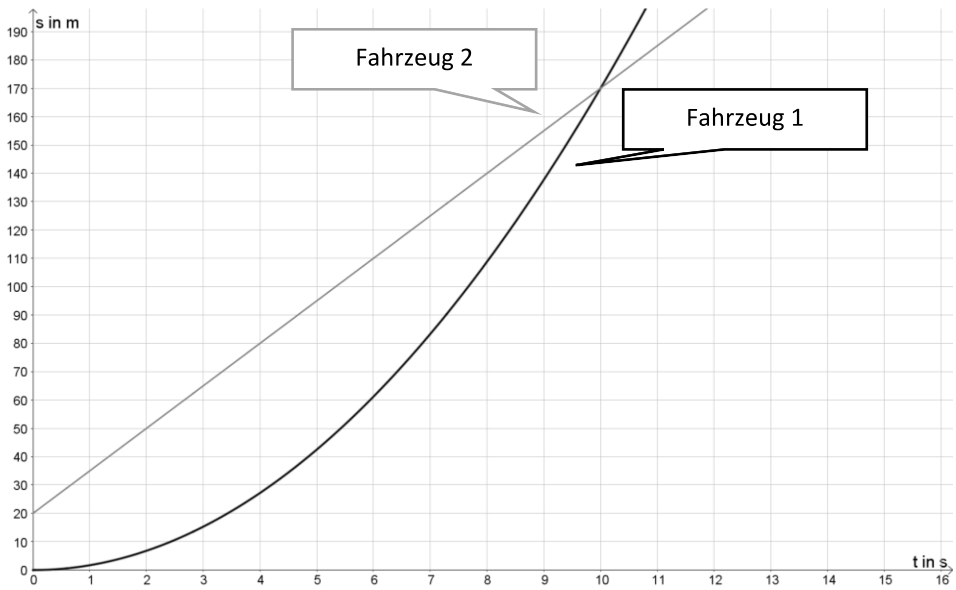
- die ***Geschwindigkeit*** als Änderungsrate des *Ortes* ($v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$) und die *Beschleunigung* als Änderungsrate der ***Geschwindigkeit*** ($a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$) erklären und berechnen
- geradlinig gleichförmige ($s(t) = vt$, v = konstant) sowie geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegungen ($s(t) = \frac{1}{2}at^2$,$v(t) = at$, a = konstant) verbal und rechnerisch beschreiben (***Zeitpunkt***, ***Ort***, ***Geschwindigkeit***, ***Beschleunigung***)
- aus einem vorgegebenen Bewegungsdiagramm die jeweils anderen Bewegungsdiagramme ableiten (an eine quantitative Ableitung von ***s-t-Diagrammen*** aus ***a-t-Diagrammen*** ist nicht gedacht)

Folgende prozessbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen
- funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel Ursache-Wirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln)
- Sachinformationen und Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen (zum Beispiel Tabelle, Diagramm, Text, Formel)

Bewegungen 2

Das Schaubild zeigt die Bewegungen zweier Fahrzeuge.



Aufgabe 1	Standrad-Niveau	Pflicht
Um welche Bewegungsart handelt es sich? Begründe deine Antwort.		

Aufgabe 2	Standrad-Niveau	Pflicht
Gib die zurückgelegte Wegstrecke beider Fahrzeuge nach 10 s an.		

Aufgabe 3	Standrad-Niveau	Pflicht
(1) Bestimme die Geschwindigkeit und die Beschleunigung von Fahrzeug 2. (2) Bestimme die Geschwindigkeit und die Beschleunigung von Fahrzeug 1 nach 10 s.		

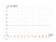
Aufgabe 4	Mittleres Niveau	Pflicht
Bestimme die Bewegungsgleichungen beider Bewegungen.		

Aufgabe 5a	Mittleres Niveau	Pflicht
Bestimme den Zeitpunkt, in dem die Fahrzeuge die gleiche Geschwindigkeit haben.		
Aufgabe 5b	**Hohes Niveau**	**Wahl**
(1) Begründe, dass die Fahrzeuge zu einem Zeitpunkt die gleiche Geschwindigkeit haben müssen. (2) Bestimme diesen Zeitpunkt rechnerisch und graphisch.		

Aufgabe 6	Hohes Niveau	Pflicht
Skizziere für beide Bewegungen die zugehörigen v-t- und a-t-Diagramme.		

Aufgabe 7	Hohes Niveau	Wahl
Erfinde eine möglichst realistische Geschichte, die zu den Bewegungen passt.		

Lösung Aufgabe 1
Fahrzeug 1: (gleichmäßig) beschleunigte Bewegung Fahrzeug 2: gleichförmige Bewegung mit Startort 20 m
Lösung Aufgabe 2
Fahrzeug 1: 170 m Fahrzeug 2: 150 m
Lösung Aufgabe 3
Fahrzeug 1: Aus $s(10\,s) = \frac{1}{2}at^2$ erhält man $a = \frac{2s}{t^2} = \frac{300\,m}{100s^2} = 3\ \frac{m}{s^2}$. $\Rightarrow \quad v(\,10\,s) = \ 3\ \frac{m}{s^2} \cdot 10\,s = 30\ \frac{m}{s}$ Oder man ermittelt v graphisch als Tangente zum Zeitpunkt t = 10 s. Und berechnet daraus a = v/t. Fahrzeug 2 Bestimmung der Geschwindigkeit als Steigung des s-t-Diagramms: Z. B. nach 2 s werden 30 m zurückgelegt, d.h. v = 15 m/s. Die Beschleunigung ist 0, da es eine Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit ist.
Lösung Aufgabe 4
Fahrzeug 1 $s(t) = \frac{1}{2} \cdot 3\frac{m}{s^2} \cdot t^2$ $v(t) = 3\frac{m}{s^2} \cdot t$ Fahrzeug 2 $s(t) = 1{,}5\frac{m}{s} \cdot t$ $v(t) = 1{,}5\frac{m}{s}$
Lösung Aufgabe 5a
Fahrzeug 1 fährt immer mit v = 15 $\frac{m}{s}$. Fahrzeug 2 beschleunigt aus der Ruhe mit a = 3 $\frac{m}{s^2}$. D.h. nach 5 s hat Fahrzeug 2 die Geschwindigkeit $v = a \cdot t = 3\frac{m}{s^2} \cdot 5s = 15\frac{m}{s}$.
Lösung Aufgabe 5b
Fahrzeug 1 fährt immer mit konstanter Geschwindigkeit. Fahrzeug beschleunigt aus der Ruhe und hat am Ende eine größere Geschwindigkeit als Fahrzeug 1. Also muss es einen Zeitpunkt dazwischen geben, in dem die Geschwindigkeiten gleich sind.

Lösung Aufgabe 6	
	
Lösung Aufgabe 7	
individuell	

Bewegungen 3

Folgende inhaltsbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

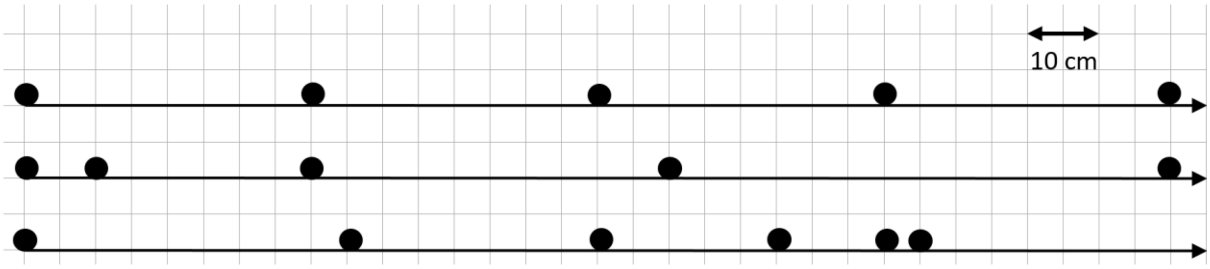
- die ***Geschwindigkeit*** als Änderungsrate des *Ortes* ($v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$) und die *Beschleunigung* als Änderungsrate der ***Geschwindigkeit*** ($a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$) erklären und berechnen
- geradlinig gleichförmige ($s(t) = vt$, v = konstant) sowie geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegungen ($s(t) = \frac{1}{2}at^2$,$v(t) = at$, a = konstant) verbal und rechnerisch beschreiben (***Zeitpunkt***, ***Ort***, ***Geschwindigkeit***, ***Beschleunigung***)
- aus einem vorgegebenen Bewegungsdiagramm die jeweils anderen Bewegungsdiagramme ableiten (an eine quantitative Ableitung von ***s-t-Diagrammen*** aus ***a-t-Diagrammen*** ist nicht gedacht)

Folgende prozessbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- **mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen**
- **funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel UrsacheWirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln)**
- **Sachinformationen und Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen (zum Beispiel Tabelle, Diagramm, Text, Formel)**

Bewegungen 3

Die Abbildung zeigt die Momentaufnahmen von drei Bewegungen. Die Bilder sind jeweils nach 1 s aufgenommen worden.



Aufgabe 1	Grundlegendes Niveau	
Beschreibe die drei Bewegungen.		

Aufgabe 2	Mittleres Niveau	
a) Bestimme die Geschwindigkeit von Bewegung 1. b) Bestimme die Beschleunigung von Bewegung 2, wenn die Anfangsgeschwindigkeit 0 ist.		

Aufgabe 3	Mittleres Niveau	
Zeichne die zugehörigen s-t-, v-t- und a-t Diagramme der Bewegungen 1 und 2		

Aufgabe 4	Mittleres Niveau	
Gibt es Zeitpunkte, an dem mindestens zwei Körper die gleiche Wegstrecke zurückgelegt haben? Begründe deine Antwort.		

Aufgabe 5	Erweitertes Niveau	
a) Bestimme die Beschleunigung und die Anfangsgeschwindigkeit von Bewegung 3, wenn der Körper nach 5 s zum Stillstand kommt. b) Zeichne das s-t-, v-t- und a-t Diagramm der Bewegung 3		

Lösung Aufgabe 1

Bewegung 1:
Gleichförmige Bewegung

Bewegung 2:
Beschleunigte Bewegung, in gleichen Zeitabschnitten werden immer größere Wegstrecken zurückgelegt.

Bewegung 3:
Beschleunigte (verzögerte) Bewegung, in gleichen Zeitabschnitten werden immer kleinere Wegstrecken zurückgelegt.

Lösung Aufgabe 2

a) v = 40 cm/s

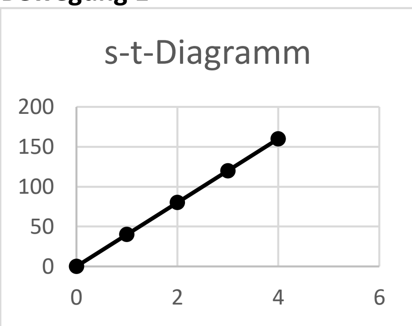
t in s	0	1	2	3
s in cm	0	40	80	120
v in cm/s	40	40	40	40

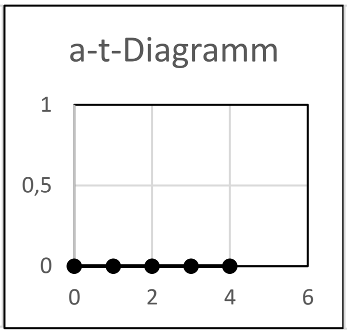
b) Aus $s = \frac{1}{2}at^2$ erhält man $a = \frac{2s}{t^2} = 20\ \frac{cm}{s^2}$:

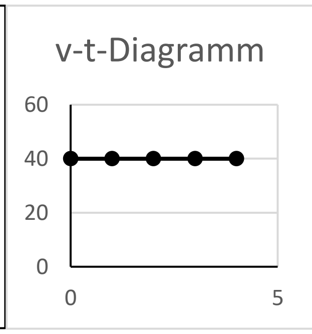
t in s	0	1	2	3	4
s in cm	0	10	40	90	160
a in cm/s²		20	20	20	20

Lösung Aufgabe 3

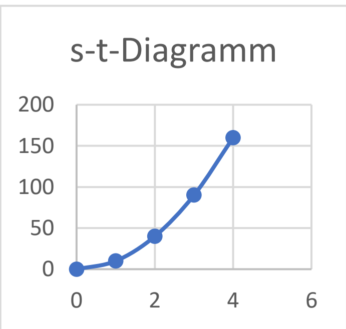
Bewegung 1

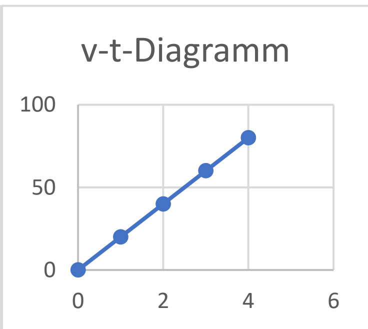


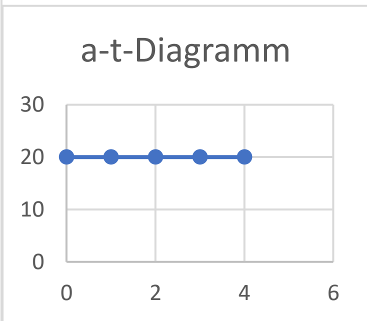




Bewegung 2





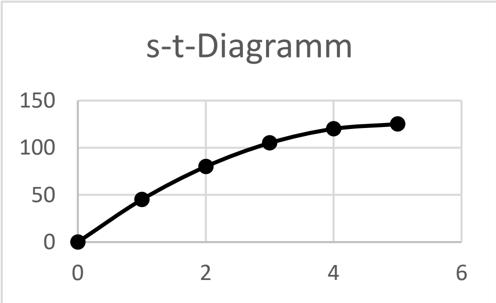


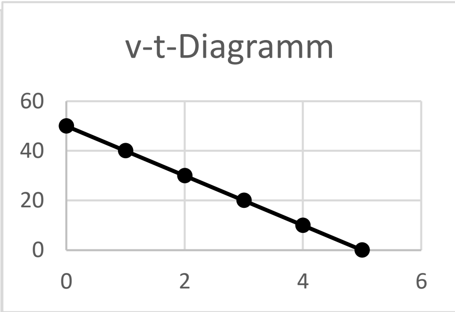
Lösung Aufgabe 4
Nach 2 s haben Bewegung 1 und 3 und nach 4 s haben Bewegung 1 und 3 den gleichen Weg zurückgelegt.

