Fachmethodenordner

Physik

Gymnasium Spaichingen

Version: 14.01.2014

Download der aktuellen Version:

www.spaichinger-schallpegelmesser.de

Inhalt

COPYRIGHT 4

NATURPHÄNOMENE 5

Protokoll **5**
- *Kopf* 5
- *Aufgabenstellung* 5
- *Material* 6
- *Versuchsdurchführung* 6
- *Skizzen anfertigen* 6
- *Beobachtung* 6
- *Erklärung* 6

Experimente planen **6**

PHYSIK AB KLASSE 7 7

Physikalische Größen **7**
- *Welche Bedeutung haben Milli, Zenti, Dezi, Kilo und Mega?* 7
- *Beispiele für die Verwendung von Milli, Zenti, Dezi, Kilo und Mega* 8

Arbeiten mit Schaubildern **8**
- *Werte aus Schaubildern ablesen* 8
- *Schaubilder mithilfe einer gegebenen Wertetabelle zeichnen* 9
- *Schaubilder beschreiben* 9

Umgang mit Texten **10**

Messung von elektrischen Stromstärken und Spannungen **11**
- *Messung der elektrischen Stromstärke an Stelle 1* 11
- *Messung der Spannung (Potenzialdifferenz) zwischen den Stellen 2 und 3* 12

PHYSIK AB KLASSE 8 13

Physikalische Größen **13**

Interpretation von Formeln **14**

Umstellen von Formeln **15**

Lösen von einfachen Rechenaufgaben **16**

Funktionale Zusammenhänge und Proportionalitäten erkennen **17**
- *Proportionalitätsvermutung anhand eines Schaubildes* 17
- *Proportionalitätsvermutung und Überprüfung anhand einer Wertetabelle* 17

Ausgleichsgerade **19**

PHYSIK AB KLASSE 9 21

Physikalische Größen 21
Welche Bedeutung haben Piko, Nano, Mikro, Milli, Kilo, Mega, Giga und Tera? 22
Beispiele für die Verwendung von Piko, Nano, Mikro, Milli, Kilo, Mega, Giga und Tera 22
Kohärente SI-Einheiten 22
Eckige Klammern und kohärente Einheiten 22
Änderung einer physikalischen Größe (Differenz) 22
Geltende Ziffern 23

Arbeiten mit Schaubildern 24
Schaubilder anhand einer gegebenen Formel zeichnen 24
Schaubilder erklären 24
Schaubilder interpretieren 24

Funktionale Zusammenhänge und Proportionalitäten erkennen 25
Proportionalitätsvermutung und Überprüfung 26
Proportionalitäten an einer Formel ablesen 27

Unbekannte Formeln 27

Umstellen von Formeln 28

Naturwissenschaftliche Arbeitsweise 29
Ablaufschema naturwissenschaftliche Arbeitsweise 29
Planung eines Experimentes (allgemein) 29
Durchführung des Experiments 30
Auswertung des Experiments 30
Aufbau eines Protokolls 32

PHYSIK AB KLASSE 10 33

Physikalische Größen 33
Skalare und Vektoren 34
Änderung einer physikalischen Größe 36

Auswerten mit dem GTR 38

PHYSIK AB KLASSE 11 40

Messgenauigkeit und Fehlerrechnung 40

Copyright

Autoren:

Andreas Herlet

Uwe Lodahl

Anton Meßmer

Daniel Pulvermüller

Marco Sattel

Dr. Markus Ziegler

Naturphänomene

Protokoll

Durch das Protokoll werden Versuche dokumentiert.
Ein Protokoll hat folgende Form:

Name:	Klasse:	Datum:
	<u>Überschrift</u>	
Aufgabenstellung:	*Frage oder These*	
Material:	*Materialliste*	
Versuchsdurchführung:	*Skizze + Beschreibung de Versuchs*	
Beobachtung:	*Was konnte man wahrnehmen? (sehen, hören, fühlen, riechen, schmecken)*	
Erklärung:	*Warum und weshalb ist der Versuch so abgelaufen?(Wissen, Regel, Gesetz)*	

Kopf

Der Kopf des Protokolls muss Name, Klasse, und Datum sowie das Thema des Protokolls (Überschrift) enthalten.

Aufgabenstellung

Zu jedem Experiment gehört eine Frage, die man mit diesem Experiment beantworten möchte oder eine These, die man bestätigen oder widerlegen möchte.
Die Frage soll dazu dienen herauszufinden, wann oder wie etwas funktioniert.
Beispiel: „Wie muss man die Magnete aneinander halten, damit sie sich abstoßen?“
Eine These könnte lauten: „Wenn man 2 gleiche Pole aneinander hält, stoßen sie sich ab.“

Material
Hier wird eine Liste des verwendeten Materials angegeben.

Versuchsdurchführung
Der Versuchsaufbau wird mit einer Skizze dargestellt und das Vorgehen bei der Durchführung des Versuches beschrieben, sodass der Leser den Versuch nachvollziehen kann. Auch Sicherheitshinweise gehören hier her.

Skizzen anfertigen
Zur Veranschaulichung eines Versuchsaufbaus, eines technischen Geräts, eines Lebewesens oder eines Vorgangs ist es oft hilfreich, eine einfache Zeichnung zu erstellen. Eine solche Zeichnung wird auch Skizze genannt.
Diese Zeichnung muss nicht maßstabsgetreu sein. Es müssen auch nicht alle Einzelheiten in die Skizze eingezeichnet werden. Es genügen die wesentlichen Merkmale.

Beobachtung
Beim Beobachten werden Abläufe in der Natur, im Experiment oder in der Technik **bewusst wahrgenommen** (durch Sehen, Hören, Fühlen, Schmecken oder Riechen). Man achtet besonders darauf,

- wie ein Vorgang zeitlich abläuft,
- wie ein Experiment aufgebaut ist,
- wie ein Gerät aufgebaut ist,
- welche Veränderungen vorkommen werden.

Hilfreich sind folgende Formulierungen:

- zur Beschreibung von Ursache und Wirkung: „Wenn …, dann …“
  Beispiel: „Wenn man den Schalter schließt, dann leuchtet das Lämpchen“,
- zur Beschreibung von Abhängigkeiten: „Je …, desto …“
  Beispiel: Je größer das Volumen von Wasser ist, desto größer ist die Masse des Wassers.

Erklärung
Die Erklärung gibt die Begründung dafür, weshalb man etwas beobachten konnte, warum ein Experiment oder ein Vorgang genau so abgelaufen ist. Die Erklärung beinhaltet das Wissen, welches man über den Vorgang hat und beinhaltet oft eine Regel (Gesetz).
Beispiel: Gleiche magnetische Pole stoßen sich ab.
Oder ein Modell: Alle Stoffe bestehen aus kleinsten Teilchen.

Experimente planen
Bevor mithilfe eines Versuchs eine Fragestellung beantwortet werden kann, muss das Experiment geeignet geplant werden, d. h., das Experiment muss so geplant werden, dass man durch das Experiment eine Antwort auf die Fragestellung erhält.
Bei der Planung eines Experimentes muss man sich überlegen,

- welche Geräte man dazu braucht,
- wie das Experiment aufgebaut werden soll,
- wie man das Experiment durchführen soll.

Physik ab Klasse 7

Physikalische Größen

Zur Beschreibung der Natur verwendet man physikalische Größen. Sie sind in der Regel dadurch gekennzeichnet, dass man sie **messen** kann.
Physikalische Größen werden durch **Symbole** dargestellt.
Zur Angabe des Werts einer physikalischen Größe gehört immer die **(Maß-)Zahl** und die **Maßeinheit**.
Beispiel:

$$Weg = 12{,}5\ \mathrm{m}$$
$$s = 12{,}5\ \mathrm{m}$$

Beispiele für physikalische Größen, Symbole und Einheiten			
physikalische Größe	Symbol	Beispiele für Maßeinheiten (kurz: Einheiten)	Wert einer physikalischen Größe
Zeit	t	s, min, h, d, a	$t = 5\ \mathrm{s}$
Weg	s	mm, cm, dm, m, km	$s = 10\ \mathrm{m}$
Fläche	A	$\mathrm{mm}^2, \mathrm{cm}^2, \mathrm{dm}^2, \mathrm{m}^2, \mathrm{km}^2$	$A = 8\ \mathrm{m}^2$
Volumen	V	$\mathrm{mm}^3, \mathrm{cm}^3, \mathrm{dm}^3, \mathrm{m}^3, \mathrm{km}^3$	$V = 1{,}7\ \mathrm{m}^3$
Geschwindigkeit	v	$\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ (Meter pro Sekunde), $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$	$v = 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
Masse	m	g, kg, t	$m = 1{,}3\ \mathrm{kg}$
Energie	E	J (Joule), kJ, MJ	$E = 1200\ \mathrm{J}$
Leistung (Energiestromstärke)	P	W (Watt), kW	$P = 200\ \mathrm{W}$
Druck	p	Pa (Pascal), bar 1 bar = 100 000 Pa	$p = 8000\ \mathrm{Pa}$
elektrische Ladung	Q	C (Coulomb)	$Q = 0{,}1\ \mathrm{C}$
elektrische Stromstärke (Ladungsstromstärke)	I	A (Ampere)	$I = 5\ \mathrm{A}$
elektrisches Potenzial	φ	V (Volt)	$\varphi = 10{,}1\ \mathrm{V}$
elektrische Spannung	U	V (Volt)	$U = 12{,}4\ \mathrm{V}$
Periodendauer	T	s, min, h, d, a	$T = 5\ \mathrm{s}$
Frequenz	f	Hz (Hertz)	$f = 0{,}2\ \mathrm{Hz}$
Amplitude	$\hat{s}$	mm, cm, dm, m, km	$\hat{s} = 0{,}03\ \mathrm{m}$

Welche Bedeutung haben Milli, Zenti, Dezi, Kilo und Mega?

Milli, Zenti, Dezi, Kilo und Mega sind Vorsätze für Einheiten.

- Milli bedeutet $\frac{1}{1000}$. Die Abkürzung für Milli lautet: m.
- Zenti bedeutet $\frac{1}{100}$. Die Abkürzung für Zenti lautet: c.
- Dezi bedeutet $\frac{1}{10}$. Die Abkürzung für Dezi lautet: d.
- Kilo bedeutet 1000. Die Abkürzung für Kilo lautet: k.
- Mega bedeutet 1 000 000. Die Abkürzung für Mega lautet: M.

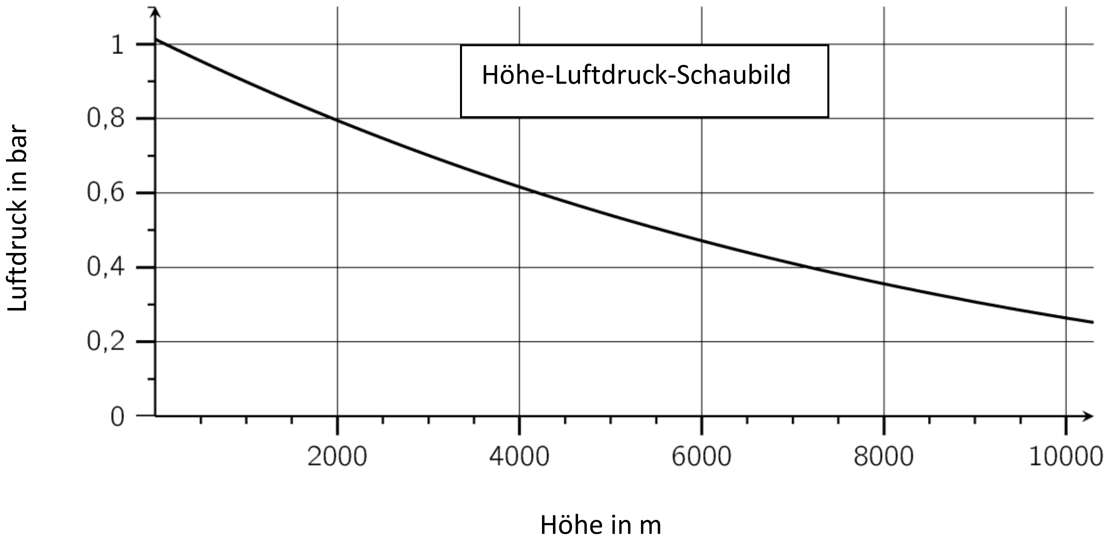
Beispiele für die Verwendung von Milli, Zenti, Dezi, Kilo und Mega

- $1\ \text{mm} = \frac{1}{1000}\ \text{m}, \quad 1\ \text{mV} = \frac{1}{1000}\ \text{V}, \quad 1\ \text{ms} = \frac{1}{1000}\ \text{s}$
- $1\ \text{cm} = \frac{1}{100}\ \text{m}, \quad 1\ \text{cV} = \frac{1}{100}\ \text{V}, \quad 1\ \text{cs} = \frac{1}{100}\ \text{s}$
- $1\ \text{dm} = \frac{1}{10}\ \text{m}, \quad 1\ \text{dV} = \frac{1}{10}\ \text{V}, \quad 1\ \text{ds} = \frac{1}{10}\ \text{s}$
- $1\ \text{km} = 1000\ \text{m}, \quad 1\ \text{kV} = 1000\ \text{V}, \quad 1\ \text{ks} = 1000\ \text{s}$
- $1\ \text{Mm} = 1\,000\,000\ \text{m}, \quad 1\ \text{MV} = 1\,000\,000\ \text{V}, \quad 1\ \text{Ms} = 1\,000\,000\ \text{s}$

Arbeiten mit Schaubildern

Was sind Schaubilder?

In Schaubildern können Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen anschaulich dargestellt werden. Die Achsen werden mit den physikalischen Größen und den zugehörigen Einheiten bezeichnet. Oft verwendet man für die physikalischen Größen nur die Symbole.
Spricht man zum Beispiel von einem Höhe-Luftdruck-Schaubild, dann wird auf der x-Achse die Höhe über dem Meeresspiegel und auf der y-Achse der Luftdruck aufgetragen. Allgemein wird die zuerst genannte Größe (hier Höhe) auf der x-Achse und die andere Größe (hier Luftdruck) auf der y-Achse aufgetragen. Das Schaubild zeigt dann, wie die auf der y-Achse aufgetragene Größe von der auf der x-Achse aufgetragenen Größe abhängt.



Werte aus Schaubildern ablesen

Ist der x-Wert gegeben und möchte man den zugeordneten y-Wert ablesen, geht man wie folgt vor:

1. Man beginnt auf der x-Achse an dem gegebenen x-Wert.
2. Von dort bewegt man sich parallel zur y-Achse (eventuell mit dem Geodreieck eine Hilfsgerade einzeichnen) bis man das Schaubild erreicht.
3. Vom Schaubild aus bewegt man sich parallel zur x-Achse (eventuell mit dem Geodreieck eine Hilfsgerade einzeichnen), bis man die y-Achse erreicht. Den gesuchten y-Wert kann man nun an dieser Stelle der y-Achse ablesen.

Schaubilder mithilfe einer gegebenen Wertetabelle zeichnen

Eine Wertetabelle ist gegeben:

Höhe über dem Meeresspiegel in m	0	200	400	600	800	1000	2000	4000
Luftdruck in bar	1,013	0,989	0,966	0,943	0,921	0,898	0,795	0,616

1. Zuerst muss man entscheiden, auf welcher Achse der Luftdruck bzw. die Höhe aufgetragen wird. Wurde die Höhe im Experiment gezielt geändert und jeweils der dazugehörige Luftdruck bestimmt, dann zeichnet man im Normalfall ein Höhe-Luftdruck-Schaubild, d. h., auf der x-Achse wird die Höhe und auf der y-Achse der Luftdruck aufgetragen. In diesem Fall zeigt das Schaubild dann die Abhängigkeit des Luftdrucks von der Höhe an.
2. Danach wählt man einen geeigneten Zeichenmaßstab, sodass das Schaubild nicht zu klein ist, aber dennoch auf die Seite passt. Hier könnte man z. B. folgenden Maßstab verwenden:
   x-Achse: 1 cm entspricht 400 m
   y-Achse: 1 cm entspricht 0,1 bar
3. Anschließend zeichnet man die Achsen des Schaubildes und beschriftet diese mit der dazugehörigen Größe und Einheit (z. B. Höhe in m, Druck in bar).
4. Anschließend zeichnet man die in der Tabelle gegebenen Wertepaare als Punkte in das Koordinatenkreuz ein.
   Beispiel: Das Wertepaar Höhe = 200 m, Luftdruck = 0,989 bar wird mit dem Zeichenmaßstab umgerechnet:
   0,5 cm entspricht 200 m
   9,89 cm entspricht 0,989 bar
   und anschließend möglichst genau eingezeichnet.
5. Schließlich müssen die „Lücken zwischen den Punkten“ gefüllt werden. Ist zum Beispiel bekannt, dass die Größen voneinander proportional abhängen, dann ist ihr Schaubild eine Ursprungsgerade. Daher versucht man die Gerade so zu legen, dass die Abweichungen nach unten und oben ungefähr gleich groß sind. Eine solche Gerade nennt man auch Ausgleichsgerade.
   Ist nichts über den allgemeinen Verlauf der Kurve bekannt, verbindet man die Punkte im Allgemeinen durch geeignete Kurven, sodass ein einigermaßen glatter Verlauf des Schaubildes zustande kommt.

Schaubilder beschreiben

Beschreibungen dürfen **keine Erklärungen oder Interpretationen** enthalten, d. h., es wird nur der im gegebenen Schaubild sichtbare Zusammenhang zwischen den dargestellten physikalischen Größen genau beschrieben.
Beispiel: Höhe-Luftdruck-Schaubild (siehe oben):
„Befindet man sich auf Meereshöhe (Höhe: 0 m), dann herrscht ein Luftdruck von ca. 1 bar.
Je höher man geht, desto geringer wird der Luftdruck. Bis zur Höhe von ca. 2000 m hängt der Luftdruck beinahe linear von der Höhe ab. Je größer die Höhe, desto langsamer ändert sich der Luftdruck. Bei einer Höhe von ca. 11000 m herrscht nur noch ein Luftdruck von ca. 0,23 bar.“

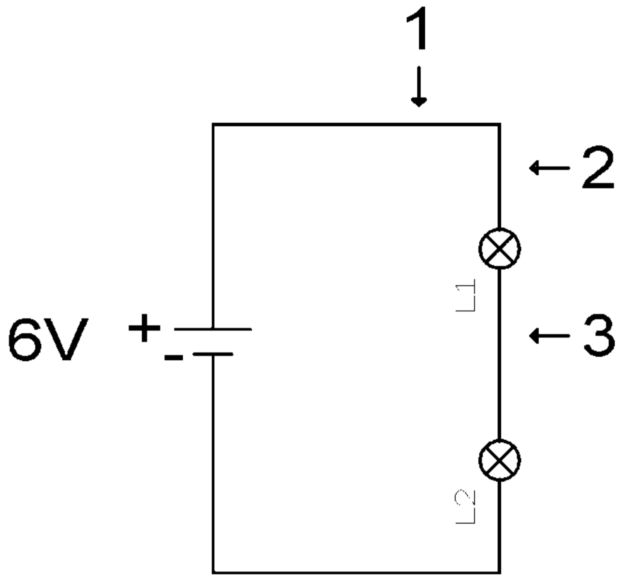
Umgang mit Texten

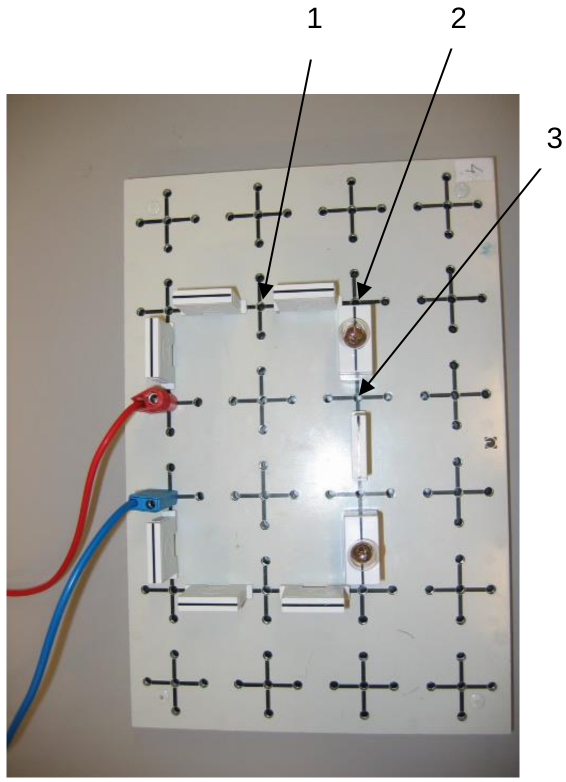
Um wichtige Informationen aus einem Text zu entnehmen, bietet sich folgende Vorgehensweise an:

1. Lies die Aufgabenstellung zunächst genau durch, bevor du den Text liest. Es muss dir bewusst sein, auf was du beim Lesen des Textes besonders achten solltest.
2. Lies den Text und markiere dabei die wichtigsten Stellen.
3. Löse nun die Aufgabe. Verwende hierbei eigene, kurze und präzise Sätze.

Messung von elektrischen Stromstärken und Spannungen

Beispielschaltung ohne Messgeräte:



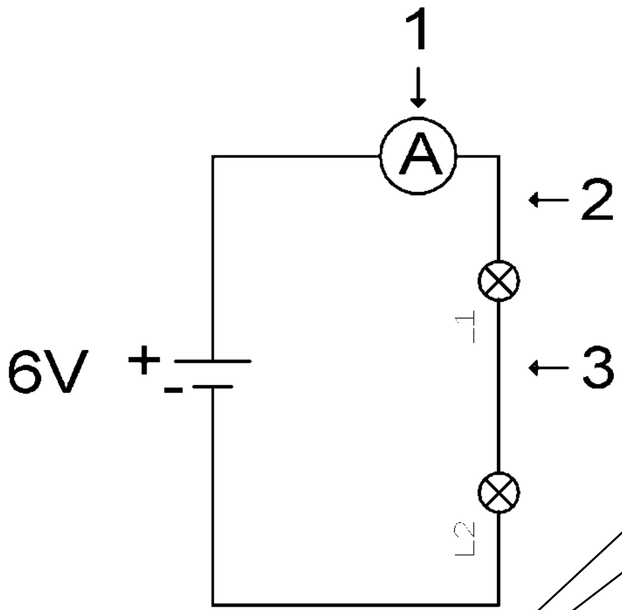


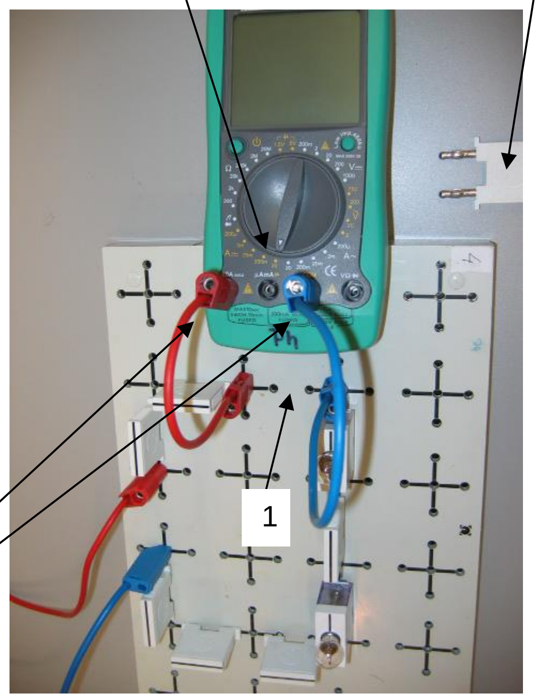
Messung der elektrischen Stromstärke an Stelle 1

Für die Stromstärkemessung entferntes Leitungsstück

Für die Stromstärkemessung muss das Leitungsstück bei Stelle 1 durch das Messgerät ersetzt werden!!!!!