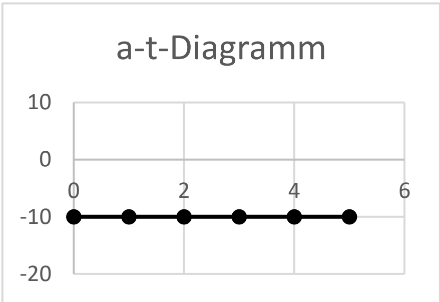
Lösung Aufgabe 5

a) v_0 = 50 cm/s und a = – 10 cm/s^2

b)







F = m a

Folgende inhaltsbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

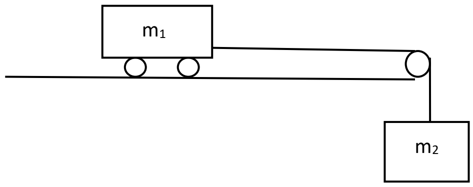
- Änderungen von Bewegungszuständen (Betrag und Richtung) als Wirkung von **Kräften** beschreiben
- Newtons Prinzipien der Mechanik zur verbalen Beschreibung und Erklärung einfacher Situationen aus Experimenten und aus dem Alltag anwenden
- das Zusammenwirken von *Kräften* an eindimensionalen Beispielen quantitativ beschreiben (***resultierende Kraft***, ***Kräftegleichgewicht***)

Folgende prozessbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- **mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen und überprüfen**
- **mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen**
- **ihr physikalisches Wissen anwenden, um Problem- und Aufgabenstellungen zielgerichtet zu lösen**
- **funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto"-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel Ursache-Wirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln)**

F =ma

Die Abbildung zeigt einen Wagen mit der Masse m_1 und ein Gewichtsstück mit der Masse m_2. Beide sind mit einem Faden über eine Rolle miteinander verbunden. **Reibungseffekte sollen nicht berücksichtigt werden.**



Aufgabe 1	Standard-Niveau	
Es seien m_1 = 2,5 kg und m_2 = 0,5 kg. a) Berechne die beschleunigende Kraft. b) Gib die beschleunigte Masse an. c) Berechne die Beschleunigung a, mit der sich die Wagen in Bewegung setzen.		

Aufgabe 2	Mittleres Niveau	
Die Masse m_2 wird nun verdoppelt. Verdoppelt sich dadurch auch a) die beschleunigende Kraft? b) die beschleunigte Masse? c) die Beschleunigung, mit der sich die Wagen in Bewegung versetzen? Berechne oder Begründe!		

Aufgabe 3	Mittleres Niveau	
Die Beschleunigung kann man für diese Anordnung auch mit der Formel $a = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2}$ berechnen. Kannst du diese Formel herleiten?		

Aufgabe 4	Hohes Niveau	
Die Masse m_2 wird nun beliebig großgemacht. Wie verändert sich dadurch die Beschleunigung a? Begründe kurz.		

Aufgabe 5	Mittleres Niveau	
Was würde sich ändern, wenn man links noch eine zusätzliche Masse m_3 nach unten hängen lässt? Begründe deine Antwort.		

Aufgabe 6	Hohes Niveau	
Links wird noch eine zusätzliche Masse m_3 angehängt. Kannst du eine allgemeine Formel für die Beschleunigung in diesem Fall herleiten? (Siehe auch A3.)		

Lösung Aufgabe 1
a) $F = m_2 g = 5\ N$ b) $m = 3\ kg$ c) $a = 1{,}7 \frac{m}{s^2}$

Lösung Aufgabe 2
a) Ja, F proportional von m_2 abhängt b) Nein, da sich die beschleunigte Masse nicht verdoppelt c) Nein, da sich F verdoppelt, m aber nicht konstant bleibt.

Lösung Aufgabe 3
$$F = ma$$ $$m_2 g = (m_1 + m_2)\ a$$ $$\Rightarrow \quad a = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2}$$

Lösung Aufgabe 4
$$a = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2}$$ Wenn m2 immer größer wird, dann wird die Masse m1 unbedeutend, d.h. $$a = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2} \rightarrow \frac{m_2 g}{m_2} = g.$$ D.h. die Beschleunigung nähert sich der Fallbeschleunigung an.

Lösung Aufgabe 5
▪ Ist die Masse m3 genauso groß wie m2, dann herrscht ein Kräftegleichgewicht. ▪ Ist m3 > m2, dann gibt es eine resultierende Kraft nach links. ▪ Ist m3 < m2, dann gibt es eine resultierende Kraft nach rechts.

Lösung Aufgabe 6
$$F = ma$$ $$(m_2 - m_3) g = (m_1 + m_2 + m_3)\ a$$ $$\Rightarrow \quad a = \frac{(m_2 - m_3) g}{m_1 + m_2 + m_3}$$

Abbremsen

Folgende **inhaltsbezogenen Kompetenzen** können ggf. angewendet werden

- Bewegungen verbal und mithilfe von Diagrammen beschreiben und klassifizieren …
- Bewegungsdiagramme erstellen und interpretieren …
- aus ihren Kenntnissen der Mechanik Regeln für sicheres Verhalten im Straßenverkehr ableiten (zum Beispiel Sicherheitsgurte)
- Änderungen von Bewegungszuständen (Betrag und Richtung) als Wirkung von ***Kräften*** beschreiben
- Newtons Prinzipien der Mechanik zur verbalen Beschreibung und Erklärung einfacher Situationen aus Experimenten und aus dem Alltag anwenden
- die Geschwindigkeit als Änderungsrate des Ortes ($v=\Delta s/\Delta t$) und die Beschleunigung als Änderungsrate der Geschwindigkeit ($a=\Delta v/\Delta t$) erklären und berechnen
- … geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegungen ($s(t)=1/2\ at^2$,$v(t)=at$, a = konstant) verbal und rechnerisch beschreiben (Zeitpunkt, Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung)
- … Diagramme interpretieren

Folgende **prozessbezogene Kompetenzen** können ggf. angewendet werden:

- mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen …
- mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen
- zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden

Hinweise

- Das mittlere Niveau enthält Tipps.
- Die SuS sollen spätestens mit der Hilfe der Lösung die eigenen (Denk-)Fehler erkennen.

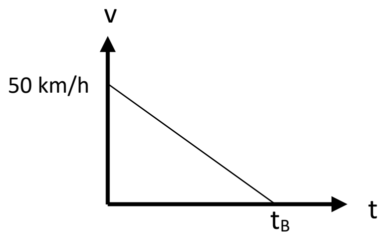
Abbremsen (Fahren ohne Sicherheitsgurt und Airbag)

Ist man nicht angeschnallt und verfügt das Fahrzeug über keinen Airbag, dann ist man höchst gefährdet, wenn man eine Vollbremsung machen muss. Damit man mit dem Kopf nicht auf das Lenkrad knallt, steht als „Bremsweg“ ungefähr eine gestreckte Armlänge (ca. 60 cm) zur Verfügung.

Aufgabe 1	Mittleres Niveau	

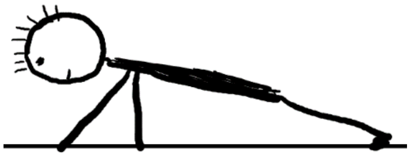
a) Bei einer Fahrt mit 50 km/h (= 13,9 m/s) wird eine Vollbremsung nötig.
Wie groß muss die Bremsbeschleunigung sein, wenn der Kopf nicht auf das Lenkrad knallen soll? (siehe Tipp 1 unten) Vergleiche sie mit der Fallbeschleunigung g.

b) Welche Kraft wirkt dabei auf die Arme, wenn eine Masse von ca. 70 kg abgebremst werden soll?



Aufgabe 2	Mittleres Niveau	

Bei einer Liegestütze können unsere Arme eine Kraft ausüben, die ungefähr so groß ist, wie die Gewichtskraft. Optimistisch betrachtet könnte man vielleicht sogar die doppelte Masse halten.

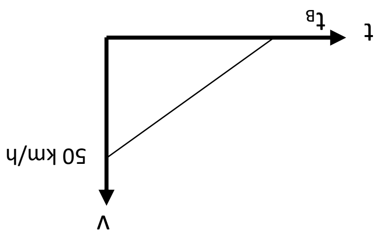


- Berechne für diese optimistisch geschätzte „Armkraft“, die maximale Geschwindigkeit, die ohne Sicherheitsgurt abgebremst werden könnte, ohne mit dem Kopf auf das Lenkrad zu knallen.

Aufgabe 3	Mittleres Niveau	

Erläutere physikalisch, den Einfluss von Sicherheitsgurt, Knautschzone und Airbag auf den Abbremsvorgang.

Tipp 1



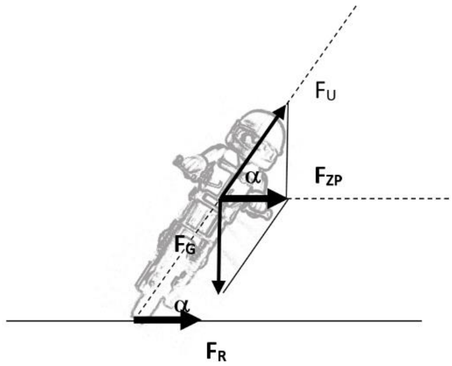
- Der Flächeninhalt gibt den Bremsweg an.
- Die Steigung gibt den Betrag der Beschleunigung an.
- Aus beiden Gleichungen kann man die b Bremszeit t_B eliminieren.

Lösung Aufgabe 1
a) $v = at \quad \Rightarrow \quad t = \frac{a}{v} \quad in \quad s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}a\left(\frac{v}{a}\right)^2 = \frac{1}{2}\frac{v^2}{a} \quad \Rightarrow \quad a = \frac{v^2}{2s} = 138\frac{m}{s^2} \approx 14g$ b) $F = ma = 9660\ N$

Lösung Aufgabe 2
Aus $a = \frac{v^2}{2s}$ erhält man $v = \sqrt{\frac{a}{2s}} = \sqrt{\frac{2g}{2s}} = 3{,}8\ \frac{m}{s} = 13{,}6\ \frac{km}{h}$

Lösung Aufgabe 3
Durch die Sicherheitsmaßnahmen wird die Abbremszeit vergrößert und damit die Bremsbeschleunigung und Bremskraft verkleinert.

Kreisbewegung



Folgende inhaltsbezogene Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- gleichförmige *Kreisbewegungen* untersuchen und beschreiben (***Radius, Bahngeschwindigkeit, Periodendauer, Frequenz,*** $v = \frac{2\pi r}{T}$)
- das Zusammenwirken beliebig gerichteter ***Kräfte*** auf einen Körper beschreiben, dabei gegebenenfalls ein ***Kräftegleichgewicht*** oder die ***resultierende Kraft*** erkennen (unter anderem ***schiefe Ebene***)
- die gleichförmige ***Kreisbewegung*** eines Körpers mithilfe der ***Zentripetalkraft*** erklären ($F_Z = \frac{mv^2}{r}$)

Folgende prozessbezogene Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

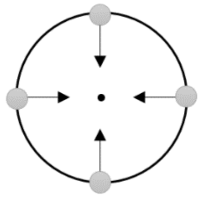
- **mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen und überprüfen**
- **mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen**
- **ihr physikalisches Wissen anwenden, um Problem- und Aufgabenstellungen zielgerichtet zu lösen**

funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto"-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel Ursache-Wirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln

Drehteller	Mittleres Niveau
Kettenkarussell	Hohes Niveau
Looping	Hohes Niveau
(Motor-)Radfahrer	Mittleres Niveau
Geneigte Fahrbahn	Mittleres Niveau

AB Beispiele Kreisbewegung Drehteller

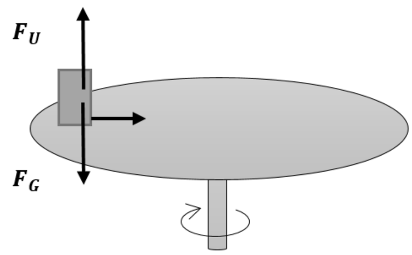
Wir wissen bereits



- Bewegt sich ein Körper auf einer Kreisbahn, (hier von oben betrachtet,) dann wirkt auf ihn als resultierende Kraft die Zentripetalkraft F_{ZP}.
- Die Zentripetalkraft wirkt immer zum Drehzentrum hin.
- Für die Zentripetalkraft gilt folgende Formel

$$F_{ZP} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Erfahrung
Ab einer bestimmten Bahngeschwindigkeit fällt der Körper vom Drehteller.



Theorie
Auf den Gegenstand wirken die Gewichtskraft, die Kraft der Unterlage und die Reibungskraft $F_R = f_R \cdot m \cdot g$.

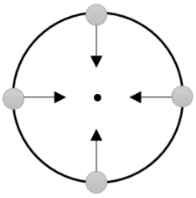
Aufgaben
1. Warum gäbe es ohne Reibung keine Kreisbewegung?
2. Leite folgenden Zusammenhang für die Grenzgeschwindigkeit her: $v = \sqrt{f_R \cdot g \cdot r}$
   (Tipp: Die Reibungskraft ist gerade die Zentripetalkraft.)
3. Ein Gegenstand befindet sich im Abstand 20 cm vom Drehzentrum weg. Bei welcher Geschwindigkeit fliegt er vom Teller, wenn die Haftreibungszahl 0,5 ist?
4. Die Bahngeschwindigkeit ist nun 2 m/s. Was ist der maximale Radius, wo man den Gegenstand hinstellen darf?
5. Würde man einen Gegenstand mit der doppelten Masse nehmen, würde sich an den Ergebnissen von 3 und 4 nichts ändern, obwohl man größere Zentripetalkraft braucht. Fällt dir eine physikalische Begründung ein?
6. Stellt man den Gegenstand direkt ins Drehzentrum, dann bleibt er bei jeder Geschwindigkeit auf dem Drehteller? Begründe warum!

1	Warum gäbe es ohne Reibung keine Kreisbewegung?
	FG und FU bilden ein Kräftegleichgewicht. Ohne die FR gebe es keine resultierende Kraft zum Drehzentrum hin. Der Gegenstand würde ohne Reibung an der gleichen Stelle stehen bleiben
2	Leite folgenden Zusammenhang für die Grenzgeschwindigkeit her: $\boldsymbol{v = \sqrt{f_R \cdot g \cdot r}}$ (**Tipp: Die Reibungskraft ist gerade die Zentripetalkraft.**)
	$F_R = F_{ZP}$ $f_r \cdot m \cdot g = \frac{m \cdot v^2}{r}$ Jetzt nach v auflösen!
3	Ein Gegenstand befindet sich im Abstand 20 cm vom Drehzentrum weg. Bei welcher Geschwindigkeit fliegt er vom Teller, wenn die Haftreibungszahl 0,5 ist?
	Werte in $v = \sqrt{f_R \cdot g \cdot r}$ einsetzen: v = 1 m/s
4	Die Bahngeschwindigkeit ist nun 2 m/s. Was ist der maximale Radius, wo man den Gegenstand hinstellen darf?
	$v = \sqrt{f_R \cdot g \cdot r}$ nach r auflösen → r = 0,8 m
5	Würde man einen Gegenstand mit der doppelten Masse nehmen, würde sich an den Ergebnissen von 3 und 4 nichts ändern, obwohl man größere Zentripetalkraft braucht. Fällt dir eine physikalische Begründung ein?
	Begründung 1: In $v = \sqrt{f_R \cdot g \cdot r}$ spielt die Masse keine Rolle. Begründung 2: Bei doppelter Masse braucht man auch die doppelte Zentripetalkraft, damit man mit der gleichen maximalen Geschwindigkeit durch die Kurve fahren kann. Bei doppelter Masse ist aber auch F_R doppelt so groß und damit auch F_{ZP}
6	Stellt man den Gegenstand direkt ins Drehzentrum, dann bleibt er bei jeder Geschwindigkeit auf dem Drehteller? Begründe warum!
	Der Gegenstand rotiert nur noch und macht keine Kreisbewegung (r = 0), deshalb ist auch keine resultierende Kraft notwendig, damit er stehen bleibt.

AB Beispiele Kreisbewegung Kettenkarussell

Wir wissen bereits

- Bewegt sich ein Körper auf einer Kreisbahn, (hier von oben betrachtet,) dann wirkt auf ihn als resultierende Kraft die Zentripetalkraft F_{ZP}.
- Die Zentripetalkraft wirkt immer zum Drehzentrum hin.
- Für die Zentripetalkraft gilt folgende Formel

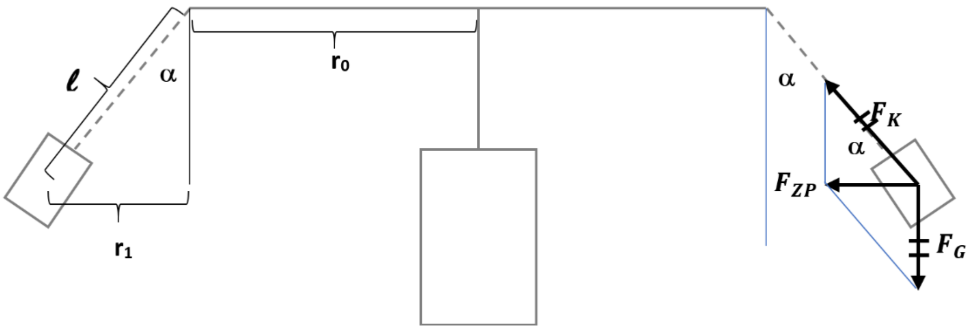


$$F_{ZP} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Erfahrung

(1) Beim Starten neigen sich die Sitze nach außen.
(2) Je schneller sich das Karussell dreht, je weiter gehen die Sitze nach außen.
(3) Dreht sich das Karussell mit konstanter Endgeschwindigkeit, haben alle Sitze die gleiche Neigung, egal ob ein Erwachsener oder ein Kind drinsitzt.

Theorie



Der Drehwinkel α stellt sich gerade so ein, dass die Kettenkraft F_K und die Gewichtskraft F_G zusammen als resultierende Kraft die Zentripetalkraft ergeben.

Aufgaben

Wir wollen die obigen Erfahrungen physikalisch verstehen. Leitet dazu unter Anleitung die entsprechenden Formeln her.

1. Leite aus der obigen Skizze den Zusammenhang zwischen Winkel α, F_{ZP} und F_G her.
2. Leite aus der obigen Skizze folgende Formel für den Radius dieser Kreisbewegung her:
$$r = r_0 + l \cdot sin\alpha \ (*)$$
3. Leite folgenden Zusammenhang her:
$$tan \propto = \frac{v^2}{r \cdot g} \ (**)$$
4. Zu (1): Begründe mit Hilfe der Abb. 1, dass eine Neigung notwendig ist, um die Zentripetalkraft zu erhalten.
5. Zu (2): Woran aus den Formeln (*) bzw. (**) erkennen, dass je schneller sich das Karussell dreht, die Sitze weiter nach außen gehen?
6. Zu (3): Woran aus den Formeln (*) bzw. (**) erkennen, dass alle Sitze die gleiche Neigung haben, egal ob ein Erwachsener oder ein Kind drinsitzt?
7. Bei dem Karussell ist $r_0 = 5{,}0$ m, und die Seillänge 4,0 m.
    a. Wie groß ist die Bahngeschwindigkeit v, wenn der Auslenkungswinkel 50° beträgt?
    b. Wie groß ist in diesem Fall die Zentripetalkraft, die einen Fahrgast der Masse 60 kg wirkt?
8. Warum kann ein Auslenkungswinkel von 90° nie erreicht werden?

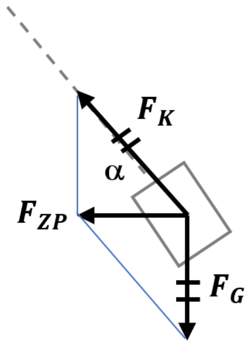


Abbildung 1

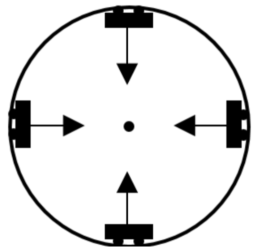
1	Leite aus der obigen Skizze den Zusammenhang zwischen Winkel α, F_{ZP} und F_G her.
	$tan \propto = \frac{F_{ZP}}{F_G}$
2	Leite aus der obigen Skizze folgende Formel für den Radius dieser Kreisbewegung her: $r = r_0 + l \cdot sin\alpha$ (*)
	$sin \propto = \frac{r_1}{l} \quad \Rightarrow \quad r_1 = l \cdot sin\alpha$
3	Leite folgenden Zusammenhang her: $tan \propto = \frac{v^2}{r \cdot g}$ (**)
	Setze in die Gleichung aus 1 die Formeln für F_{ZP} und F_G ein und kürzen.
4	(1): Begründe mit Hilfe der Abb. 1, dass eine Neigung notwendig ist, um die Zentripetalkraft zu erhalten.
	Ohne Neigung wären FK und FG im Kräftegleichgewicht. Somit gäbe es keine resultierende Kraft zum Drehzentrum hin.
5	Zu (2): Woran aus den Formeln (*) bzw. (**) erkennen, dass je schneller sich das Karussell dreht, die Sitze weiter nach außen gehen?
	Aus $tan \propto = \frac{v^2}{r \cdot g}$ erkennt man, dass je größer v (im Zähler) ist, desto größer auch der tan α und damit α sein muss.
6	Zu (3): Woran aus den Formeln (*) bzw. (**) erkennen, dass alle Sitze die gleiche Neigung haben, egal ob ein Erwachsener oder ein Kind drinsitzt?
	In den Formeln kommt die Masse m nicht vor. Deshalb spielt sie keine Rolle.
7	(1) Bei dem Karussell ist r_0 = 5,0 m, und die Seillänge 4,0 m. a) Wie groß ist die Bahngeschwindigkeit v, wenn der Auslenkungswinkel 50° beträgt? b) Wie groß ist in diesem Fall die Zentripetalkraft, die einen Fahrgast der Masse 60 kg wirkt?
	a) $tan \propto = \frac{v^2}{r \cdot g}$ nach v auflösen → v = 7,7 m/s b) F_{ZP} = 771 N
8	Warum kann ein Auslenkungswinkel von 90° nie erreicht werden?
	Begründung 1: tan 90° ist nicht definiert! Geht nicht! Begründung 2: Dann müssten F_{ZP} einzig durch F_K aufgebracht werden. Aber durch die FG ist immer eine „leichte“ Ablenkung nach unten gegeben.

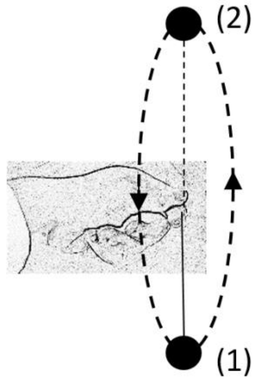
AB Beispiele Kreisbewegung Looping (vertikale Kreisbewegung)

Wir wissen bereits

- Bewegt sich ein Körper auf einer Kreisbahn, (hier von oben betrachtet,) dann wirkt auf ihn als resultierende Kraft die Zentripetalkraft F_{ZP}.
- Die Zentripetalkraft wirkt immer zum Drehzentrum hin.
- Für die Zentripetalkraft gilt folgende Formel

$$F_{ZP} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$





Erfahrung:

(2) Nur wenn die Geschwindigkeit des Wagens groß genug ist, fällt er nicht aus der Bahn.

(3) Schleudert man einen Körper vertikal, dann muss man Position (1) eine größere Kraft ausüben um den Körper auf der Kreisbahn zu halten als in Position (2).

Theorie

Auf den Körper wirken die Gewichtkraft F_G und die zusätzliche Kraft F_{zu} der Person. Zusammen ergeben sie als resultierende Kraft die Zentripetalkraft, die in jedem Punkt der Kreisbahn betragsmäßig gleich ist.

In Position 1 wirkt die Gewichtskraft der Zentripetalkraft entgegen. Deshalb muss die Zugkraft den Anteil der Gewichtskraft ausgleichen, um die nötige Zentripetalkraft zu erhalten.

In Position 2 wirkt die Gewichtskraft in Richtung der Zentripetalkraft und trägt zu dieser bei. Deshalb muss die Zugkraft den „Rest" aufbringen, um die nötige Zentripetalkraft zu erhalten.

Man unterscheidet in Position 2 drei Fälle (siehe Bild 3)

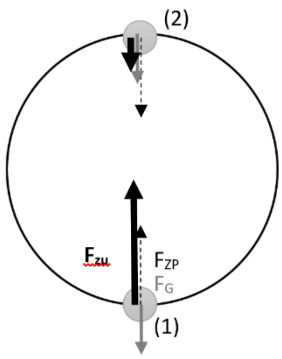


Bild 3

[A] Die Geschwindigkeit ist so groß, dass die benötigte Zentripetalkraft größer als die Gewichtskraft ist. In diesem Fall muss der „Rest" durch die zusätzliche Kraft vom Seil oder als (Normal-)Kraft von der Fahrbahn aufgebracht werden.

[B] Die Geschwindigkeit ist so groß, dass die benötigte Zentripetalkraft genauso groß wie die Gewichtskraft ist. In diesem Fall wird keine zusätzliche Kraft benötigt, um den Körper auf der Bahn zu halten.

[C] Die Geschwindigkeit ist so groß, dass die benötigte Zentripetalkraft kleiner als die Gewichtskraft ist. In diesem Fall fällt der Körper runter.

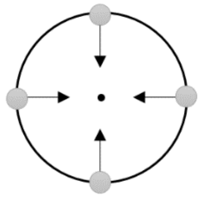
Aufgaben

1. Zeige, dass im Fall [B] die minimale Geschwindigkeit $v_{min} = \sqrt{g \cdot r}$ ist.
2. Ein Spielzeugauto der Masse 0,2 kg soll durch einen Looping mit Radius 0,15 m fahren. Berechne die minimalste Geschwindigkeit, die das Auto haben muss, um Position (2) zu durchlaufen.
3. Wie groß muss in diesem Fall die zusätzliche Kraft durch die Unterlage in Position (1) sein?
4. Das Spielzeugauto kann maximal mit 2,0 m/s fahren. Berechne für diese Geschwindigkeit
   a) die benötigte Zentripetalkraft
   b) die benötigte zusätzliche Kraft im oberen und unteren Punkt.
5. Man will nun einen zweiten Looping mit r = 0,3 m in die Fahrbahn einbauen. Schafft das Spielzeugauto den zweiten Looping?