Durch Drehen auf „**20 A =**“ einstellen.

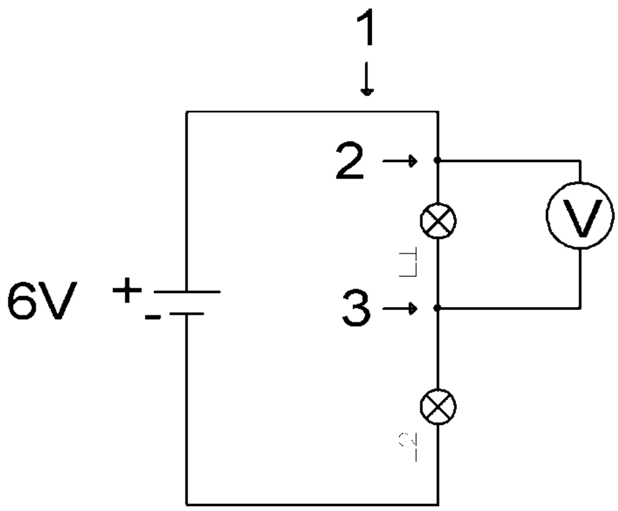


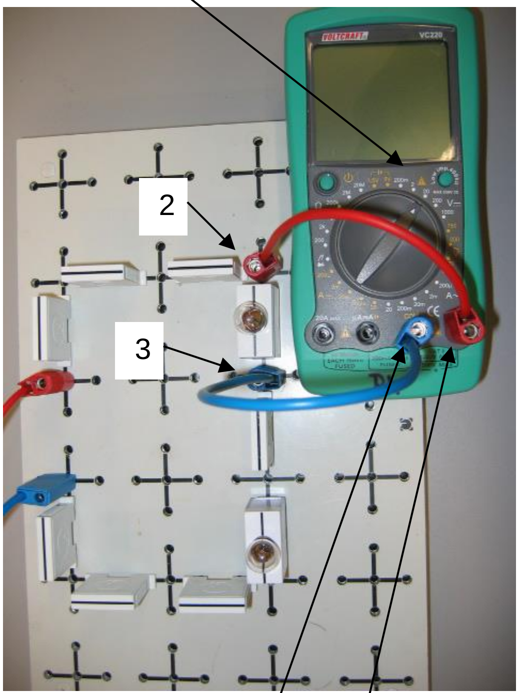


Buchsen **„20 A max“** und „**Com**“ verwenden.

Messung der Spannung (Potenzialdifferenz) zwischen den Stellen 2 und 3

Achtung!!!! Bevor die Anschlussleitungen mit dem Messgerät verbunden werden dürfen, muss das Gerät auf „20 V =“ eingestellt werden. Ansonsten kann das Gerät durch Kurzschluss beschädigt werden!!!





Für die Spannungsmessung darf **kein** Leitungsstück entfernt werden!!

Buchsen **„Com“** und „**V**“ verwenden.

Physik ab Klasse 8

Physikalische Größen

Grundlagen:

- Welche Bedeutung haben Milli, Zenti, Dezi, Kilo und Mega? (siehe Klasse 7)
- Beispiele für die Verwendung von Milli, Zenti, Dezi, Kilo und Mega (siehe Klasse 7)

Beispiele für physikalische Größen, Symbole und Einheiten			
physikalische Größe	Symbol	Beispiele für Maßeinheiten (kurz: Einheiten)	Wert einer physikalischen Größe
Zeit	t	s, min, h, d, a	$t = 5$ s
Weg	s	mm, cm, dm, m, km	$s = 10$ m
Fläche	A	mm^2, cm^2, dm^2, m^2, km^2	$A = 8\ \mathrm{m}^2$
Volumen	V	mm^3, cm^3, dm^3, m^3, km^3	$V = 1,7\ \mathrm{m}^3$
Geschwindigkeit	v	$\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$	$v = 36\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
Masse	m	g, kg, t	$m = 1,3$ kg
Energie	E	J (Joule), kJ, MJ	$E = 1200$ J
Leistung (Energiestromstärke)	P	W (Watt), kW	$P = 200$ W
Druck	p	Pa (Pascal), bar 1 bar = 100 000 Pa	$p = 8000$ Pa
elektrische Ladung	Q	C (Coulomb)	$Q = 0,1$ C
elektrische Stromstärke (Ladungsstromstärke)	I	A (Ampere) $\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}}$ (Ladung pro Sekunde) $1\ \mathrm{A} = 1\ \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}}$	$I = 5$ A
elektrisches Potenzial	φ	V (Volt)	$\varphi = 10,1$ V
elektrische Spannung	U	V (Volt)	$U = 12,4$ V
Impuls	p	Hy (Huygens)	$p = 7$ Hy
Kraft (Impulsstromstärke)	F	N (Newton) $\frac{\mathrm{Hy}}{\mathrm{s}}$ (Huygens pro Sekunde) $1\ \mathrm{N} = 1\ \frac{\mathrm{Hy}}{\mathrm{s}}$	$F = 2000$ N
Periodendauer	T	s, min, h, d, a	$T = 5$ s
Frequenz	f	Hz (Hertz)	$f = 0,2$ Hz
Amplitude	$\hat{s}$	mm, cm, dm, m, km	$\hat{s} = 0,03$ m

Interpretation von Formeln

Physikalische Gesetze beschreiben den Zusammenhang zwischen physikalischen Größen. Dieser Zusammenhang wird häufig in einer Formel zusammengefasst.
Formeln sind mathematische Gleichungen. Rechts und links vom „=“ steht das Gleiche!
Wird zum Beispiel die rechte Seite groß, wird auch die linke Seite groß.
Kommen Brüche vor, muss man aufpassen: Zum Beispiel wird ein Bruch kleiner, wenn der Nenner größer wird.
Beispiel: Dichte ρ:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

In dieser Formel stecken mehrere Informationen:

- Die Dichte eines Körpers hängt von den physikalischen Größen Masse m und Volumen V ab.
- Bei konstantem Volumen gilt: Je größer die Masse, desto größer die Dichte.
- Bei konstanter Masse gilt: Je größer das Volumen, desto kleiner die Dichte.

Umstellen von Formeln

Grundsätzlich lässt sich jede Formel nach jeder vorkommenden Größe auflösen. Dabei gelten die Regeln der Mathematik (Äquivalenzumformungen)!
Ziel dabei ist es, die gesuchte Größe auf einer Seite zu isolieren und alle anderen Größen auf die andere Seite zu schaffen.

Erst dann die Zahlenwerte einsetzen und das Ergebnis berechnen!

Beispiel: $v = \frac{s}{t}$

1. Fall
• Gegeben sind s und t • Gesucht ist v • In diesem Fall muss die Formel $v = \frac{s}{t}$ nicht umgestellt werden

<table>
<tr><td colspan="2">2. Fall</td></tr>
<tr><td colspan="2">• Gegeben sind v und t
• Gesucht ist s
• In diesem Fall muss die Formel $v = \frac{s}{t}$ nach s umgestellt werden</td></tr>
<tr><td>$$\begin{aligned} v &= \frac{s}{t} && \mid \cdot t \\ v \cdot t &= \frac{s}{t} \cdot t && \mid \text{rechts } t \text{ kürzen} \\ v \cdot t &= s \end{aligned}$$</td><td>• Um s zu isolieren, muss t von der rechten Seite entfernt werden. Da auf der rechten Seite $:t$ steht, muss die Umkehroperation $\cdot t$ auf die Gleichung angewandt werden, d. h., wir multiplizieren beide Seiten zunächst mit t.
• Anschließend können wir auf der rechten Seite t kürzen.
• $s = v \cdot t$ ist die gesuchte Umstellung der Formel nach s.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">3. Fall</td></tr>
<tr><td colspan="2">• Gegeben sind v und s
• Gesucht ist t
• In diesem Fall muss die Formel $v = \frac{s}{t}$ nach t umgestellt werden</td></tr>
<tr><td>$$\begin{aligned} v &= \frac{s}{t} && \mid \cdot t \\ v \cdot t &= \frac{s}{t} \cdot t && \mid \text{rechts } t \text{ kürzen} \\ v \cdot t &= s && \mid : v \\ \frac{v \cdot t}{v} &= \frac{s}{v} && \mid \text{links } v \text{ kürzen} \\ t &= \frac{s}{v} \end{aligned}$$</td><td>• t steht im Nenner. Um nach t auflösen zu können, bringen wir zunächst t in den Zähler. Da auf der rechten Seite $:t$ steht, muss dazu die Umkehroperation $\cdot t$ auf die Gleichung angewandt werden, d. h., wir multiplizieren beide Seiten zunächst mit t.
• Anschließend können wir auf der rechten Seite t kürzen.
• Nun haben wir erreicht, dass t im Zähler steht. Um nun t zu isolieren, muss v von der linken Seite entfernt werden. Da auf der linken Seite $v\cdot$ steht, muss die Umkehroperation $:v$ auf die Gleichung angewandt werden, d. h., wir dividieren beide Seiten zunächst durch v.
• Anschließend können wir auf der linken Seite v kürzen.
• $t = \frac{s}{v}$ ist die gesuchte Umstellung der Formel nach t.</td></tr>
</table>

Lösen von einfachen Rechenaufgaben

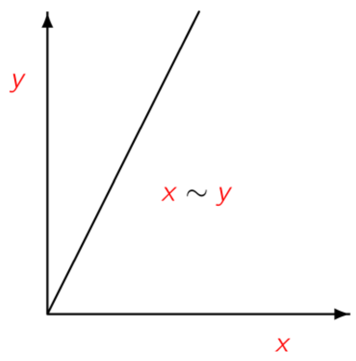
Beim Lösen von **einfachen** Rechenaufgaben empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

1. Lies die Aufgabe durch.	„Ein Autofahrer fährt 504 km weit mit der Durchschnittsgeschwindigkeit 90 km/h. Er macht zusätzlich insgesamt 15 min Pause. Berechne, wie lange er unterwegs ist.“
2. Schreibe zuerst alle Angaben mit Einheiten heraus. Strukturiere hierbei durch die Überschriften „Gegeben“ und „Gesucht“. Verwende dabei die zugehörigen Symbole. Forme die Einheiten passend um. Schreibe eventuell ein erklärendes Wort dazu.	Gegeben: Weg $s = 504\,\text{km}$ Geschwindigkeit $v = 90\,\text{km/h}$ Pause: $t_1 = 15\,\text{min} = 15\,\text{min} \cdot \frac{1\,\text{h}}{60\,\text{min}} = 0,25\,\text{h}$ Gesucht: Gesamtfahrzeit: t_{ges}
Verwende kleine Überschriften, die anzeigen, was gerade berechnet wird.	Berechnung der reinen Fahrzeit t_2:
3. 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.	$v = \frac{s}{t} \quad \vert \cdot t$ $v \cdot t = \frac{s}{t} \cdot t \quad \vert \text{ rechts } t \text{ kürzen}$ $v \cdot t = s \quad \vert : v$ $\frac{v \cdot t}{v} = \frac{s}{v} \quad \vert \text{ links } v \text{ kürzen}$ $t = \frac{s}{v}$ $t_2 = \frac{s}{v} = \frac{504\ \text{km}}{90\ \text{km/h}} = 5,6\ \text{h}$ Berechnung der Gesamtdauer: $t_{ges} = t_1 + t_2 = 0,25\ \text{h} + 5,6\ \text{h} = 5,85\ \text{h}$ $= 5\,\text{h} + 0,85\,\text{h}$ $= 5\,\text{h} + 0,85 \cdot 60\,\text{min} = 5\,\text{h} + 51\,\text{min}$
4. Formuliere einen Antwortsatz.	Der Fahrer war $5\,\text{h}\,51\,\text{min}$ unterwegs.

Funktionale Zusammenhänge und Proportionalitäten erkennen

Mithilfe einer Wertetabelle oder eines Schaubilds lassen sich oft Vermutungen über den **mathematischen Zusammenhang** zweier Größen x und y gewinnen.
Meist sind Aussagen folgender Form einfach abzulesen:
„Je größer x wird, desto größer wird y."
„Je größer x wird, desto kleiner wird y."

In der Physik sind oftmals Proportionalitäten zu beobachten. Zwei Größen x und y heißen zueinander **proportional**, wenn es eine Konstante k gibt, sodass $y = k \cdot x$. Diese Konstante wird auch Proportionalitätskonstante genannt. Im Mathematikunterricht habt ihr diese Konstante m genannt. In der Physik nennen wir diese Konstante im Allgemeinen nicht m, da dies das Symbol der Masse ist. Im Mathematikunterricht habt ihr auch gelernt, dass wenn sich der x-Wert verdoppelt, verdreifacht, vervierfacht, …, dann verdoppelt, verdreifacht, vervierfacht, … sich der y-Wert ebenfalls.
Trägt man in einem Schaubild die Größe y in Abhängigkeit von x auf, dann erhält man genau dann eine **Ursprungsgerade**, wenn x proportional zu y ist.



Das Zeichen „$\sim$" ist eine Abkürzung für das Wort „proportional".
Teilt man die Gleichung $y = k \cdot x$ durch x, so erhält man die Beziehung:

$$\frac{y}{x} = k,$$

d. h., der Quotient $\frac{y}{x}$ ist genau dann eine Konstante, wenn $x \sim y$.
Die Proportionalitätskonstante k ist die Steigung der Geraden.

Proportionalitätsvermutung anhand eines Schaubildes

Ist ein Schaubild näherungsweise **eine Ursprungsgerade**, dann kann man vermuten, dass x proportional zu y ist. Ist das Schaubild durch eine Messung entstanden, lassen sich gewisse Abweichungen durch Messfehler nicht vermeiden. Sind die Abweichungen zu einer Ursprungsgeraden gering, dann kann man ohne weitere Überprüfung von einer Proportionalität ausgehen. Ist das Schaubild eine Gerade, die nicht durch den Ursprung geht, dann liegt **keine** Proportionalität vor!

Proportionalitätsvermutung und Überprüfung anhand einer Wertetabelle

Eine Proportionalität lässt sich meist einfach erkennen, wenn man „geschickte" Wertepaare anschaut. Vergleicht man zum Beispiel einen x-Wert mit dem **doppelten, dreifachen, vierfachen, …** x**-Wert** und schaut, ob sich die zugehörigen y**-Werte** näherungsweise ebenfalls **verdoppeln, verdreifachen, vervierfachen, …**, dann kann man eine Proportionalität vermuten.

Bemerkung: Bei allen Proportionalitäten gilt: $x = 0$ genau dann, wenn $y = 0$.

Tipp: Plant man eine Messung, ist es vorteilhaft die x-Werte so zu wählen, dass man den doppelten, dreifachen, ... x-Wert auch in die Messung mit aufnimmt!

Tabelle 8.1: Bewegung eines Läufers							
x	Zeit t in s	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
y	Weg s in m	0,0	3,3	6,5	9,7	13,2	16,6

Vergleicht man die Wege bei 1, 2, 3, 4, und 5 Sekunden, so erkennt man, dass sich der Weg ungefähr **verdoppelt, verdreifacht, vervierfacht bzw. verfünffacht hat.** Es liegt also nahe, $t \sim s$ zu vermuten. Nachdem eine Vermutung aufgestellt wurde, überprüft man diese nun mithilfe von Tabelle 8.2 (siehe unten) indem man für jedes Wertepaar (x, y) den Quotient $\frac{y}{x}$ berechnet und überprüft, ob alle Rechnungen ungefähr den gleichen Wert ergeben. Kleinere Ungenauigkeiten lassen sich meist durch Messungenauigkeiten erklären. Treten größere Abweichungen auf, dann muss die Vermutung verworfen werden.

Tabelle 8.2: Überprüfung der Vermutung $s \sim t$							
x	Zeit t in s	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
y	Weg s in m	0,0	3,3	6,5	9,7	13,2	16,6
Überprüfung $\frac{y}{x}$ ist konstant	$\frac{s}{t}$ in $\frac{\mathrm{m}}{s}$	-	3,3	3,3	3,2	3,3	3,3

Im Rahmen der Messgenauigkeit kann man die Vermutung bestätigen. In diesem Fall hat die Proportionalitätskonstante die Bedeutung der Geschwindigkeit, d. h., der Läufer bewegt sich während der ganzen Messzeit mit der nahezu konstanten Geschwindigkeit $3,3\ \frac{\mathrm{m}}{s}$.

Ausgleichsgerade

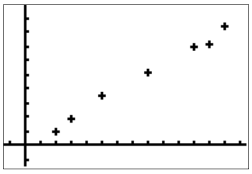
Beispiel:

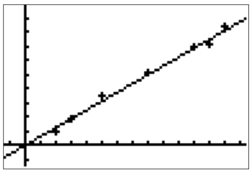
Ein Ende einer Stahlfeder wird an einem Stativ befestigt. An das andere Ende werden nacheinander Körper mit unterschiedlichen Massen gehängt und die Verlängerung der Feder dabei gemessen. Es ergeben sich folgende Messwerte:

x Masse in g	0	10	15	25	40	55	60	65
y Verlängerung in cm	0	1,9	3,7	6,9	10,1	13,7	14,3	16,8

Trägt man die Messwerte in ein Koordinatensystem ein, dann liegen die Punkte auf den ersten Blick näherungsweise auf einer Geraden. Nun kann man nach Augenmaß eine Gerade so durch die Punkte legen, dass die Summe der Abstände von den Punkten zu der Geraden möglichst klein ist. Diese Gerade nennt man Ausgleichsgerade. Eine solche Gerade darf man dann zeichnen, wenn man

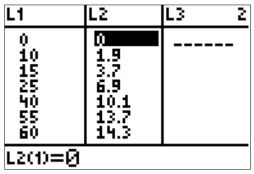
- eine steigende oder fallende Tendenz der Punkte erkennt,
- einen linearen Zusammenhang $y = a \cdot x + b$ vermutet
- und die Abweichungen der Punkte von der Geraden durch Messungenauigkeiten erklärt werden können.



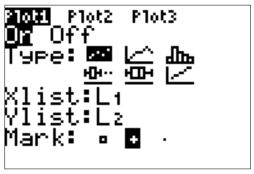


Wie kannst du eine Ausgleichsgerade mit dem GTR bestimmen?

1. Zuerst musst du die Werte aus der Wertetabelle in zwei Listen eingeben.
2. Mit [STAT]{EDIT} rufst du den Listeneditor auf.



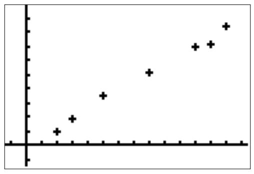
3. Zuerst gibst du die Werte für die Masse in g nacheinander in die Liste L1 ein. Jede Eingabe schließest du mit [ENTER] ab.
4. Anschließend gibst du die Werte für die Verlängerung der Feder in cm in die Liste L2 ein.
5. Um dir einen Überblick zu verschaffen, stellst du nun die Daten grafisch dar.
6. Dazu werden im STAT-PLOT-Menü die Eigenschaften der grafischen Darstellung festgelegt. Wähle mit [2ND][STAT PLOT]{1: Plot 1} das erste von insgesamt drei möglichen Diagrammen aus.



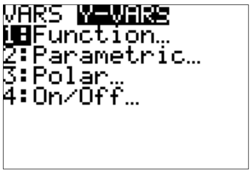
7. Zunächst ist das Diagramm noch ausgeschaltet. Das erkennst du daran, dass „Off“ dunkel unterlegt ist. Der Cursor blinkt auf „On“. Drücke nun einmal [ENTER], um „On“ einzuschalten und um das Diagramm zu aktivieren.
8. Anschließend bewegst du den Cursor auf den ersten Diagrammtyp und bestätigst deine Auswahl mit [ENTER].
9. Die Masse soll auf der x-Achse, die Verlängerung auf der y-Achse abgetragen werden. Masse und Verlängerung sind in den Listen L1 und L2 gespeichert. Die Voreinstellung kannst du übernehmen mit: *Xlist: L1* und *Ylist: L2*. Falls sich

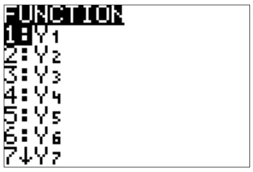
die x- und y-Werte einmal in anderen Listen befinden, dann kannst du sie hier anwählen. Mit *Mark* legst du die Markierungsart der einzelnen Datenpunkte fest.

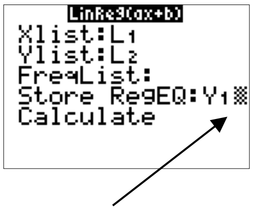
10. Mit dem Befehl [ZOOM]{9: ZoomStat} werden die Daten grafisch dargestellt, und zwar so, dass im Anzeigefenster alle Datenpunkte erfasst sind. Von der Lage der Punkte in unserem Beispiel kann man etwa einen linearen Verlauf vermuten.



11. Mit [STAT]{CALC}{4: LinReg(ax+b)}, [ENTER] wird der Befehl zur Berechnung der Ausgleichsgeraden (*Linearen Regression)* aufgerufen.
12. XList: und YList: übernimmst du einfach mit [ENTER].
    Die berechnete Gleichung der Ausgleichsgeraden kannst du, wenn du willst, sofort unter [STORE RegEQ] in der Funktionsliste „Y=“ unter Y1 abspeichern lassen.
13. Dazu tippst du folgendes ein:
    [VARS],
    [Y-VARS], [ENTER],
    [1: FUNCTION], [1:Y1], [ENTER].
    Die Einstellung erkennst du am blinkenden Schachbrettmuster.

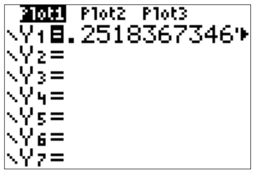




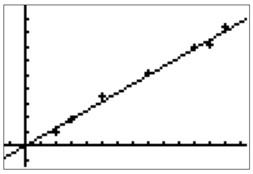


14. Die Bestätigung mit [ENTER] hinter [CALCULATE] liefert dir jetzt die benötigten Daten: Die Steigung beträgt gerundet
    a ≈ 0,25 und der Y-Achsenabschnitt beträgt ebenfalls gerundet b ≈ -0,74. Die Gleichung der Regressionsgeraden befindet sich auch im Y=-Editor und ist dort

    unter der Variablen Y1 gespeichert, allerdings mit vielen Stellen hinter dem Komma (siehe Abb.), sodass es sehr unübersichtlich ist. Überflüssige Stellen kannst du löschen. Du kannst dir das automatische Abspeichern aber auch sparen, wenn du die Funktion direkt in Y1 mit den gerundeten Werten aus der Berechnung der linearen Regression eingibst.



15. Die Qualität der Regressionsgeraden (Abweichung von den Punkten) kannst du nun betrachten, indem sowohl die Datenpunkte als auch die Funktion in Y1, zeichnen lässt. Rufe dazu mit [GRAPH] das Diagramm auf.



16. Mithilfe der Gleichung der Regressionsgeraden kannst du jetzt aus der Belastung der Feder deren Verlängerung näherungsweise vorhersagen.