1	Zeige, dass im Fall [B] die minimale Geschwindigkeit $v_{min} = \sqrt{g \cdot r}$ ist.
	Ansatz: $F_G = F_{ZP}$ und dann nach v umstellen
2	Ein Spielzeugauto der Masse 0,2 kg soll durch einen Looping mit Radius 0,15 m fahren. Berechne die minimalste Geschwindigkeit, die das Auto haben muss, um Position (2) zu durchlaufen.
	Mit $v_{min} = \sqrt{g \cdot r}$ erhält man $v_{min} = 1{,}2\ \mathrm{m/s}$
3	Wie groß muss in diesem Fall die zusätzliche Kraft durch die Unterlage in Position (1) sein?
	Bei dieser Geschwindigkeit ist die benötigte Zentripetalkraft betragsmäßig gerade so groß wie die Gewichtskraft. Deshalb muss im unteren Punkt die Unterlage mit **zweifacher Gewichtskraft** auf das Fahrzeug einwirken.
4	Das Spielzeugauto kann maximal mit 2,0 m/s fahren. Berechne für diese Geschwindigkeit a) die benötigte Zentripetalkraft b) die benötigte zusätzliche Kraft im oberen und unteren Punkt.
	a) F_{ZP} = 5,3 N b) $F_{zu} = F_{ZP} - F_G$ = 5,3 N – 2 N = 3,3 N
5	Man will nun einen zweiten Looping mit r = 0,3 m in die Fahrbahn einbauen. Schafft das Spielzeugauto den zweiten Looping?
	v_{min} bei diesem Radius: v_{min} = 1,7 m/s → Ja!

AB Beispiele Kreisbewegung (Motor-)Radfahrer

Wir wissen bereits



- Bewegt sich ein Körper auf einer Kreisbahn, (hier von oben betrachtet,) dann wirkt auf ihn als resultierende Kraft die Zentripetalkraft F_{ZP}.
- Die Zentripetalkraft wirkt immer zum Drehzentrum hin.
- Für die Zentripetalkraft gilt folgende Formel

$$F_{ZP} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Erfahrung

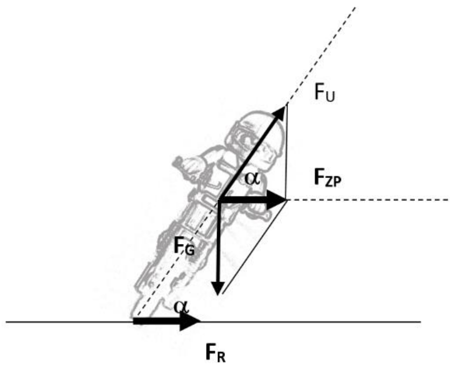
(1) Fährt man mit dem Rad in eine Kurve, so legt man sich ein bisschen schräg.
(2) Je schneller man in die Kurve fährt, desto schräger neigt man sich.
(3) Es ist unmöglich ohne Schräglage in die Kurve zu fahren.

Theorie

Auf den Fahrer wirken die Gewichtskraft und die Kraft der Unterlage. Der Neigungswinkel a stellt sich gerade so ein, dass die beiden Kräfte zusammen als resultierende Kraft die Zentripetalkraft ergeben.

INFO

Diese Zentripetalkraft ist genauso groß, wie Haftreibungskraft zwischen dem Reifen und der Unterlage: $F_{ZP} = F_R$.



Aufgaben

1. Leite aus der obigen Skizze den Zusammenhang zwischen Winkel α, F_{ZP} und F_G her.
2. Leite folgenden Zusammenhang her:
$$tan \propto = \frac{v^2}{r \cdot g} \ (*)$$
3. Zu (1): Begründe mit Hilfe der Abb. 1, dass eine Neigung notwendig ist, um in die Kurve zu fahren.
4. Zu (2): Woran kann man aus der Formel (*) erkennen, dass je schneller man in die Kurve fährt, je schräger man sich neigen muss?
5. Ein Radfahrer (m_{ges} = 70 kg)fährt mit 20 km/h durch eine Kurve mit Radius 40 m.
    a. Wie groß ist der Neigungswinkel α?
    b. Wie groß ist die Zentripetalkraft?
    c. Mit welcher maximalen Geschwindigkeit, kann man in diese Kurve fahren, wenn die maximale Haftreibung zwischen Straße und Reifen 200 N beträgt?

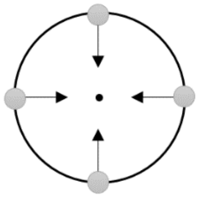
1	Leite aus der obigen Skizze den Zusammenhang zwischen Winkel α, F_{ZP} und F_G her.
	$$tan \propto = \frac{F_{ZP}}{F_G}$$
2	Leite folgenden Zusammenhang her: $$tan \propto = \frac{v^2}{r \cdot g} \ (*)$$
	Setze in die Gleichung aus 1 die Formeln für F_{ZP} und F_G ein und kürzen.
3	Zu (1): Begründe mit Hilfe der Abb. 1, dass eine Neigung notwendig ist, um in die Kurve zu fahren.
	Ohne Neigung wären FK und FG im Kräftegleichgewicht. Somit gäbe es keine resultierende Kraft zum Drehzentrum hin.
4	Zu (2): Woran kann man aus der Formel (*) erkennen, dass je schneller man in die Kurve fährt, je schräger man sich neigen muss?
	Aus $tan \propto = \frac{v^2}{r \cdot g}$ erkennt man, dass je größer v (im Zähler) ist, desto größer auch der tan α und damit α sein muss.
5	Ein Radfahrer (m_{ges} = 70 kg) fährt mit 20 km/h durch eine Kurve mit Radius 40 m. a) Wie groß ist der Neigungswinkel α? b) Wie groß ist die Zentripetalkraft? c) Mit welcher maximalen Geschwindigkeit, kann man in diese Kurve fahren, wenn die maximale Haftreibung zwischen Straße und Reifen 200 N beträgt?
	a) $20 \frac{km}{h} = 5{,}6 \frac{m}{s}$ $\quad \tan\alpha = 0{,}078 \ \Rightarrow \ \alpha = 4{,}5°$ b) F_{ZP} = 55 N c) $F_R = F_{ZP} = \frac{m \cdot v^2}{r} = 200\ N \ \Rightarrow \ v = \sqrt{\frac{200\ N \cdot 40m}{70\ kg}} = 10{,}7 \frac{m}{s} \approx 38{,}5 \frac{m}{s}$

AB Beispiele Kreisbewegung „geneigte Fahrbahn“

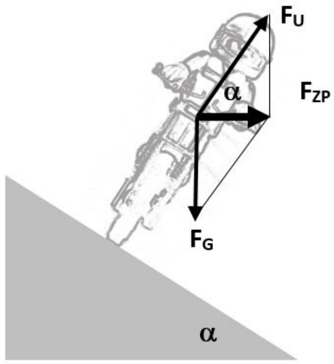
Wir wissen bereits

- Bewegt sich ein Körper auf einer Kreisbahn, (hier von oben betrachtet,) dann wirkt auf ihn als resultierende Kraft die Zentripetalkraft F_{ZP}.
- Die Zentripetalkraft wirkt immer zum Drehzentrum hin.
- Für die Zentripetalkraft gilt folgende Formel

$$F_{ZP} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$



Erfahrungen
Ist die Fahrbahn geneigt, kann man mit einer viel höheren Geschwindigkeit in die Kurve fahren, als wenn die Fahrbahn gerade ist (z.B. beim Bahnradfahren, Bobfahren, Neigetechnikzüge, …).



Theorie
Auf den Fahrer wirken die Gewichtskraft und die Kraft der Unterlage. Der Neigungswinkel a stellt sich gerade so ein, dass die beiden Kräfte zusammen als resultierende Kraft die Zentripetalkraft ergeben.
Ist die Fahrbahn nicht geneigt, muss die Zentripetalkraft von der Haftreibungskraft aufgebracht werden. Bei der geneigten Bahn kann man auch ohne Haftreibung senkrecht zur Unterlage durch die Kurve fahren.

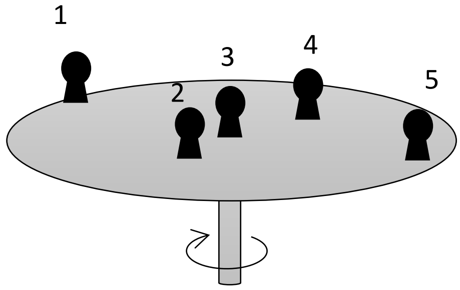
Aufgaben
1. Leite aus der obigen Skizze den Zusammenhang zwischen Winkel α, F_{ZP} und F_G her.
2. Leite folgenden Zusammenhang her:

$$tan \propto = \frac{v^2}{r \cdot g} \; (*)$$

3. Woran kann man aus der Formel (*) erkennen, dass je schräger die Fahrbahn ist, desto schneller man in die Kurve fahren kann?
4. Ein Motoradfahrer (Gesamtmasse 250 kg) fährt mit 100 km/h durch eine Kurve mit Radius 50 m.
   a. Wie groß sollte der Neigungswinkel α der Fahrbahn sein?
   b. Wie groß ist die Zentripetalkraft?
5. Die Fahrbahn einer Bahnradanlage ist in den Kurven um 45° geneigt. Mit welcher maximalen Geschwindigkeit kann ein Radfahrer (ohne Reibung) senkrecht zur Unterlage in die Kurve fahren, wenn der Radius 25 m beträgt?

1	Leite aus der obigen Skizze den Zusammenhang zwischen Winkel α, F_{ZP} und F_G her.
	$tan \propto= \frac{F_{ZP}}{F_G}$
2	Leite folgenden Zusammenhang her: $tan \propto= \frac{v^2}{r \cdot g}$ (*)
	Setze in die Gleichung aus 1 die Formeln für F_{ZP} und F_G ein und kürzen.
3	Woran kann man aus der Formel (*) erkennen, dass je schräger die Fahrbahn ist, desto schneller man in die Kurve fahren kann?
	Wenn α groß ist, dann ist auch tan α groß. Bei konstantem r und g, muss dann v groß sein.
4	Ein Motoradfahrer (Gesamtmasse 250 kg) fährt mit 100 km/h durch eine Kurve mit Radius 50 m. a. Wie groß sollte der Neigungswinkel α der Fahrbahn sein? b. Wie groß ist die Zentripetalkraft?
	a) $120\frac{km}{h} = 33{,}3\frac{m}{s}$ $\tan\alpha = 2{,}2 \Rightarrow \alpha = 65{,}6°$ b) F_{ZP} = 5544,5 N
5	Die Fahrbahn einer Bahnradanlage ist in den Kurven um 45° geneigt. Mit welcher maximalen Geschwindigkeit kann ein Radfahrer (ohne Reibung) senkrecht zur Unterlage in die Kurve fahren, wenn der Radius 25 m beträgt?
	$v = \sqrt{r \cdot g \cdot tan\alpha} = 15{,}8\frac{m}{s} = 57\frac{km}{h}$

Aufgaben Kreisbewegung



1. Auf einer Scheibe stehen Spielzeugfiguren. Die Scheibe wird nun immer schneller gedreht.
   a. Welche Kraft ist für die Zentripetalkraft verantwortlich?
   b. In welcher Reihenfolge beginnen die Figuren zu rutschen? Begründe deine Antwort.
2. Eine Kugel (0,5 kg) wird mit einem Seil der Länge 0,5 m horizontal auf einer Kreisbahn bewegt.
   Bei welcher Bahngeschwindigkeit reißt das Seil, wenn es maximal 100 N aushält?
3. (schwierig)
   Eine Kugel (0,5 kg) wird mit einem Seil der Länge 0,5 m vertikal auf einer Kreisbahn bewegt. Die Armlänge beträgt ca. 0,7 m.
   Bei welcher Bahngeschwindigkeit reißt das Seil, wenn es maximal 1000 N aushält?
   (Tipp: Im untersten Punkt muss zur Zentripetalkraft noch die Gewichtskraft der Kugel aufgebracht werden. Siehe Bild 2.)
4. In einer Kurve mit Radius 100 m steht ein 80-ger-Schild als Geschwindigkeitsbegrenzung. Wie realistisch ist diese Geschwindigkeit, wenn die Haftreibungszahl im trockenen Zustand 0,6 beträgt?