Physik ab Klasse 9

Physikalische Größen

Grundlagen:

- Welche Bedeutung haben Milli, Zenti, Dezi, Kilo und Mega? (siehe Klasse 7)
- Beispiele für die Verwendung von Milli, Zenti, Dezi, Kilo und Mega (siehe Klasse 7)

Beispiele für physikalische Größen, Symbole und Einheiten				
physikalische Größe	Symbol	Beispiele für Maßeinheiten (kurz: Einheiten)	**Kohärente SI-Einheit**	Wert einer physikalischen Größe
Zeit	t	s, min, h, d, a	s	$t = 5\ \mathrm{s}$
Weg	s	mm, cm, dm, m, km	m	$s = 10\ \mathrm{m}$
Fläche	A	$\mathrm{mm}^2, \mathrm{cm}^2, \mathrm{dm}^2, \mathrm{m}^2, \mathrm{km}^2$	m^2	$A = 8\ \mathrm{m}^2$
Volumen	V	$\mathrm{mm}^3, \mathrm{cm}^3, \mathrm{dm}^3, \mathrm{m}^3, \mathrm{km}^3$	m^3	$V = 1,7\ \mathrm{m}^3$
Geschwindigkeit	v	$\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}, \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$	$\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$	$v = 36\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
Masse	m	g, kg, t	kg	$m = 1,3\ \mathrm{kg}$
Energie	E	J (Joule), kJ, MJ	J	$E = 1200\ \mathrm{J}$
Leistung (Energiestromstärke)	P	W (Watt), kW	W	$P = 200\ \mathrm{W}$
Druck	p	Pa (Pascal), bar 1 bar = 100 000 Pa	Pa	$p = 8000\ \mathrm{Pa}$
elektrische Ladung	Q	C (Coulomb)	C	$Q = 0,1\ \mathrm{C}$
elektrische Stromstärke (Ladungsstromstärke)	I	A (Ampere) $\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}}$ (Ladung pro Sekunde) $1\,\mathrm{A} = 1\,\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}}$	A	$I = 5\ \mathrm{A}$
elektrisches Potenzial	φ	V (Volt)	V	$\varphi = 10,1\ \mathrm{V}$
elektrische Spannung	U	V (Volt)	V	$U = 12,4\ \mathrm{V}$
elektrischer Widerstand	R	Ω (Ohm) $\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}$ (Volt pro Ampere) $1\,\Omega = 1\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}$	Ω	$R = 100\ \Omega$
Impuls	p	Hy (Huygens)	Hy	$p = 7\ \mathrm{Hy}$
Kraft (Impulsstromstärke)	F	N (Newton) $\frac{\mathrm{Hy}}{\mathrm{s}}$ (Huygens pro Sekunde) $1\,\mathrm{N} = 1\,\frac{\mathrm{Hy}}{\mathrm{s}}$	N	$F = 2000\ \mathrm{N}$
Temperatur	T	K (Kelvin), °C	K	$T = 300\ \mathrm{K}$
Entropie	S	Ct (Carnot)	Ct	$S = 7100\ \mathrm{Ct}$
Entropiestromstärke	I_S	$\frac{\mathrm{Ct}}{\mathrm{s}}$ (Carnot pro Sekunde)	$\frac{\mathrm{Ct}}{\mathrm{s}}$	$I_S = 17\ \frac{\mathrm{Ct}}{\mathrm{s}}$
Periodendauer	T	s, min, h, d, a	s	$T = 5\ \mathrm{s}$
Frequenz	f	Hz (Hertz)	Hz	$f = 0,2\ \mathrm{Hz}$
Amplitude	$\hat{s}$	mm, cm, dm, m, km	m	$\hat{s} = 0,03\ \mathrm{m}$

Welche Bedeutung haben Piko, Nano, Mikro, Milli, Kilo, Mega, Giga und Tera?

Dies sind Vorsätze für Einheiten:

- Piko bedeutet 10^{-12}. Die Abkürzung für Piko lautet: p.
- Nano bedeutet 10^{-9}. Die Abkürzung für Nano lautet: n.
- Mikro bedeutet 10^{-6}. Die Abkürzung für Mikro lautet: μ.
- Milli bedeutet 10^{-3}. Die Abkürzung für Milli lautet: m.
- Kilo bedeutet 10^{3}. Die Abkürzung für Kilo lautet: k.
- Mega bedeutet 10^{6}. Die Abkürzung für Mega lautet: M.
- Giga bedeutet 10^{9}. Die Abkürzung für Giga lautet: G.
- Tera bedeutet 10^{12}. Die Abkürzung für Tera lautet: T.

Beispiele für die Verwendung von Piko, Nano, Mikro, Milli, Kilo, Mega, Giga und Tera

- $1\ \mathrm{pm} = 10^{-12}\ \mathrm{m}, \quad 1\ \mathrm{pV} = 10^{-12}\ \mathrm{V}, \quad 1\ \mathrm{ps} = 10^{-12}\ \mathrm{s}$
- $1\ \mathrm{nm} = 10^{-9}\ \mathrm{m}, \quad 1\ \mathrm{nV} = 10^{-9}\ \mathrm{V}, \quad 1\ \mathrm{ns} = 10^{-9}\ \mathrm{s}$
- $1\ \mu\mathrm{m} = 10^{-6}\ \mathrm{m}, \quad 1\ \mu\mathrm{V} = 10^{-6}\ \mathrm{V}, \quad 1\ \mu\mathrm{s} = 10^{-6}\ \mathrm{s}$
- $1\ \mathrm{mm} = 10^{-3}\ \mathrm{m}, \quad 1\ \mathrm{mV} = 10^{-3}\ \mathrm{V}, \quad 1\ \mathrm{ms} = 10^{-3}\ \mathrm{s}$
- $1\ \mathrm{km} = 10^{3}\ \mathrm{m}, \quad 1\ \mathrm{kV} = 10^{3}\ \mathrm{V}, \quad 1\ \mathrm{ks} = 10^{3}\ \mathrm{s}$
- $1\ \mathrm{Mm} = 10^{6}\ \mathrm{m}, \quad 1\ \mathrm{MV} = 10^{6}\ \mathrm{V}, \quad 1\ \mathrm{Ms} = 10^{6}\ \mathrm{s}$
- $1\ \mathrm{Gm} = 10^{9}\ \mathrm{m}, \quad 1\ \mathrm{GV} = 10^{9}\ \mathrm{V}, \quad 1\ \mathrm{Gs} = 10^{9}\ \mathrm{s}$
- $1\ \mathrm{Tm} = 10^{12}\ \mathrm{m}, \quad 1\ \mathrm{TV} = 10^{12}\ \mathrm{V}, \quad 1\ \mathrm{Ts} = 10^{12}\ \mathrm{s}$

Kohärente SI-Einheiten

Für jede physikalische Größe gibt es eine sogenannte kohärente SI-Einheit.
Diese zeichnet sich durch folgende nützliche Eigenschaft aus:
Setzt man in eine Formel alle Werte mit kohärenten SI-Einheiten ein, dann ist das Ergebnis ebenfalls wieder eine kohärente SI-Einheit:
Setzt man zum Beispiel in die Formel $P = U \cdot I$ die Spannung in Volt und die Stromstärke in Ampere ein, dann erhält man als Ergebnis die Leistung (Energiestromstärke) in Watt.
Bei kohärenten SI-Einheiten gilt daher auch die Einheitengleichung: $1\ \mathrm{W} = 1\ \mathrm{V} \cdot 1\ \mathrm{A}$.
Achtung! Verwendet man einen **Vorsatz** vor einer kohärenten Einheit, z. B. mV, dann ist dies **keine kohärente Einheit** mehr!

Eckige Klammern und kohärente Einheiten

Möchte man die kohärente Einheit einer physikalischen Größe angeben, so kann man zur Abkürzung eine eckige Klammer verwenden.
Beispiel:

Ausführlich:	Die kohärente Einheit der Zeit t ist $1\ \mathrm{s}$ (eine Sekunde)
Kurz:	$[t] = 1\ \mathrm{s}$

Änderung einer physikalischen Größe (Differenz)

Werden Vorgänge betrachtet, ändert sich oft der Wert einer physikalischen Größe. Man kann dann den Endwert mit dem Anfangswert vergleichen.
Als Abkürzung für die Differenz des End- und Anfangswertes wird häufig der griechische Buchstabe Δ (großes Delta) verwendet.
Beispiel: $\Delta s = s_2 - s_1 = s_{nachher} - s_{vorher}$

Geltende Ziffern

Die Messung einer Größe kann nie absolut exakt erfolgen, da jedes Messgerät einerseits eine gewisse Genauigkeit hat und andererseits die Zuordnung einer Messung zu einem Messwert eventuell nur ungenau erfolgen kann. So kann die Messung einer Strecke mit einem Lineal nur so genau sein, wie die Einteilung des Lineals erlaubt (zumeist also bis auf Millimeter genau) und zusätzlich kann es sein, dass der Endpunkt einer Strecke (beispielsweise der Abstand zweier Lichtpunkte) nicht so einfach einem Millimeterstrich zugeordnet werden kann (weil hier der Mittelpunkt zu verwenden wäre und dieser bei ausgedehnteren „Lichtflecken" nicht so genau zu bestimmen ist).

Um deutlich zu machen, wie genau die Messung möglich war, wird die Maßzahl unterschiedlich angegeben.

Die Angabe 2,30 m hat 3 geltende Ziffern (2; 3; 0). Das heißt, dass man die Länge auf ganze Zentimeter genau gemessen hat. Die tatsächliche Länge liegt also zwischen 2,295 m und 2,305 m. Das bedeutet eine mögliche Abweichung von bis zu einem Zentimeter.

Die Angabe 2,3 m bedeutet abweichend davon, dass nur auf 10 cm genau gemessen wurde, die Länge also zwischen 2,25 m und 2,35 m liegen kann. Damit steigt die Ungenauigkeit von 1 cm auf 10 cm.

Nullen am *Anfang* der Zahl (also auch die nach dem Komma, wenn auch vor dem Komma nur eine Null steht (siehe Bsp. 2 in km)) zählen dabei nicht zu den geltenden Ziffern.

1 geltende Ziffern:	2 km/h
2 geltende Ziffern:	1,1 m = 0,0011 km
3 geltende Ziffern:	500 g = 0,500 kg (und nicht 0,5 kg)

Rechnungen (insbesondere mit dem Taschenrechner) liefern zumeist Werte, die weit mehr Zahlen aufweisen. Diese alle anzugeben wäre nicht nur unsinnig, sondern sogar physikalisch falsch. Will man beispielsweise eine Geschwindigkeit angeben und hat dazu die Strecke 2,0 m und die Zeit 7 s bestimmt, so wäre die Angabe $v = \frac{s}{t} = \frac{2{,}0}{7}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 0{,}2857142857\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ falsch, weil sie vorspiegelt, dass sehr genau gemessen wurde. Tatsächlich könnte die Strecke ja auch 2,04 m lang gewesen sein, da ja nur auf Dezimeter genau gemessen wurde, und die Zeitdauer auch 6,5 s gewesen sein. Eine Rechnung mit diesen möglicherweise richtigen, weil genaueren Werten, würde ein deutlich anderes Ergebnis liefern (0,3138461538). Deswegen gibt es folgende Regel für die Angabe von Rechenergebnissen:

> Das Ergebnis einer Rechnung hat genau so viele geltende Ziffern, wie es die ungenaueste Messung, d. h., die mit der geringsten Anzahl geltender Ziffern, vorgibt.
>
> Für Zwischenergebnisse werden mindestens zwei geltende Ziffern mehr verwendet oder es wird mit der Taschenrechnerausgabe direkt weitergearbeitet. Brüche sind hierbei auch sehr nützlich.