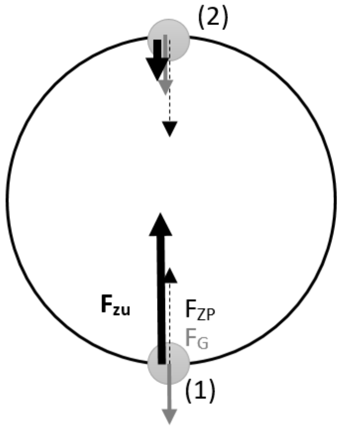
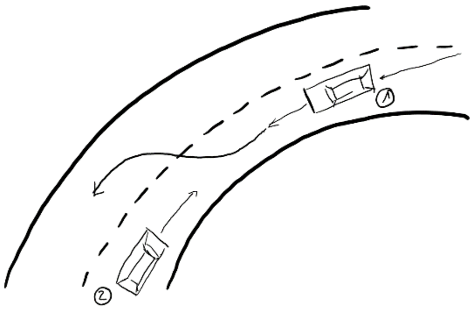
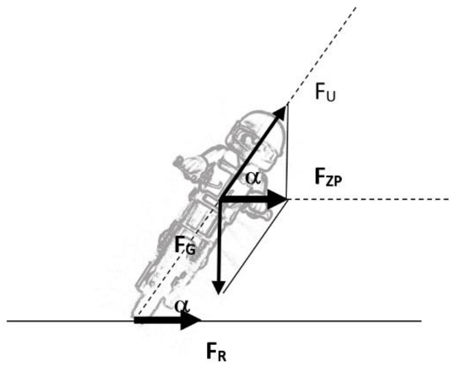


Bild 2

5. Fahrzeug 1 schneidet die Kurve.
   a. Erkläre physikalisch, welchen „Vorteil" er davon hat.
   b. Warum ist wäre das Ausweichmanöver so gefährlich. Begründe auch hier physikalisch



6. Will man mit Motorrad eine Kurve fahren, muss man sich „schräg" legen. Der Neigungswinkel a stellt sich gerade so ein, dass die beiden Kräfte zusammen als resultierende Kraft die Zentripetalkraft ergeben. Diese Zentripetalkraft ist genauso groß, wie Haftreibungskraft zwischen dem Reifen und der Unterlage: $F_{ZP} = F_R$.



   a. Leite aus der obigen Skizze den Zusammenhang zwischen Winkel α, F_{ZP} und F_G her.
   b. Leite folgenden Zusammenhang her:
   $$\tan \alpha = \frac{v^2}{r \cdot g} \quad (*)$$
   c. Ein Radfahrer fährt mit 20 km/h durch eine Kurve mit Radius 100 m.
      (1) Wie groß ist der Neigungswinkel α?
      (2) Wie groß ist die Zentripetalkraft?
      (3) Mit welcher maximalen Geschwindigkeit, kann man in diese Kurve fahren, wenn die maximale Haftreibung zwischen Straße und Reifen 200 N beträgt?

Lösungen Kreisbewegung

1. a) Die Haftreibungskraft FR ist in diesem Fall die Zentripetalkraft.

   b)

   - Es gilt $F_{ZP} = \frac{m \cdot v^2}{r}$ und $F_R = f_R \cdot m \cdot g$.
   - Die maximale Haftreibungskraft und damit die maximal mögliche Zentripetalkraft nur von der Masse (und den Materialien) abhängig. Da alle Massen und Materialien gleich sind, ist dieser Wert für alle Figuren konstant.
   - D.h. $F_{ZP} = \frac{m \cdot v^2}{r} = konstant.$

     $$\frac{m \cdot (2\pi r)^2}{rT} = konstant$$

     $$\frac{m \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot r^2}{rT} = konstant$$

     $$\frac{m \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot r}{T} = konstant$$

     $\Rightarrow$ Da für alle Figuren m, T gleich sind, gilt: je größer der Radius, desto größer die benötigte Zentripetalkraft. Also wird bei großem Radius die Zentripetalkraft am ersten überschritten. Die Figuren rutschen in der Reihenfolge 1, 5, 4, 2 vom Teller. Fig. 3 rotiert nur und bleibt stehen.

2. $F_{ZP} = \frac{m \cdot v^2}{r} = 100\,N \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{r \cdot 1000\,N}{m}} = 10\,m/s$

3. Das Seil muss in der untersten Position die größte Kraft aufbringen, nämlich die benötigte Zentripetalkraft und zusätzlich noch die Gewichtskraft nach unten ausgleichen:

   $\frac{m \cdot v^2}{r} + mg = 1000\,N,$ wobei r = 1,2 ist.

   $\Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{(1000\,N - mg) \cdot r}{m}} = 48{,}9\,m/s$

4. In diesem Fall ist die Haftreibung gleich der Zentripetalkraft: $\frac{m \cdot v^2}{r} = f_R \cdot m \cdot g$

   $\Rightarrow \quad v = \sqrt{f_R \cdot g \cdot r} = 24{,}5\frac{m}{s} = 88{,}2\,km/h$

   Die Geschwindigkeitsbegrenzung ist sehr nahe an der Grenzgeschwindigkeit dran und sollte herabgesetzt werden.

5. Nach $F_{ZP} = \frac{m \cdot v^2}{r}$ darf je größer der Radius r ist auch die Geschwindigkeit sein, bis man die maximal mögliche Zentripetalkraft überschreitet.

   Muss man ausweichen, wird der Radius, bei gleicher Geschwindigkeit, sehr klein. Damit wird die benötigte Zentripetalkraft sehr groß und kann durch die Reibungskraft nicht aufgebracht werden.

6. a) $tan \propto = \frac{F_{ZP}}{F_G}$

   b) Setze in die Gleichung aus a die Formeln für F_{ZP} und F_G ein und kürzen.

   c) (1) $20\frac{km}{h} = 5{,}5\frac{m}{s}$ $\quad \tan\alpha = 0{,}03 \quad \Rightarrow \quad \alpha = 1{,}8°$

   (2) F_{ZP} = 23,5 N

   (3) $\frac{m \cdot v^2}{r} = 200\,N \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{r \cdot 200\,N}{m}} = 16{,}3\frac{m}{s} = 58{,}8\,km/h$

Lageenergie und Leistung

Folgende inhaltsbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- die bei mechanischen Prozessen auftretenden ***Energieformen*** quantitativ beschreiben ($E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$, $E_{Lage} = mgh$, $E_{Spann} = \frac{1}{2}Ds^2$, Nullniveau)
- den ***Energieerhaltungssatz*** der Mechanik erläutern und zur quantitativen Beschreibung eines Prozesses anwenden. Dabei wählen sie geeignete ***Zustände*** zur Energiebilanzierung aus.
- den Zusammenhang von ***Energie*** und ***Leistung*** beschreiben ($P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$) (aus 7/8)

Folgende prozessbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

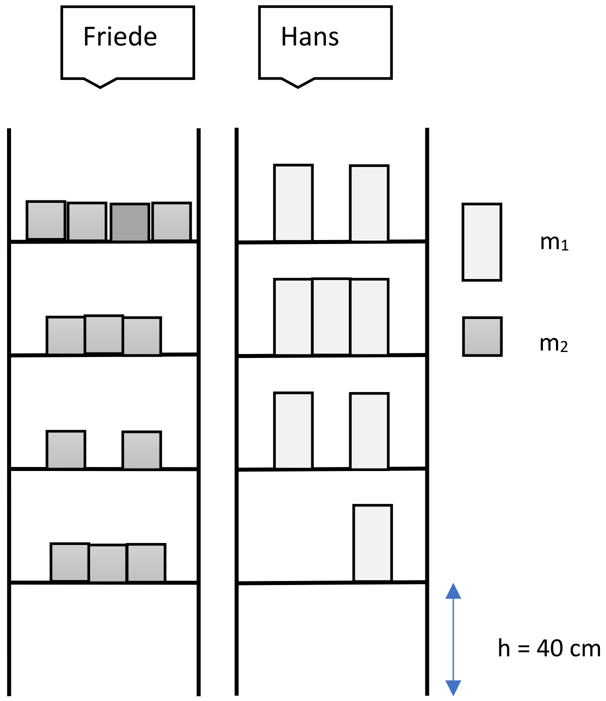
- **funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel Ursache-Wirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln)**

Energie, Leistung

Hans und Frida jobben in einem Supermarkt und müssen Regale befüllen.

Frieda hat 5 Minuten gebraucht.

Hans hat 7 Minuten gebraucht.



Aufgabe 1	Standard-Niveau	
Berechne, die Energiemenge, die benötigt wird, um jeweils 1 Päckchen einen Regalboden hochzuheben, wenn m_1 = 10 kg, m_2 = 5 kg ist.		

Aufgabe 2a	Standard-Niveau	
Für welchen Regalboden haben beide die gleiche Energiemenge benötigt, wenn m_2 = 5 kg und m_1 = 10 kg ist?		
Aufgabe 2b	**Standard-Niveau**	
Für welchen Regalboden haben beide die gleiche Energiemenge benötigt, wenn die Massen gleich sind?		
Aufgabe 2c	**Mittleres Niveau**	
Für welchen Regalboden haben beide die gleiche Energiemenge benötigt, wenn $m_1 = 3 \cdot m_2$ ist? Deine Antwort muss nachvollziehbar sein.		

Aufgabe 3a	Mittleres Niveau	
Berechne die Leistung von (1) Frieda (2) Hans wenn m_2 = 5 kg und m_1 = 10 kg ist?		
Aufgabe 3b	**Hohes Niveau**	
Wer hat die größere Leistung erbracht, wenn die Massen gleich sind? Die Antwort muss nachvollziehbar sein.		

Lösung Aufgabe 1
Energiemenge für m_1 und ein Regalboden: $E = mgh = 10\ kg\ \cdot 10\ \frac{m}{s^2} \cdot 0{,}40\ m = 40\ J$ Energiemenge für m_2 und ein Regalboden: $E = mgh = 5\ kg\ \cdot 10\ \frac{m}{s^2} \cdot 0{,}40\ m = 20\ J$
Lösung Aufgabe 2a
Regalboden 4
Lösung Aufgabe 2b
Regalboden 2 und 3
Lösung Aufgabe 2
Regalboden 1
Lösung Aufgabe 3a
Frieda: Benötigte Energiemenge $\Delta E = 640\ J$ Leistung $P = \frac{640\ J}{300\ s} \approx 2{,}1\ W$ Hans: Benötigte Energiemenge $\Delta E = 880\ J$ Leistung $P = \frac{880\ J}{420\ s} \approx 2{,}1\ W$
Lösung Aufgabe 3b
Frieda hat in jedem Regalboden mindestens so viele Päckchen wie Hans, also hat sie mindestens so viel Energie benötigt in kürzerer Zeit. Also hat sie die größere Leistung erbracht.

Energiezufuhr und Temperaturerhöhung

Folgende inhaltsbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

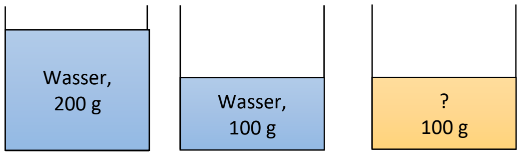
- die Änderung der ***thermischen Energie*** bei Temperaturänderung beschreiben ($\Delta E = cm\Delta T$)

Folgende prozessbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

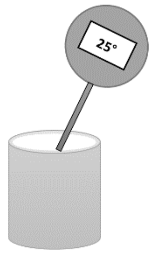
- **Messwerte auch digital erfassen und auswerten (unter anderem Messwerterfassungssystem, Tabellenkalkulation)**
- **mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen**
- **funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto"-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel UrsacheWirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln)**
- **Sachinformationen und Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen (zum Beispiel Tabelle, Diagramm, Text, Formel)**
- Ergebnisse von Experimenten bewerten (Messfehler, Genauigkeit, Ausgleichsgerade, mehrfache Messung und Mittelwertbildung)

Energiezufuhr und Temperaturerhöhung (Variante 1)

In einem Praktikumsversuch wurde der Zusammenhang zwischen der Energiezufuhr und der Temperaturerhöhung eines Stoffes untersucht.



Materialien:
Wasserkocher (75 W), Thermometer, Stoppuhr, 200 g Wasser, 100 g Wasser, 100 g einer unbekannten Flüssigkeit.



Messprinzip:

- Bestimmung der Ausgangstemperatur T_0.
- Messung der Zeiten, in denen sich die Flüssigkeiten um 10°C, 20°C, …, 50°C erwärmt haben.
- Berechnung der dabei zugeführten Energiemengen.

Material:	**Wasser**		**m = 200 g**			
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
t in s	**0**	119	239	355	492	636
ΔE in J	**0**					
Material:	**Wasser**		**m = 100 g**			
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
t in s	**0**	63	127	183	251	307
ΔE in J	**0**					
Material:	**?**		**m = 100 g**			
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
t in s	**0**	29	55	84	115	139
ΔE in J	**0**					

Aufgabe 1	Standard-Niveau	

a) Berechne die zugehörigen Energiemengen.
b) Zeichne alle Wertepaare mit unterschiedlicher Farbe in ein ΔE-ΔT-Diagramm ein.

Aufgabe 2	Mittleres Niveau	

Mache mit Hilfe des Schaubildes (bzw. mit Hilfe der Wertetabellen) eine (möglichst genaue) Aussage über den Zusammenhang zwischen Energiezufuhr ΔE und Temperaturerhöhung ΔT

a) bei einer bestimmten Menge eines Materials.
b) bei unterschiedlichen Mengen eines Materials.
c) bei verschiedenen Materialien.

Aufgabe 3	Mittleres Niveau	

Bestimme mit Hilfe jeweils eines Wertepaares aus jeder Messreihe die Energiemenge, die man braucht um **1 g dieses Stoffes um 1°C** zu erwärmen.

Aufgabe 4	Mittlers Niveau	

INFO
Die spezifische Wärmekapazität c gibt, wie viel Energie man braucht, um 1 g eines Stoffes um 1°C zu erwärmen: $c = \frac{\Delta E}{m \cdot \Delta T}$, $[c] = \frac{J}{g \cdot °C}$.

- Bestimme für jedes Wertepaar die spezifische Wärmekapazität und berechne für jede Messreihe jeweils den Mittelwert.