Auf obiges Beispiel angewendet heißt das:

$$s = \underbrace{2{,}0}_{\text{2 g.Z.}}\ m; \quad t = \underbrace{7}_{\text{1 g.Z.}}\ s \quad \Rightarrow \quad v = \frac{s}{t} = 0{,}2857142857\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = \underbrace{0{,}3}_{\text{1 g.Z.}}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Arbeiten mit Schaubildern

Grundlagen:

- Was sind Schaubilder? (Klasse 7)
- Werte aus Schaubildern ablesen (Klasse 7)
- Schaubilder mithilfe einer gegebenen Wertetabelle zeichnen (Klasse 7)
- Schaubilder beschreiben (Klasse 7)

Schaubilder anhand einer gegebenen Formel zeichnen

1. Zunächst muss geklärt werden, in welchem Bereich das Schaubild gezeichnet werden soll. Dies ergibt sich im Allgemeinen aus der Aufgabenstellung. Ansonsten kannst du den Bereich frei wählen.
2. Anschließend muss der Zeichenmaßstab festgelegt werden (siehe Klasse 7 „Schaubilder mithilfe einer geeigneten Wertetabelle zeichnen“).
3. Beschreibt die Formel einen proportionalen Zusammenhang zwischen den beiden Größen, dann ist das Schaubild eine Ursprungsgerade. Z. B. $s = v \cdot t$ ($y = m \cdot x$). In Mathematik hast du gelernt, dass eine Gerade durch zwei Punkte eindeutig festgelegt ist. Da die Ursprungsgerade durch den Ursprung $O(0|0)$ geht, brauchst du nur noch das Wertepaar eines weiteren Punktes mithilfe der Formel zu bestimmen, oder du zeichnest ausgehend vom Ursprung ein Steigungsdreieck ein. Die Steigung ist der Proportionalitätsfaktor. Beispiel: Bei $s = v \cdot t$ ist v der Proportionalitätsfaktor.
   Beispiel: Bei $y = m \cdot x$ ist m der Proportionalitätsfaktor.
4. Beschreibt die Formel einen linearen Zusammenhang zwischen den beiden Größen, dann ist das Schaubild ein Gerade. Da eine Gerade durch zwei Punkte eindeutig festgelegt ist, brauchst du nur zwei Wertepaare mithilfe der Formel zu bestimmen und eine Gerade durch die zwei zugehörigen Punkte zu zeichnen.
   Beispiel: $s = v \cdot t + s_0$
   Beispiel: $y = m \cdot x + c$
5. Beschreibt die Formel keinen linearen (oder proportionalen) Zusammenhang, muss man mithilfe der Formel eine Wertetabelle erstellen und anschließend die Werte in das Koordinatenkreuz übertragen (siehe Klasse 7 „Schaubilder mithilfe einer geeigneten Wertetabelle zeichnen“).

Schaubilder erklären

Hier muss der Verlauf des Schaubildes erklärt werden, d. h., der im Schaubild dargestellte Zusammenhang zwischen zwei physikalischen Größen muss mithilfe **bereits bekannter** Sachverhalte, Modelle oder Gesetzmäßigkeiten nachvollziehbar und verständlich gemacht werden.
Beispiel: Höhe-Luftdruck-Schaubild (siehe oben):
„Luft wird wie jeder andere Körper von der Erde angezogen (Erdanziehungskraft). Daher übt die Luft, die sich über einem Beobachter befindet, einen Druck auf den Beobachter aus. Umso weiter der Beobachter sich oberhalb des Meeresspiegels befindet, desto weniger Luft befindet sich über ihm. Folglich nimmt der Luftdruck mit der Höhe ab.“

Schaubilder interpretieren

Wie bei der Erklärung eines Schaubilds wird bei der Interpretation der Verlauf des Schaubildes nachvollziehbar und verständlich gemacht. Allerdings setzt man bei der Interpretation nicht voraus, dass eine Erklärung mit bereits bekannten Sachverhalten, Modellen oder Gesetzmäßigkeiten möglich ist. Hier können auch unterschiedliche Erklärungsansätze auf ihre Stichhaltigkeit untersucht und gegeneinander abgewogen werden. Es ist auch möglich, dass hier neue Hypothesen (Vermutungen) zur Erklärung herangezogen werden und deren wahrscheinliche Gültigkeit verständlich gemacht wird.

Funktionale Zusammenhänge und Proportionalitäten erkennen

Grundlagen: Funktionale Zusammenhänge und Proportionalitäten erkennen (siehe Klasse 8)

Mithilfe einer Wertetabelle oder eines Schaubilds lassen sich oft Vermutungen über den **mathematischen Zusammenhang** zwischen zwei physikalischen Größen x und y gewinnen. Folgende einfache Zusammenhänge kommen häufig vor:

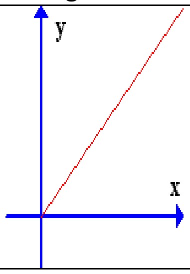
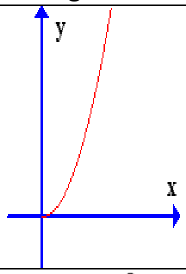
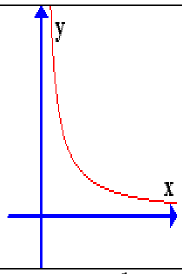
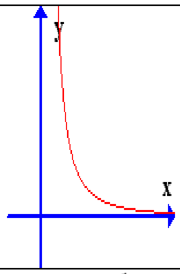
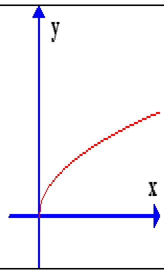
Schaubild					
Vermutliche Proportionalität	$y \sim x$	$y \sim x^2$	$y \sim \frac{1}{x}$	$y \sim \frac{1}{x^2}$	$y \sim \sqrt{x}$

Tabelle 9.1

Zwei Größen x und y heißen zueinander proportional, wenn es eine Konstante k gibt, sodass $y = k \cdot x$. Diese Konstante wird auch Proportionalitätskonstante genannt. Die Gleichung $y = k \cdot x$ ist äquivalent zur Gleichung:

$$\frac{y}{x} = k \qquad \text{(ergibt sich durch Division von } y = k \cdot x \text{ durch } x\text{),}$$

d. h., $\frac{y}{x}$ ist genau dann eine Konstante, wenn $y \sim x$.

- $y \sim x^2$ bedeutet, dass es eine Konstante k gibt, sodass $y = k \cdot x^2$.
  Dies ist äquivalent zu: $\frac{y}{x^2}$ ist eine Konstante.
- $y \sim \frac{1}{x}$ bedeutet, dass es eine Konstante k gibt, sodass $y = k \cdot \frac{1}{x}$.
  Dies ist äquivalent zu: $y \cdot x$ ist eine Konstante.
- $y \sim \frac{1}{x^2}$ bedeutet, dass es eine Konstante k gibt, sodass $y = k \cdot \frac{1}{x^2}$.
  Dies ist äquivalent zu $y \cdot x^2$ ist eine Konstante.
- $y \sim \sqrt{x}$ bedeutet, dass es eine Konstante k gibt, sodass $y = k \cdot \sqrt{x}$.
  Dies ist äquivalent zu: $\frac{y}{\sqrt{x}}$ ist eine Konstante.

Proportionalität	$y \sim x$	$y \sim x^2$	$y \sim \frac{1}{x}$	$y \sim \frac{1}{x^2}$	$y \sim \sqrt{x}$
Bedeutung	Es gibt eine Konstante k, sodass $y = k \cdot x$	Es gibt eine Konstante k, sodass $y = k \cdot x^2$	Es gibt eine Konstante k, sodass $y = k \cdot \frac{1}{x}$	Es gibt eine Konstante k, sodass $y = k \cdot \frac{1}{x^2}$	Es gibt eine Konstante k, sodass $y = k \cdot \sqrt{x}$

Tabelle 9.2

Der oben beschriebene Zusammenhang kann zur Überprüfung einer vermutlich vorliegenden Proportionalität genutzt werden:

Vermutliche Proportionalität	$y \sim x$	$y \sim x^2$	$y \sim \frac{1}{x}$	$y \sim \frac{1}{x^2}$	$y \sim \sqrt{x}$
Überprüfung	$\frac{y}{x}$ ist konstant	$\frac{y}{x^2}$ ist konstant	$y \cdot x$ ist konstant	$y \cdot x^2$ ist konstant	$\frac{y}{\sqrt{x}}$ ist konstant

Tabelle 9.3

Proportionalitätsvermutung und Überprüfung

Aus dem Verlauf eines Schaubilds lassen sich (wie in Tabelle 9.1 dargestellt) häufig Vermutungen über eine Proportionalität gewinnen.
An einer Wertetabelle lässt sich eine Proportionalität oft schwieriger ablesen.
Meist sind Aussagen folgender Form einfach abzulesen:

„Je größer x wird, desto größer/kleiner wird y."

Möchte man eine genauere Abhängigkeit erkennen, sollte man geeignete Wertepaare betrachten. Vergleicht man zum Beispiel einen x-Wert mit dem **doppelten x-Wert** und schaut, wie sich die zugehörigen y-Werte verhalten, so kommt man meist schnell auf eine geeignete Vermutung:

- **Verdoppelt** sich der **y-Wert** näherungsweise, dann gilt vermutlich: $y \sim x$.
- **Vervierfacht** sich der **y-Wert** näherungsweise, dann gilt vermutlich: $y \sim x^2$
- **Halbiert** sich der **y-Wert** näherungsweise, dann gilt vermutlich: $y \sim \frac{1}{x}$.

Bei allen Proportionalitäten gilt: $x = 0$ genau dann, wenn $y = 0$.

Tipp: Plant man eine Messung, ist es vorteilhaft die x-Werte so zu wählen, dass man den doppelten, dreifachen, … x-Wert auch in die Messung mit aufnimmt! Dies ist allerdings nicht immer möglich.

Beispiel: Widerstand eines Konstantan-Drahtes der Länge 10 m							
x	Querschnittsfläche A in mm^2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
y	elektrischer Widerstand R in Ω	50	24	17	12	10	9

Vergleicht man den Widerstand bei $0,1\,\mathrm{mm}^2$ und $0,2\,\mathrm{mm}^2$ bzw. bei $0,2\,\mathrm{mm}^2$ und $0,4\,\mathrm{mm}^2$, dann erkennt man, dass sie sich jeweils ungefähr halbieren. Es liegt also nahe, $R \sim \frac{1}{A}$ zu vermuten.

Nachdem eine Vermutung aufgestellt wurde, überprüft man diese nun mithilfe von Tabelle 9.3 indem man für jedes Wertepaar (x, y) die in Tabelle 9.3, Zeile 2 angegebene Formel berechnet und überprüft, ob alle Rechnungen ungefähr den gleichen Wert ergeben. Kleinere Ungenauigkeiten lassen sich meist durch Messungenauigkeiten erklären. Treten größere Abweichungen auf, dann muss man die Vermutung verwerfen.

Beispiel: Überprüfung der Vermutung $R \sim \frac{1}{A}$							
x	Querschnittsfläche A in mm^2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
y	elektrischer Widerstand R in Ω	50	24	17	12	10	8
Überprüfung $y \cdot x$ ist konstant	$R \cdot A$ in $\Omega \cdot \mathrm{mm}^2$	5,0	4,8	5,1	4,8	5,0	5,4

Im Rahmen der Messgenauigkeit kann man die Vermutung bestätigen.

Ist keine Wertetabelle, sondern ein Schaubild gegeben, so geht man bei der Überprüfung der Proportionalitätsvermutung folgendermaßen vor:

- Ist das Schaubild (näherungsweise) eine Ursprungsgerade, dann kann man von $y \sim x$ ausgehen. Es braucht keine weitere Überprüfung durchgeführt werden.
- Ist das Schaubild eine Gerade, die nicht durch den Ursprung geht, liegt keine Proportionalität vor. Es gilt dann $y = k \cdot x + c$.

- Ist das Schaubild keine Gerade, dann liest man aus dem Schaubild geeignete (x, y)-Wertepaare ab und erstellt daraus eine Wertetabelle. Anschließend benutzt man diese Wertetabelle, um die Proportionalitätsvermutung zu überprüfen.