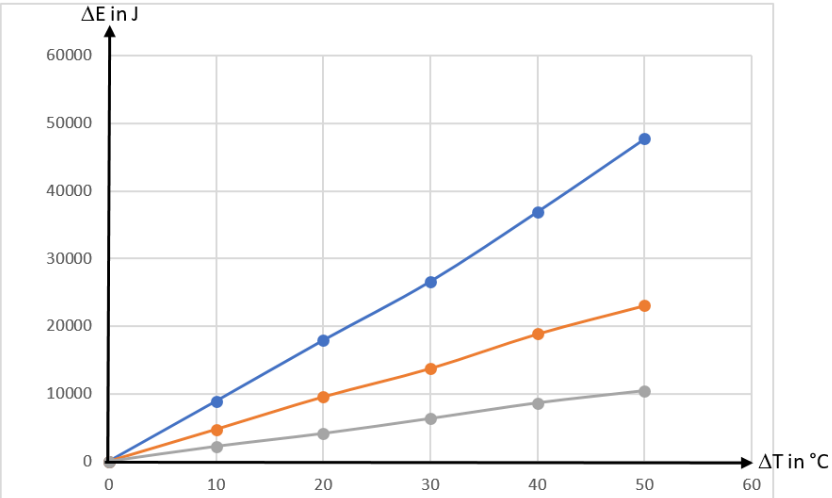
Aufgabe 5	Hohes Niveau	

Der Literaturwert für Wasser beträgt 4,2 J/ $(g \cdot °C)$.

a) Begründe, warum die gemessenen Werte immer höher sein müssen.
b) Um welche unbekannte Flüssigkeit könnte es sich handeln?

Lösung Aufgabe 1

Material:	**Wasser**		**m = 200 g**			
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
ΔE in J	**0**	8900	17900	26600	36900	47700
Material:	**Wasser**		**m = 100 g**			
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
ΔE in J	**0**	4700	9500	13700	18800	23000
Material:	**?**		**m = 100 g**			
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
ΔE in J	**0**	2200	4100	6300	8600	10400



Lösung Aufgabe 2

a) Jede Messreihe möglich:
ΔE proportional zu ΔT, da die Schaubilder Ursprungsgeraden sind,
oder man erkennt an den Wertepaaren, dass die k-fache Temperaturerhöhung auch die (ungefähr) k-fache Energiemenge benötigt,
oder man überprüft die Quotienten ΔE:ΔT.

b) Vergleiche Messreihe 1 und 2:
Man sieht, dass bei doppelter Masse auch immer (ungefähr) doppelt so viel Energie notwendig ist, um die gleiche Temperaturerhöhung zu erreichen.

c) Vergleiche Messreihe 2 und 3:
Trotz gleicher Masse benötigt man unterschiedlich viel Energie um die gleiche Temperaturerhöhung zu erreichen.

Lösung Aufgabe 3

200 g	100 g	100 g
10 °C	**10°C**	**10°C**
8900 J	4700 J	2200 J
8900: 200 = 44,5 J pro Gramm und 10°C 44,5: 10 = 4,45 J pro Gramm und einem °C	4700: 100 = 47,0 J pro Gramm und 10°C 47,0: 10 = 4,7 J pro Gramm und einem °C	2200: 100 = 22,0 J pro Gramm und 10°C 22,0: 10 = 2,2 J pro Gramm und einem °C

Lösung Aufgabe 4

Material:	**Wasser**		**m = 200 g**				
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	
ΔE in J	**0**	8900	17900	26600	36900	47700	Mittelwert
c		4,5	4,5	4,4	4,6	4,8	4,5

Material:	**Wasser**		**m = 100 g**				
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	
ΔE in J	**0**	4700	9500	13700	18800	23000	Mittelwert
c		4,7	4,8	4,6	4,7	4,6	4,7

Material:	**?**		**m = 100 g**				
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	
ΔE in J	**0**	2200	4100	6300	8600	10400	Mittelwert
c		2,2	2,1	2,1	2,2	2,1	2,1

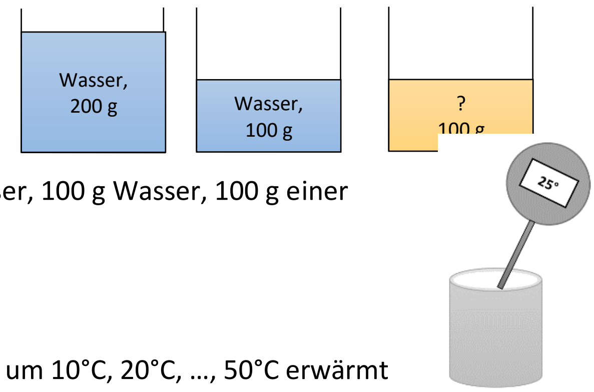
Lösung Aufgabe 5

a) Da man immer eine Energieabgabe an die Umgebung hat und man diese nicht berücksichtigt, ist der verwendete Energiewert systematisch zu hoch. Deshalb ist auch die spezifische Wärmekapazität zu hoch.

b) Es könnte sich um Öl handeln.

Energiezufuhr und Temperaturerhöhung (Variante 2)

In einem Praktikumsversuch wurde der Zusammenhang zwischen der Energiezufuhr und der Temperaturerhöhung eines Stoffes untersucht.



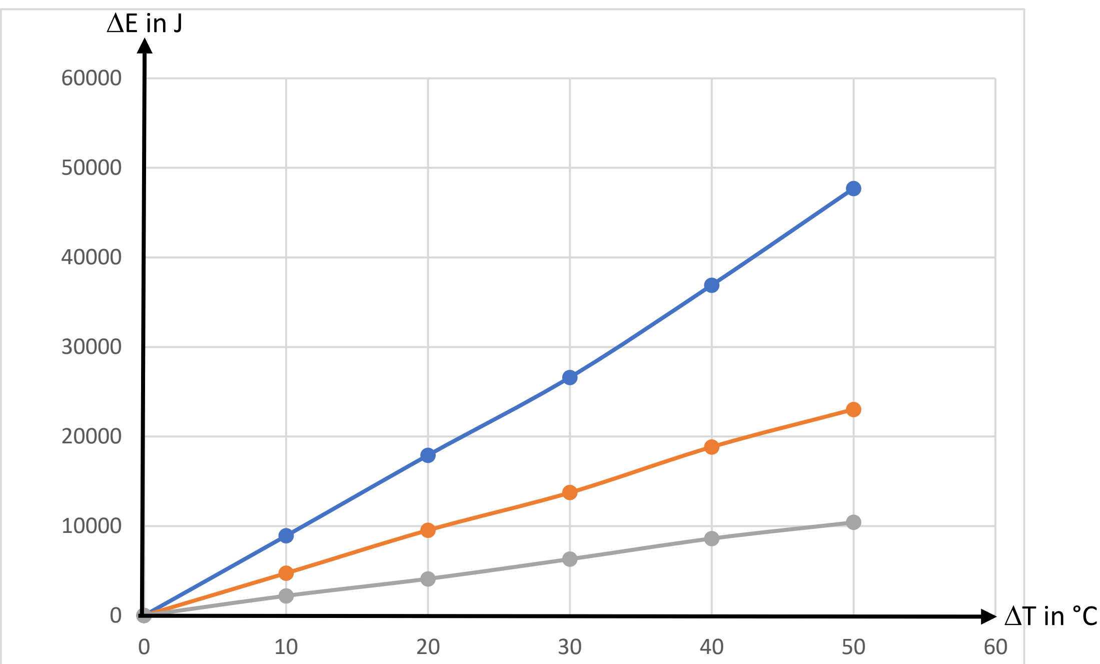
Materialien:
Wasserkocher (75 W), Thermometer, Stoppuhr, 200 g Wasser, 100 g Wasser, 100 g einer unbekannten Flüssigkeit.

Messprinzip:

- Bestimmung der Ausgangstemperatur T_0.
- Messung der Zeiten, in denen sich die Flüssigkeiten um 10°C, 20°C, ..., 50°C erwärmt haben.
- Berechnung der dabei zugeführten Energiemengen.

Material:	**Wasser**		**m = 200 g**			
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
ΔE in J	**0**	8900	17900	26600	36900	47700
Material:	**Wasser**		**m = 100 g**			
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
ΔE in J	**0**	4700	9500	13700	18800	23000
Material:	**?**		**m = 100 g**			
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
ΔE in J	**0**	2200	4100	6300	8600	10400

Die zugehörigen Schaubilder sind



Aufgabe 1	Standard-Niveau	
a) Erkläre, wie man auf die (gerundeten) Energiemengen kommt. b) Zeichne alle Wertepaare mit unterschiedlicher Farbe in ein ΔE-ΔT-Diagramm ein.		

Aufgabe 2	Mittleres Niveau	
Welche Zusammenhänge zwischen Energiezufuhr und Temperaturerhöhung kann man aus den Schaubildern ablesen?		

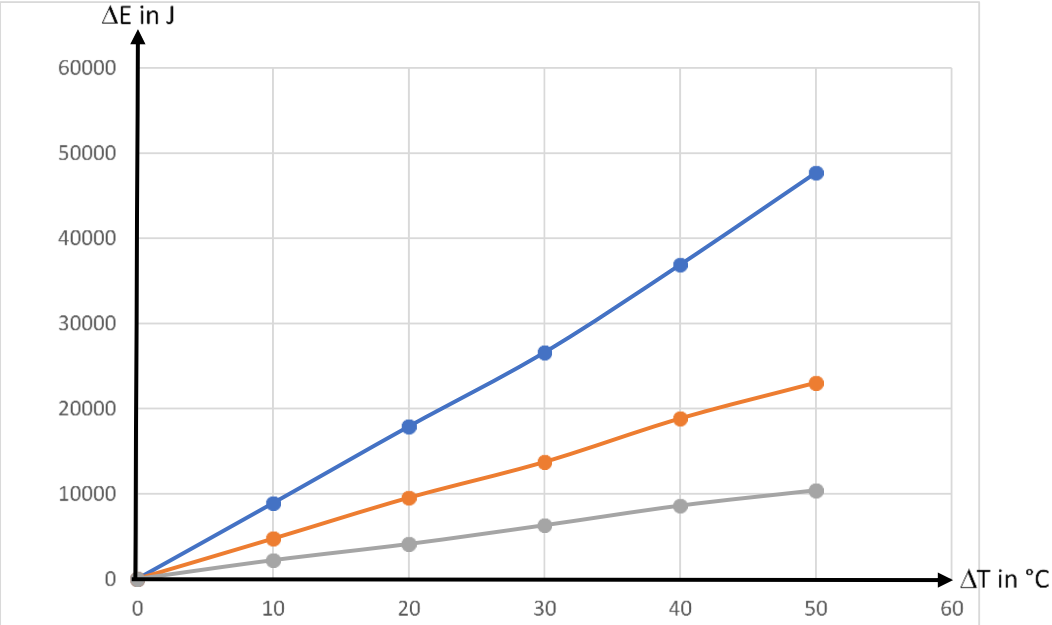
Aufgabe 3	Mittleres Niveau	
Bestimme mit Hilfe jeweils eines Wertepaares aus jeder Messreihe (, dass du gut ablesen kannst,) die Energiemenge, die man braucht um **1 g dieses Stoffes um 1°C** zu erwärmen:		

Aufgabe 4	Mittlers Niveau	
Die spezifische Wärmekapazität c gibt, wie viel Energie man braucht, um 1 g eines Stoffes um 1°C zu erwärmen: $c = \frac{\Delta E}{m \cdot \Delta T}$, $[c] = \frac{J}{g \cdot °C}$. ▪ Bestimme für jedes Wertepaar die spezifische Wärmekapazität und berechne für jede Messreihe jeweils den Mittelwert.		

Aufgabe 5	Hohes Niveau	
Der Literaturwert für Wasser beträgt 4,2 J/ $(g \cdot °C)$. c) Begründe, warum die gemessenen Werte immer höher sein müssen. d) Um welche unbekannte Flüssigkeit könnte es sich handeln?		

Lösung Aufgabe 1

a) $\Delta E = P \cdot t = 75\ W \cdot \Delta t$, wobei Δt die Zeitspanne ist, die man braucht um die Flüssigkeit um den Temperaturanstieg ΔT zu erreichen.

b) 

Lösung Aufgabe 2

a) Aus jeder Messreihe möglich:
ΔE proportional zu ΔT, da die Schaubilder Ursprungsgeraden sind,
oder man erkennt an den Wertepaaren, dass die k-fache Temperaturerhöhung auch die (ungefähr) k-fache Energiemenge benötigt,
oder man überprüft die Quotienten ΔE:ΔT.

b) Aus Messreihe 1 und 2:
Man sieht, dass bei doppelter Masse auch immer (ungefähr) doppelt so viel Energie notwendig ist, um die gleiche Temperaturerhöhung zu erreichen.

c) Aus Messreihe 2 und 3:
Trotz gleicher Masse benötigt man unterschiedlich viel Energie um die gleiche Temperaturerhöhung zu erreichen.

Lösung Aufgabe 3

200 g	100 g	100 g
10 °C	**10°C**	**10°C**
8900 J	4700 J	2200 J
8900: 200 = 44,5 J pro Gramm und 10°C 44,5: 10 = 4,45 J pro Gramm und einem °C	4700: 100 = 47,0 J pro Gramm und 10°C 47,0: 10 = 4,7 J pro Gramm und einem °C	2200: 100 = 22,0 J pro Gramm und 10°C 22,0: 10 = 2,2 J pro Gramm und einem °C

Lösung Aufgabe 4

Material:	**Wasser**		**m = 200 g**			
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
ΔE in J	**0**	8900	17900	26600	36900	47700	Mittelwert
c		4,5	4,5	4,4	4,6	4,8	4,5

Material:	**Wasser**		**m = 100 g**				
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	
ΔE in J	**0**	4700	9500	13700	18800	23000	Mittelwert
c		4,7	4,8	4,6	4,7	4,6	4,7

Material:	**?**		**m = 100 g**				
ΔT in °C	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	
ΔE in J	**0**	2200	4100	6300	8600	10400	Mittelwert
c		2,2	2,1	2,1	2,2	2,1	2,1

Lösung Aufgabe 5

a) Da man immer eine Energieabgabe an die Umgebung hat und man diese nicht berücksichtigt, ist der verwendete Energiewert systematisch zu hoch. Deshalb ist auch die spezifische Wärmekapazität zu hoch.

b) Es könnte sich um Öl handeln.

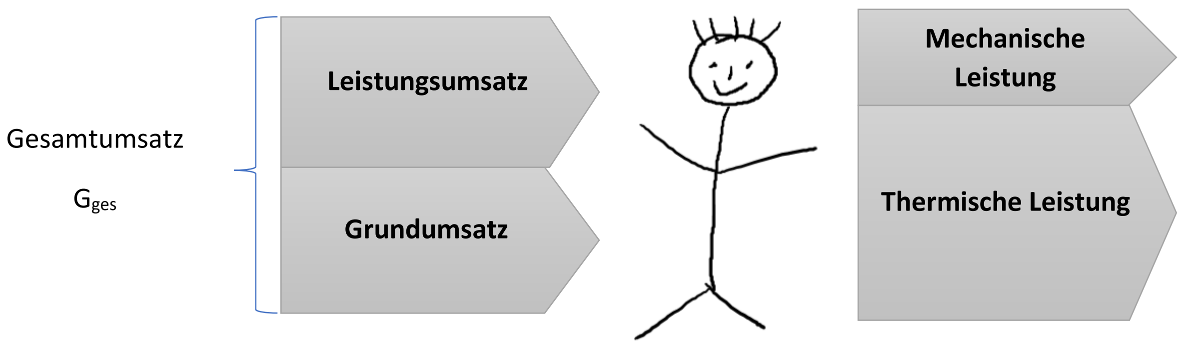
Energieströme beim Menschen

Folgende inhaltsbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

Folgende prozessbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- **mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen**
- **Sachtexte mit physikalischem Bezug sinnentnehmend lesen**
- **funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto"-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel UrsacheWirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln)**
- **sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen unter Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen austauschen (unter anderem Unterscheidung von Größe und Einheit, Nutzung von Präfixen und Normdarstellung)**

Energieströme beim Menschen



INFO
Der Grundumsatz ist die Energiemenge pro Tag, die im Ruhezustand eines Menschen benötigt wird, um im Wesentlichen die Funktion der Organe aufrechtzuerhalten. Sie wird als thermische Energie an die Umgebung wieder abgegeben.
Eine einfache Faustformel zur Berechnung des Grundumsatzes ist

$G_F = 90\frac{kJ}{kg \cdot d} \cdot m$ $G_M = 100\frac{kJ}{kg \cdot d} \cdot m$	F = Frauen M = Männer d = Tag m = Masse in kg

Um irgendwelche Aktivitäten durchzuführen, braucht der Körper mehr Energie (pro Tag), die als Leistungsumsatz bezeichnet wird. Diese Energie wird als thermische und mechanische Energie an die Umgebung abgegeben.
Der Mensch kann im Allgemeinen nur einen Teil der zugeführten Energie als mechanische Energie nutzen. Der andere Teil wird als thermische Energie an die Umgebung abgegeben.
Der Wirkungsgrad gibt an, wie viel der zugeführten Energie genutzt werden kann:

$$\eta = \frac{E_{genutzt}}{E_{zugeführt}} = \frac{E_{genutzt}}{E_{zugeführt}} \cdot 100\%$$

Aufgabe 1		

a) Bestimme die Einheit von G.
b) Was ist G, aufgrund der Einheit, für eine physikalische Größe?

Aufgabe 2		

Bestimme den Grundumsatz eines Mannes (oder einer Frau):
a) pro Kilogramm und Tag
b) pro Kilogramm und Stunde
c) pro Kilogramm und Sekunde

Aufgabe 3		

Bestimme deinen Grundumsatz:
a) pro Kilogramm und Tag
b) pro Kilogramm und Stunde
c) pro Kilogramm und Sekunde

Aufgabe 4		

Während einer Unterrichtsstunde ist man meistens sitzend „tätig“. In Tabellen kann man nachlesen, dass man dafür durchschnittlich den 1,5-fachen Grundumsatz benötigt.
a) Berechne die Energiemenge, die ein 60 kg schwerer Junge (oder ein 50 kg schweres Mädchen) während einer Doppelstunde benötigt oder
b) Berechne deine Energiemenge für eine Doppelstunde.

Lösung Aufgabe 1
a) $[G] = \frac{kJ}{d} = \frac{1000\,J}{24 \cdot 3600\,s} \approx 0{,}012\,W$ b) Leistung

Lösung Aufgabe 2

$G_F = 90 \frac{kJ}{kg \cdot d} \cdot m$	$G_M = 100 \frac{kJ}{kg \cdot d} \cdot m$
$90 \frac{kJ}{kg \cdot d} \approx 3{,}8 \frac{kJ}{kg \cdot h}$ $\approx 1{,}04 \cdot 10^{-3} \frac{kJ}{kg \cdot s}$	$100 \frac{kJ}{kg \cdot d} \approx 4{,}2 \frac{kJ}{kg \cdot h}$ $\approx 1{,}16 \cdot 10^{-3} \frac{kJ}{kg \cdot s}$

Lösung Aufgabe 3

$G_F = 90 \frac{kJ}{kg \cdot d} \cdot m$ für z.B. 50 kg	$G_M = 100 \frac{kJ}{kg \cdot d} \cdot m$ für z.B. 60 kg
$4500 \frac{kJ}{kg \cdot d} \approx 190 \frac{kJ}{kg \cdot h}$ $\approx 0{,}052 \frac{kJ}{kg \cdot s}$	$6000 \frac{kJ}{kg \cdot d} \approx 252 \frac{kJ}{kg \cdot h}$ $\approx 0{,}070 \frac{kJ}{kg \cdot s}$

Lösung Aufgabe 4

Mädchen	Junge
Grundumsatz für 50 Kg je Stunde: $190 \frac{kJ}{kg \cdot h}$ Gesamtumsatz je Stunde beim Sitzen $1{,}5 \cdot 190 \frac{kJ}{kg \cdot h} = 285 \frac{kJ}{kg \cdot h}$ Gesamtumsatz für eine Doppelstunde = 1,5 h: $1{,}5 \cdot 285 \frac{kJ}{kg \cdot h} \approx 428 \frac{kJ}{kg \cdot h}$	Grundumsatz für 60 Kg je Stunde: $252 \frac{kJ}{kg \cdot h}$ Gesamtumsatz je Stunde beim Sitzen $1{,}5 \cdot 252 \frac{kJ}{kg \cdot h} = 378 \frac{kJ}{kg \cdot h}$ Gesamtumsatz für eine Doppelstunde = 1,5 h: $1{,}5 \cdot 378 \approx 567 \frac{kJ}{kg \cdot h}$

Messung Zentripetalkraft

Folgende inhaltsbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

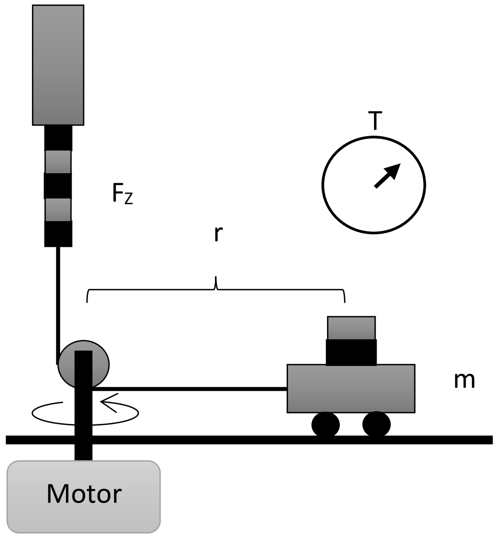
- gleichförmige *Kreisbewegungen* untersuchen und beschreiben (***Radius, Bahngeschwindigkeit***, ***Periodendauer, Frequenz***, $v = \frac{2\pi r}{T}$)
- die gleichförmige ***Kreisbewegung*** eines Körpers mithilfe der ***Zentripetalkraft*** erklären ($F_Z = \frac{mv^2}{r}$)

Folgende prozessbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- **Experimente durchführen und auswerten, dazu gegebenenfalls Messwerte erfassen**
- **mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen und überprüfen**
- **aus proportionalen Zusammenhängen Gleichungen entwickeln**
- **mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen**
- **funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto"-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel UrsacheWirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln)**
- **Sachinformationen und Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen (zum Beispiel Tabelle, Diagramm, Text, Formel)**

Messung Zentripetalkraft

- Eine Fahrbahn wird mit Hilfe eines Motors in Rotation versetzt. Der Motor kann unterschiedlich schnell drehen.
- Der Kraftmesser rotiert mit.
- Die Geschwindigkeit wird indirekt über den Radius und die Periodendauer bestimmt.
- Drehgeschwindigkeit des Motors, die Masse des Wagens und der Radius können getrennt variiert werden.



Es wurden folgende Messreihen aufgenommen:

V1 Abhängigkeit F_Z von m (bei konstantem r = 0,2 m, T = 1,9 s)

m in kg	0,20	0,30	0,40
F_Z in N	0,44	0,65	0,87

V2 Abhängigkeit F_Z von v (bei konstantem r = 0,2 m, m = 0,20 kg)

T in s	2,2	1,8	1,3	1,1
v in m/s				
F_Z in N	0,32	0,49	0,94	1,32

V3 Abhängigkeit F_Z von r (bei konstantem m = 0,2 kg, v = 0,7 m/s)

r in m	0,10	0,20	0,30
F_Z in N	1,00	0,50	0,33

Aufgabe 1		

a) Skizziere für V1 das zugehörige F_Z-m-Diagramm.
b) Bestimme die Proportionalitätskonstante (mit Einheit) möglichst genau.

Aufgabe 2		

a) Skizziere für V2 das zugehörige F_Z-v-Diagramm.
b) Skizziere für V2 das zugehörige F_Z-v^2-Diagramm. Fällt dir was auf?
c) Bestimme aus dem F_Z-v^2-Diagramm die Proportionalitätskonstante (mit Einheit) möglichst genau.

Aufgabe 3		

a) Skizziere für V3 das zugehörige F_Z-r-Diagramm.
b) Skizziere für V3 das zugehörige F_Z- $\frac{1}{r}$-Diagramm. Fällt dir was auf?
c) Bestimme aus dem F_Z- $\frac{1}{r}$-Diagramm die Proportionalitätskonstante (mit Einheit) möglichst genau.

Aufgabe 4		

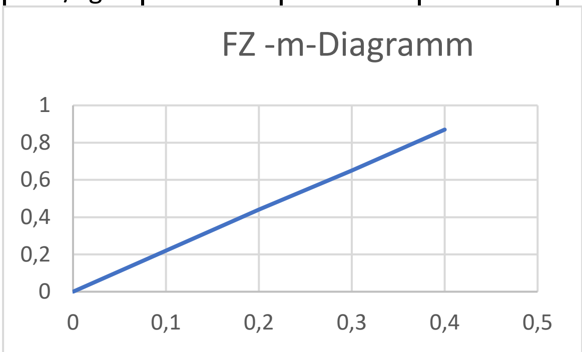
Aus den Versuchen V1 bis V3 erhält man als Ergebnis:

$F_Z \sim \frac{m \cdot v^2}{r}$.

a) Vergleiche die Einheiten von F_Z und $\frac{m \cdot v^2}{r}$. Fällt dir was auf?
b) Vergleiche für jeweils ein Wertepaar aus jedem Versuch die Werte für F_Z und $\frac{m \cdot v^2}{r}$. Fällt dir was auf? Welchen Schluss darf man daraus ziehen?