Proportionalitäten an einer Formel ablesen
Grundlage: Interpretation von Formeln (Klasse 8)

Beispiel: Dichte ρ:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

- Man kann an der Formel ablesen, dass für konstantes Volumen folgender Zusammenhang gilt:
  $\rho \sim m$ (ρ ist proportional zu m).
  Wie erkennt man dies? Die Gleichung $\rho = \frac{m}{V}$ kann man folgendermaßen umformen:

  $$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{V} \cdot m$$

  Da das Volumen V nach Voraussetzung konstant ist, folgt, dass auch $\frac{1}{V}$ konstant ist. Bezeichnen wir nun die Konstante $\frac{1}{V}$ mit k, dann erhalten wir die Gleichung:

  $$\rho = k \cdot m.$$

  Nach Tabelle 9.3 ist dies gleichbedeutend mit $\rho \sim m$.

- Man kann sogar ablesen, dass für konstante Masse folgender Zusammenhang gilt:
  $\rho \sim \frac{1}{V}$ (ρ ist proportional zu $\frac{1}{V}$).

  Wie erkennt man dies? Die Gleichung $\rho = \frac{m}{V}$ kann man folgendermaßen umformen:

  $$\rho = \frac{m}{V} = m \cdot \frac{1}{V}$$

  Nach Voraussetzung ist die Masse m konstant. Bezeichnen wir nun die Konstante m mit k, dann erhalten wir die Gleichung:

  $$\rho = k \cdot \frac{1}{V}.$$

  Nach Tabelle 9.3 ist dies gleichbedeutend mit $\rho \sim \frac{1}{V}$.

Unbekannte Formeln

Manchmal trifft man auf Formeln, die man noch nicht kennt, zum Beispiel: $R = \rho_W \cdot \frac{l}{A}$.
Folgende Vorgehensweise bietet sich an:

1. **Recherchiere die vorkommenden physikalischen Größen und Einheiten**:
   R: elektrischer Widerstand, Einheit: $1\,\Omega$
   ρ_W: spezifischer Widerstand, Einheit: $1\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
   l: Länge des Leiters, Einheit: $1\,\text{m}$
   A: Querschnittsfläche des Leiters, Einheit: $1\,\text{m}^2$
2. **Verbalisiere die Formel mit eigenen Worten**:
   - Je größer der spezifische Widerstand ist, d. h., je schlechter das Material leitet, desto größer ist der elektrische Widerstand.

- Je länger der Leiter ist, desto größer ist der elektrische Widerstand.
- Je größer die Querschnittsfläche des Leiters ist, desto kleiner ist der elektrische Widerstand.

3. **Nenne die Proportionalitäten**:
   - Werden l und A konstant gehalten, dann gilt: $R \sim \rho_w$.
   - Werden ρ_w und A konstant gehalten, dann gilt: $R \sim l$.
   - Werden ρ_w und l konstant gehalten, dann gilt: $R \sim \frac{1}{A}$.

Umstellen von Formeln

Grundlagen: Umstellen von Formeln (siehe Klasse 8)

Beispiel: $R = \rho_w \cdot \frac{l}{A}$

Umstellen von $R = \rho_w \cdot \frac{l}{A}$ nach ρ_w:

$$\begin{aligned} R &= \rho_w \cdot \frac{l}{A} && \mid \cdot A \\ R \cdot A &= \rho_w \cdot \frac{l}{A} \cdot A && \mid \text{rechts } A \text{ kürzen} \\ R \cdot A &= \rho_w \cdot l && \mid : l \\ \frac{R \cdot A}{l} &= \frac{\rho_w \cdot l}{l} && \mid \text{rechts } l \text{ kürzen} \\ \frac{R \cdot A}{l} &= \rho_w \end{aligned}$$

- Umstellen von $R = \rho_w \cdot \frac{l}{A}$ nach l:

$$\begin{aligned} R &= \rho_w \cdot \frac{l}{A} && \mid \cdot A \\ R \cdot A &= \rho_w \cdot \frac{l}{A} \cdot A && \mid \text{rechts } A \text{ kürzen} \\ R \cdot A &= \rho_w \cdot l && \mid : \rho_w \\ \frac{R \cdot A}{\rho_w} &= \frac{\rho_w \cdot l}{\rho_w} && \mid \text{rechts } \rho_w \text{ kürzen} \\ \frac{R \cdot A}{\rho_w} &= l \end{aligned}$$

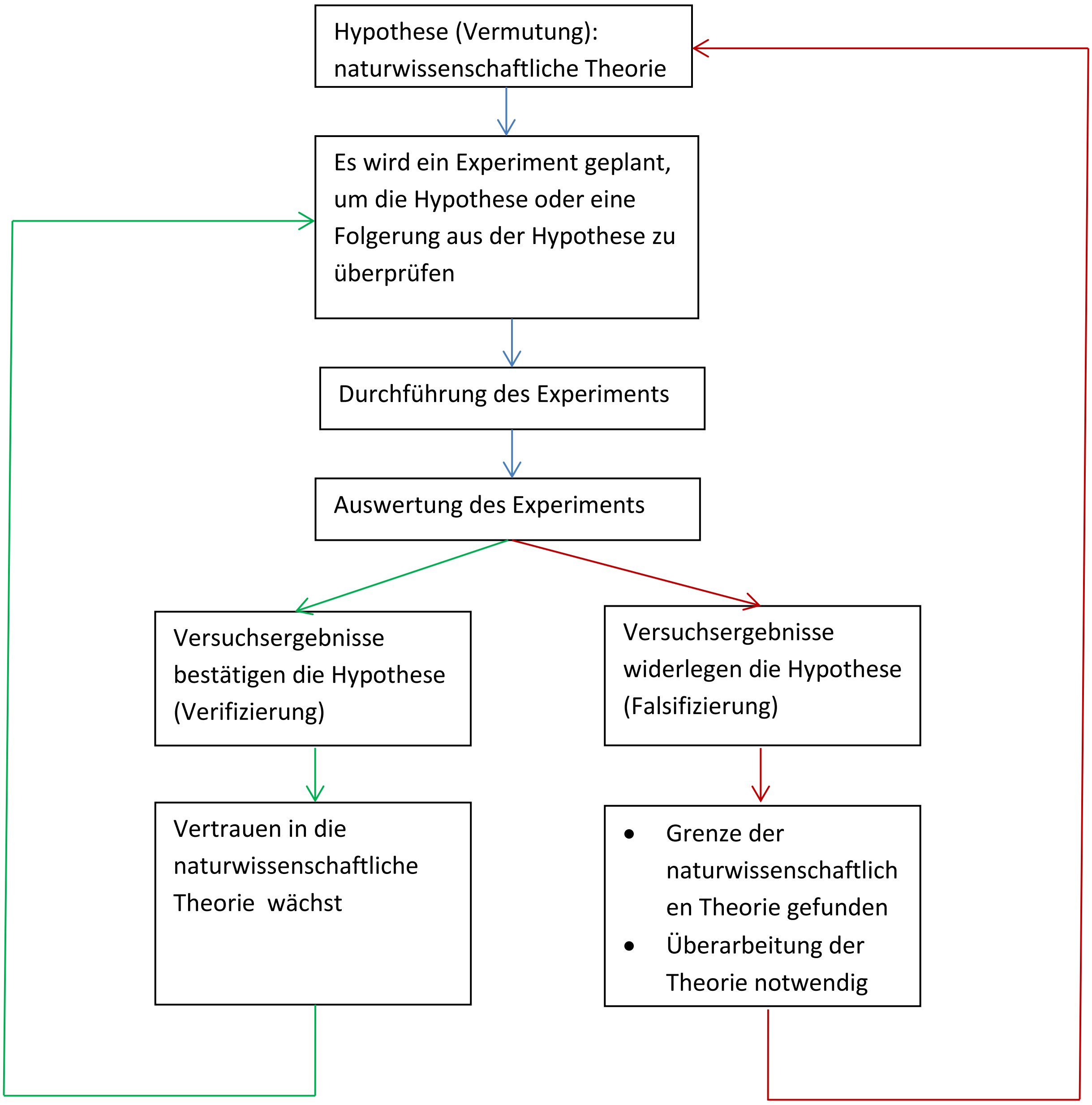
- Umstellen von $R = \rho_w \cdot \frac{l}{A}$ nach A:

$$\begin{aligned} R &= \rho_w \cdot \frac{l}{A} && \mid \cdot A \\ R \cdot A &= \rho_w \cdot \frac{l}{A} \cdot A && \mid \text{rechts } A \text{ kürzen} \\ R \cdot A &= \rho_w \cdot l && \mid : R \\ \frac{R \cdot A}{R} &= \frac{\rho_w \cdot l}{R} && \mid \text{links } R \text{ kürzen} \\ A &= \frac{\rho_w \cdot l}{R} \end{aligned}$$

Naturwissenschaftliche Arbeitsweise

Ablaufschema naturwissenschaftliche Arbeitsweise

In den Naturwissenschaften werden Vermutungen (Hypothesen) über Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten (naturwissenschaftliche Theorie) im Regelfall nach folgender Vorgehensweise überprüft und gegebenenfalls verbessert:



Um zu einem Phänomen geeignete Hypothesen zu finden, bietet sich oftmals folgende Vorgehensweise an:

1. **Beobachte** und **beschreibe** das Phänomen. Achte dabei auf die vorkommenden physikalischen Größen.
2. Stelle eine **Hypothese** auf, wie diese Größen voneinander abhängen (formuliere „Je-desto“-Sätze).

Im Folgenden erfährst du, wie man ein Experiment plant, durchführt und auswertet!

Planung eines Experimentes (allgemein)

Bei der Planung eines Experimentes kommt es darauf an, ob man eine Hypothese (Gesetzmäßigkeit) überprüfen, neu entdecken oder anwenden soll:
Folgende Punkte dienen als Leitlinie:

1. Gibt es eine Hypothese, die man überprüfen soll?
2. Formuliere eine Hypothese oder Aufgabenstellung.
3. Welche physikalischen Größen spielen dabei eine Rolle? Wie kann man sie messen?
4. Wie hängen die physikalischen Größen voneinander ab? [Eventuell gibt es mehrere Abhängigkeiten.] Formuliere Hypothesen der Form

A hängt von B ab.	Je größer B, desto … A.
A hängt von C ab.	Je größer C, desto … A.
A hängt von D ab.	Je größer D, desto … A.

5. Überlege dir ein Experiment, in dem jeweils eine Abhängigkeit untersucht wird und alle anderen gleich (konstant) bleiben:
   - Welche Materialien (Messgeräte, Stative, …) brauche ich? [Geräteliste]
   - Wie sieht der Versuchsaufbau aus? [Skizze]
6. Wie werden die Messergebnisse dokumentiert? [Vorbereitung von Messwertetabellen]

Durchführung des Experiments

Folgende Schritte sind grundsätzlich einzuhalten:

1. Das Experiment wird nach der Skizze aufgebaut und **noch nicht gestartet**.
   Beim Aufbau ist auf **Übersichtlichkeit**
   - Sichtbarkeit der Messinstrumente
   - bedienende Elemente in den Vordergrund
   - wenige Überschneidungen von Kabeln
   - …

   und **Sicherheit** zu achten:
   - Vorsicht bei Netzsteckdosen: Immer ausstecken bzw. Netzgerät ausschalten, wenn am Stromkreis gearbeitet wird.
   - Standfestigkeit der Geräte
   - zu vermeiden sind:
     - Beschädigung durch Stöße
     - Berührung mit Wärmequellen
     - Überlastung der infolge zu hoher Spannung bzw. Stromstärke:
       Grundsatz: Immer mit dem gröbsten Messbereich beginnen!
2. **Der Aufbau muss vom Lehrer/von der Lehrerin kontrolliert werden!**
3. Alle (Teil-)Versuche werden entsprechend der Planung durchgeführt, die Ergebnisse in die vorbereiteten Tabellen eingetragen.

Stellst du während der Messung fest, dass es Fehler gibt, starte die Messung neu.