Lösung Aufgabe 1

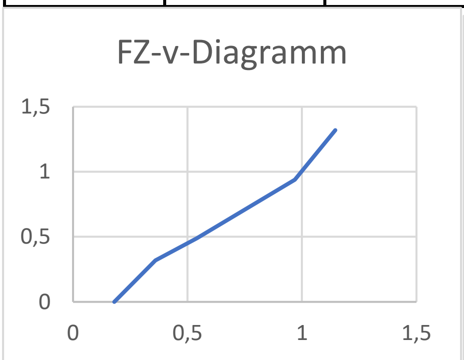
m in kg	0	0,2	0,3	0,4
F_Z in N	0	0,44	0,65	0,87
FZ/m in N/kg		2,2	2,2	2,2

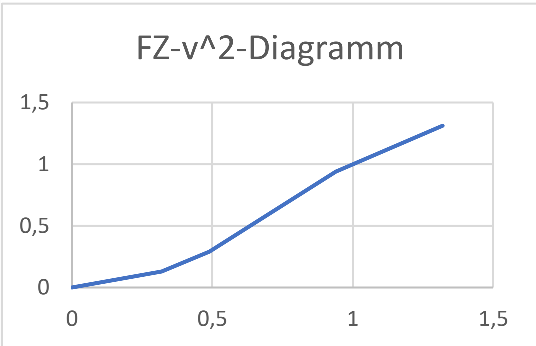


Konstante = 2,2 N/kg

Lösung Aufgabe 2

T in s	0	2,2	1,8	1,3	1,1
v in m/s	0	0,57	0,70	0,97	1,15
F_Z in N	0	0,32	0,49	0,94	1,32
v°2 in (m/s)^2	0	0,33	0,49	0,94	1,31
FZ/v^2		0,98	1,00	1,00	1,01

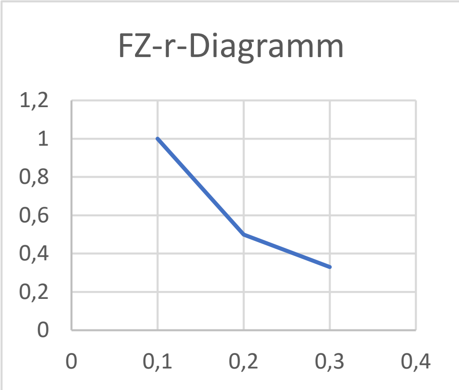


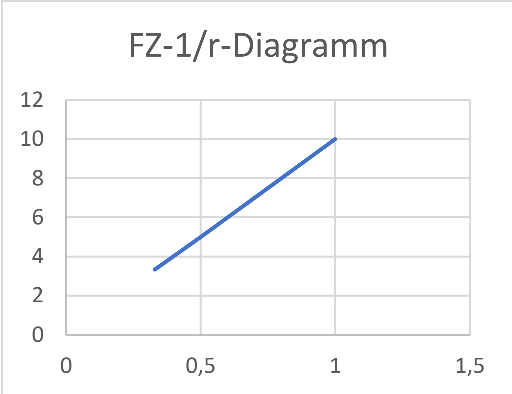


Das F_Z-v-Diagramm ist keine, das F_Z-v^2-Diagramm ist eine Ursprungsgerade.
Daher ist der F_Z-v-Zusammenhang nicht proportional, der
F_Z-v-Zusammenhang ist proportional mit der Konstanten $\frac{F_Z}{v^2} \approx 1{,}0\ \frac{N}{\left(\frac{m}{s}\right)^2}$

Lösung Aufgabe 3

r in m	0,1	0,2	0,3
F_Z in N	1	0,5	0,33
1/r in 1/m	10	5	3,3
FZ/(1/r)	0,1	0,1	0,1





Das F_Z-r-Diagramm ist keine, das F_Z-1/r-Diagramm ist eine Ursprungsgerade.
Daher ist der F_Z-r-Zusammenhang nicht proportional, der
F_Z-1/r-Zusammenhang ist proportional mit der Konstanten $\frac{F_Z}{\frac{1}{r}} = F_z \cdot r \approx 0{,}1\ Nm$

Lösung Aufgabe 4

a) $[F] = N = kg\frac{m}{s^2} \quad und \quad \left[\frac{m \cdot v^2}{r}\right] = \frac{kg \cdot \frac{m^2}{s^2}}{m} = kg\frac{m}{s^2}$
Die Einheiten stimmen überein, d.h. die Proportionalitätskonstante hat keine Einheit, ist nur eine Zahl!

b) Zum Beispiel

	V1	V2	V3
r in m	0,2	0,2	0,1
T in s	1,9	2,2	
v in m/s	0,7 (berechnet)	0,6 (berechnet)	0,7
m in kg	0,2	0,2	0,2
$\frac{m \cdot v^2}{r}$ in N	0,49	0,36	0,98
FZ in N gemessen	0,44	0,32	1,0

Die Werte von FZ und $\frac{m \cdot v^2}{r}$ stimmen ungefähr überein. Die Proportionalitätskonstante ist 1.

D.h. aus $F_Z \sim \frac{m \cdot v^2}{r}$ wird $F_Z = \frac{m \cdot v^2}{r}$

Überlagerung von Bewegungen 1

Folgende inhaltsbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

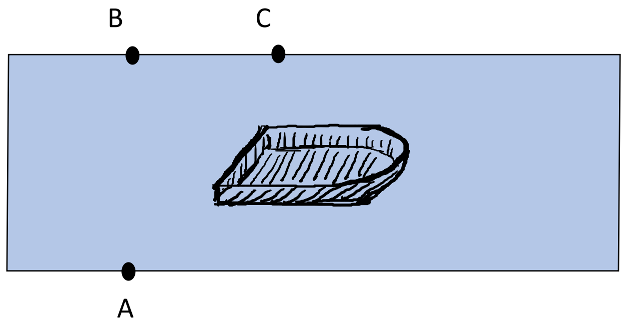
- **mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen**
- **funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto"-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel Ursache-Wirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln)**

Folgende prozessbezogenen Kompetenzen können unter anderem trainiert werden:

- zusammengesetzte Bewegungen beschreiben (zum Beispiel Bootsfahrt über einen Fluss, waagerechter Wurf) und daran den vektoriellen Charakter der *Geschwindigkeit* erläutern

Überlagerung von Bewegungen

Ein Schlauchboot mit konstanter Motorgeschwindigkeit $\vec{v}_M = 5\frac{m}{s}$ fährt auf einem 100 m breiten Fluss mit einer durchschnittlichen Fließgeschwindigkeit $\vec{v}_F = 2\frac{m}{s}$. Die Geschwindigkeit des Bootes vom Rand des Ufers aus gesehen sei $\vec{v}_B = \vec{v}_M + \vec{v}_F$



Aufgabe 1a	**Mittleres Niveau**	

Das Boot fährt eine 3 km lange Strecke in Fließrichtung und anschließend die gleiche Strecke wieder zurück. Wie lange braucht es dafür?

Schülergruppe 1 schlägt folgende Lösung vor:

(1) Geschwindigkeitsbetrag Boot in Fließrichtung $v_B = v_M + v_F = 7\frac{m}{s}$

Geschwindigkeitsbetrag Boot in Fließrichtung $v_B = v_M - v_F = 3\frac{m}{s}$

Durchschnittsgeschwindigkeit $\bar{v}_B = 5\frac{m}{s}$

(2) $s = \bar{v}_B \cdot t \quad \Rightarrow \quad t = \frac{s}{\bar{v}_B \cdot}$

Schülergruppe 2 schlägt folgende Lösung vor:

$$t = t_{hin} + t_{zurück} = \frac{s}{v_M + v_F} + \frac{s}{v_M - v_F}$$

- Berechne für beide Lösungswege die Lösung.
- Vergleiche die Lösungen und bewerte die Lösungswege.

Aufgabe 1b	**Hohes Niveau**	

Das Boot fährt eine 3 km lange Strecke in Fließrichtung und anschließend die gleiche Strecke wieder zurück. Wie lange braucht es dafür?

a) Eine Schülergruppe schlägt folgende Lösung vor:

(1) Geschwindigkeitsbetrag Boot in Fließrichtung $v_B = v_M + v_F = 7\frac{m}{s}$

Geschwindigkeitsbetrag Boot in Fließrichtung $v_B = v_M - v_F = 3\frac{m}{s}$

Durchschnittsgeschwindigkeit $\bar{v}_B = 5\frac{m}{s}$

(2) $s = \bar{v}_B \cdot t \quad \Rightarrow \quad t = \frac{s}{\bar{v}_B \cdot} = \frac{2 \cdot 3000m}{5\frac{m}{s}} = 1200\,s = 20\,min$

Finde den Fehler der Schülerlösung.

b) Berechne die richtige Lösung.

Aufgabe 1c	**Hohes Niveau**	

Das Boot fährt eine 3 km lange Strecke in Fließrichtung und anschließend die gleiche Strecke wieder zurück. Wie lange braucht es dafür?

Aufgabe 2	Hohes Niveau	

Das Boot fährt eine bestimmte Strecke s in Fließrichtung und anschließend die gleiche Strecke wieder zurück. Die benötigte (Gesamt-) Fahrzeit t kann man mit folgender Formel berechnen:

$$t = t_{hin} + t_{zurück} = \frac{2 \cdot s \cdot v_M}{v_M^2 - v_F^2}$$

(1) Wie wirkt sich das auf die (Gesamt-) Fahrzeit t aus, wenn
   (1) v_M immer größer wird und v_F konstant bleibt?
   (2) v_F immer größer wird und v_M konstant bleibt?
   (3) v_F größer als v_M ist?

(2) Leite die obige Formel für t her.

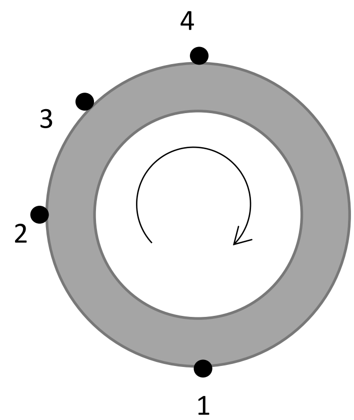
Aufgabe 3	Mittleres Niveau	

Das Schlauchboot startet nun mit den Geschwindigkeitswerten von oben in von A aus in Richtung B.

a) Wie lange dauert die Überfahrt?
b) Um welche Strecke wird es abgetrieben?
c) Bestimme den Betrag der Geschwindigkeit v_B.

Aufgabe 4	Hohes Niveau	

Radfahren ohne Schutzblech bei Regen



Wer bei Regen ohne Schutzblech fährt bekommt einen nassen Rücken.

Das Fahrrad fährt mit einer Geschwindigkeit von 25 km/h.
Die markierten Punkte stellen Wasserteilchen dar.

a) Begründe, dass jeder Punkt an der Reifenoberfläche auch die Bahngeschwindigkeit 25 km/h hat.
b) Die eigentliche Bewegung der Wasserteilchen kann als Überlagerung zweier Teilbewegungen angesehen werden. Welche beiden Teilbewegungen sind das? Und in welche Richtung gehen sie.
c) Bestimme für die 4 Teilchen die resultierende Geschwindigkeit (Betrag und Richtung). Verwende einen geeigneten Maßstab.

Lösung Aufgabe 1a
a) Schülergruppe 1 $t = \frac{s}{\bar{v}_B} = \frac{2 \cdot 3000\,m}{5\,\frac{m}{s}} = 1200\,s = 20\,min$ Schülergruppe 2 $t = t_{hin} + t_{zurück} = \frac{s}{v_M + v_F} + \frac{s}{v_M - v_F}$ $= \frac{3000\,m}{7\,\frac{m}{s}} + \frac{3000\,m}{3\,\frac{m}{s}} \approx 430\,s + 1000\,s \approx 28\,min$ b) Der Lösungsweg von Gruppe 2 berücksichtigt, dass die beiden Strecken aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeiten unterschiedlich lang dauern. Durch die Berechnung des Mittelwertes der Geschwindigkeiten wird fälschlicherweise angenommen, dass die Zeiten für Hin- und Rückfahrt gleich lange dauern. Lösungsweg 2 ist somit falsch.
Lösung Aufgabe 1b
a) Durch die Berechnung des Mittelwertes der Geschwindigkeiten wird fälschlicherweise angenommen, dass die Zeiten für Hin- und Rückfahrt gleich lange dauern. Lösungsweg 2 ist somit falsch. b) $t = t_{hin} + t_{zurück} = \frac{s}{v_M+v_F} + \frac{s}{v_M-v_F} = \frac{3000\,m}{7\,\frac{m}{s}} + \frac{3000\,m}{3\,\frac{m}{s}} \approx 430\,s + 1000\,s \approx 28\,min$
Lösung Aufgabe c
$t = t_{hin} + t_{zurück} = \frac{s}{v_M + v_F} + \frac{s}{v_M - v_F} = \frac{3000\,m}{7\,\frac{m}{s}} + \frac{3000\,m}{3\,\frac{m}{s}} \approx 430\,s + 1000\,s \approx 28\,min$
Lösung Aufgabe 2a
a) Aus $t = t_{hin} + t_{zurück} = \frac{2 \cdot s \cdot v_M}{v_M^2 - v_F^2}$ kann man ablesen: (3) v_M immer größer wird und v_F konstant bleibt? v_M kommt sowohl im Zähler als auch im Nenner vor. Da v_M im Nenner quadratisch vorkommt, wächst der Nenner stärker als der Zähler. Der Bruch, und damit die Gesamtzeit wird kleiner. (4) v_F immer größer wird und v_M konstant bleibt? v_F kommt nur im Nenner vor und wird subtrahiert. Wenn v_F immer größer wird, wird der Nenner immer kleiner (, falls $v_F < v_M$,) und damit die Gesamtzeit größer. (5) v_F größer als v_M ist? Die Gesamtzeit wäre negativ, was bedeutet, dass das Boot nicht mehr zurückkehren könnte. b) $t = t_{hin} + t_{zurück} = \frac{s}{v_M+v_F} + \frac{s}{v_M-v_F} = \frac{s \cdot (v_M - v_F) + s \cdot (v_M + v_F)}{(v_M+v_F) \cdot (v_M - v_F)} = \frac{2 \cdot s \cdot v_M}{v_M^2 - v_F^2}$
Lösung Aufgabe 3
a) Die Fahrzeit hängt nur von der Motorgeschwindigkeit v_M ab: $s = v_M \cdot t \quad \Rightarrow \quad t = \frac{s}{v_M} = \frac{100\,m}{7\,s} \approx 14{,}3\,s$ b) Die Abtreibung in Fließrichtung hängt nur von der Flussgeschwindigkeit v_F ab: $s = v_F \cdot t = 3\,\frac{m}{s} \cdot 14{,}3\,s \approx 43\,m$