Auswertung des Experiments

Grundsätzlich gilt: Die Auswertung muss so gestaltet sein, dass ein Unbekannter nachvollziehen kann

- worum es geht [Hypothese oder Aufgabenstellung]
- wie es gemacht wurde [Beschreibung und Skizze des Versuchs]
- welche Messergebnisse erzielt wurden [Messwertetabellen]
- welches Ergebnis gefunden wurde. [Auswertung und Fazit]

Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

1. Sind zusätzliche Berechnungen notwendig, müssen diese erkennbar sein. Z. B. kann man aus s- und t-Werten den zugehörigen Geschwindigkeitswert bestimmen.
2. Die Messergebnisse und die Berechnungen müssen mit der notwendigen Genauigkeit angegeben werden. (Siehe unter „geltende Ziffern“.)
3. Grafische Darstellungen werden in der Regel auf kariertem Papier, Millimeterpapier oder mit einem Tabellenkalkulationsprogramm (z. B. Excel, Calf) angefertigt.
   Für die Einteilung der Achsen einen geeigneten Maßstab wählen.
4. Werden mehrere Schaubilder in ein Koordinatensystem gezeichnet, sollten sie durch Farben und Beschriftung unterschieden werden.
5. Am Ende wird ein Resultat der experimentellen Aufgabe in einem Satz formuliert, dabei wird der Bezug zur Hypothese (oder Aufgabe) hergestellt. Untersucht man die Abhängigkeit zweier Größen, beachtet man die Punkte unter **Funktionale Zusammenhänge und Proportionalitäten erkennen.**
6. Hat man mehrere Abhängigkeiten herausgefunden, kann man diese zusammenfassen:
   gilt $a \sim b \ und \ a \sim \frac{1}{c} \ \Rightarrow \ a \sim \frac{b}{c}$
7. Treten Messwerte auf, die offensichtlich fehlerbehaftet sind, werden diese markiert. In einer Fehlerbetrachtung kann man eventuelle Gründe angeben. Eventuell kann man sie als Einzelmessung wiederholen.

Aufbau eines Protokolls

Ein Protokoll könnte folgenden Aufbau haben:

Protokoll	
Klasse:	**Datum:**
Name:	**Mitarbeiter:**
Versuch:	„Überschrift“
Hypothese oder Aufgabenstellung:	„Worum geht es in diesem Versuch? Was soll untersucht werden?“
Vorbetrachtungen:	Hier können Vorüberlegungen, die zum Verständnis des Versuches notwendig und hilfreich sind, notiert werden.
Geräte:	…
Aufbau:	Skizze des Versuchsaufbaus
Durchführung:	Verbale Erläuterung für den Experimentator, Formulierung von Teilversuchen
Beobachtung bzw. Messwerte:	In Messwerttabelle oder verbal: „A in Abhängigkeit von B: Konstant bleiben C, D, …“

Unabhängige Größe, die variiert wird	**B in …(Einheit)**	**…**	**…**	**…**	**…**
Abhängige Größe	**A in …(Einheit)**	**…**	**…**	**…**	**…**

Auswertung der Ergebnisse:	Berechnungen, grafische Darstellungen, …
Resultat:	Formulierung im Satz, Bezug zur gestellten Aufgabe
Fehleranalyse:	Welche Faktoren können die Messwerte in welcher Weise beeinflusst haben? Mögliche grobe Abschätzung: Wie stark können diese Faktoren die Messwerte beeinflusst haben?

Physik ab Klasse 10

Physikalische Größen

Grundlagen:

- Welche Bedeutung haben Milli, Zenti, Dezi, Kilo und Mega? (siehe Klasse 7)
- Beispiele für die Verwendung von Milli, Zenti, Dezi, Kilo und Mega (siehe Klasse 7)
- Kohärente SI-Einheiten (siehe Klasse 8)
- Eckige Klammern und kohärente Einheiten (siehe Klasse 9)
- Änderung einer physikalischen Größe (Differenz) (siehe Klasse 9)

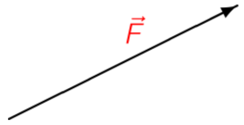
Beispiele für physikalische Größen, Symbole und Einheiten				
physikalische Größe	Symbol	Beispiele für Maßeinheiten (kurz: Einheiten)	**Kohärente SI-Einheit**	Wert einer physikalischen Größe
Zeit	t	s, min, h, d, a	s	$t = 5\ \mathrm{s}$
Ortsvektor	$\vec{s}$	mm, cm, dm, m, km	m	$s = 10\ \mathrm{m}$
Fläche	A	$\mathrm{mm}^2, \mathrm{cm}^2, \mathrm{dm}^2, \mathrm{m}^2, \mathrm{km}^2$	m^2	$A = 8\ \mathrm{m}^2$
Volumen	V	$\mathrm{mm}^3, \mathrm{cm}^3, \mathrm{dm}^3, \mathrm{m}^3, \mathrm{km}^3$	m^3	$V = 1,7\ \mathrm{m}^3$
Geschwindigkeit	$\vec{v}$	$\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}, \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$	$\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$	$v = 36\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
Beschleunigung	$\vec{a}$	$\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}^2}, \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$	$\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$	$a = 2,5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$
Masse	m	g, kg, t	kg	$m = 1,3\ \mathrm{kg}$
Energie	E	J (Joule), kJ, MJ	J	$E = 1200\ \mathrm{J}$
Leistung (Energiestromstärke)	P	W (Watt), kW	W	$P = 200\ \mathrm{W}$
Druck	p	Pa (Pascal), bar 1 bar = 100 000 Pa	Pa	$p = 8000\ \mathrm{Pa}$
elektrische Ladung	Q	C (Coulomb)	C	$Q = 0,1\ \mathrm{C}$
elektrische Stromstärke (Ladungsstromstärke)	I	A (Ampere) $\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}}$ (Ladung pro Sekunde) $1\ \mathrm{A} = 1\ \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}}$	A	$I = 5\ \mathrm{A}$
elektrisches Potenzial	φ	V (Volt)	V	$\varphi = 10,1\ \mathrm{V}$
elektrische Spannung	U	V (Volt)	V	$U = 12,4\ \mathrm{V}$
elektrischer Widerstand	R	Ω (Ohm) $\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}$ (Volt pro Ampere) $1\ \Omega = 1\ \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}$	Ω	$R = 100\ \Omega$
Impuls	$\vec{p}$	Hy (Huygens)	Hy	$p = 7\ \mathrm{Hy}$
Kraft (Impulsstromstärke)	$\vec{F}$	N (Newton) $\frac{\mathrm{Hy}}{\mathrm{s}}$ (Huygens pro Sekunde) $1\ \mathrm{N} = 1\ \frac{\mathrm{Hy}}{\mathrm{s}}$	N	$F = 2000\ \mathrm{N}$
Temperatur	T	K (Kelvin), °C	K	$T = 300\ \mathrm{K}$
Entropie	S	Ct (Carnot)	Ct	$S = 7100\ \mathrm{Ct}$
Entropiestromstärke	I_S	$\frac{\mathrm{Ct}}{\mathrm{s}}$ (Carnot pro Sekunde)	$\frac{\mathrm{Ct}}{\mathrm{s}}$	$I_S = 17\ \frac{\mathrm{Ct}}{\mathrm{s}}$
Periodendauer	T	s, min, h, d, a	s	$T = 5\ \mathrm{s}$
Frequenz	f	Hz (Hertz)	Hz	$f = 0,2\ \mathrm{Hz}$
Amplitude	$\hat{s}$	mm, cm, dm, m, km	m	$\hat{s} = 0,03\ \mathrm{m}$

Skalare und Vektoren

Die uns bekannten physikalischen Größen können in „Skalare“ und „Vektoren“ aufgeteilt werden. Vektoren hängen von der Richtung im Raum ab, Skalare nicht.
Beispiele:

- Skalare: Zeit, Fläche, Volumen, Masse, Energie, Leistung, Druck, elektrisch Ladung, elektrische Stromstärke, elektrisches Potenzial, elektrischer Spannung, elektrischer Widerstand, Temperatur, Entropie, Entropiestromstärke, Periodendauer, Frequenz, Amplitude
- Vektoren: Ortsvektor, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Impuls und Kraft

Um Vektoren und Skalare voneinander zu unterscheiden, wird bei Vektoren über das Symbol ein kleiner Pfeil gezeichnet: $\vec{s}$, $\vec{v}$, $\vec{a}$, $\vec{p}$, $\vec{F}$.
Vektoren können durch Pfeile dargestellt werden:

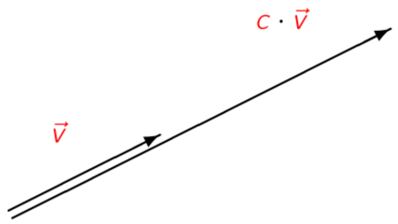


Die Richtung des (schwarzen) Pfeils gibt die Richtung der physikalischen Größe an.
Die Länge des (schwarzen) Pfeils gibt den Wert der physikalischen Größe an. Hierbei muss allerdings zuerst ein Zeichenmaßstab vereinbart werden. Zum Beispiel: $1\,\mathrm{cm} \mathrel{\hat{=}} 50\,\mathrm{N}$.
Möchte man nicht die Richtung, sondern nur den Wert einer physikalischen Größe angeben, so lässt man den kleinen Pfeil über dem Symbol weg. Zum Beispiel: $F = 150\ \mathrm{N}$.

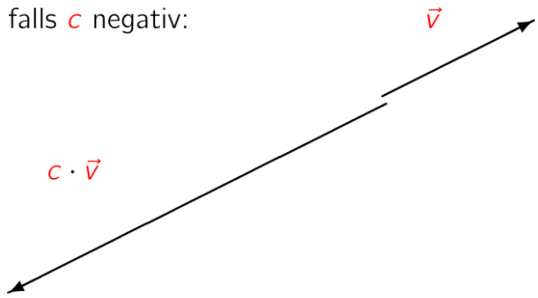
Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar:

Wird ein Vektor $\vec{v}$ mit einem Skalar c multipliziert, dann entsteht wieder ein Vektor $\vec{G} = c \cdot \vec{v}$. Der neue Vektor $\vec{G}$ hat dann die Länge $G = |c \cdot v|$. Falls der Wert von c positiv ist, zeigen $\vec{G}$ und $\vec{v}$ in die gleiche Richtung. Ist der Wert von c negativ, dann zeigen $\vec{G}$ und $\vec{v}$ in entgegengesetzte Richtungen:

falls c positiv:



falls c negativ:

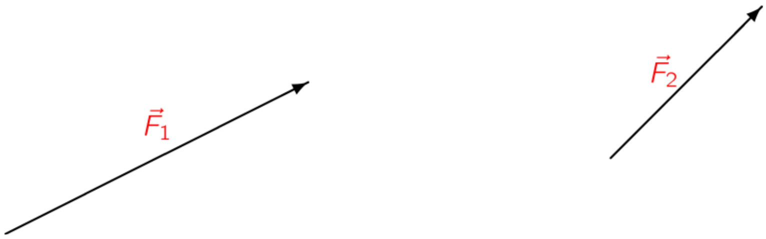


Beispiel Impuls: $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

Da die Masse eines Körpers immer positiv ist, zeigen Impuls und Geschwindigkeit in die gleiche Richtung.

Vektoraddition:

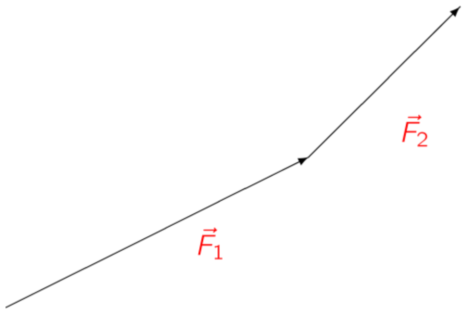
Gegeben sind die Vektoren $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$:

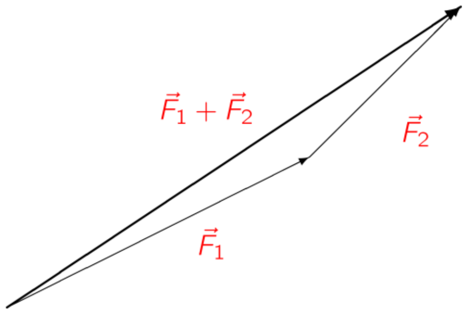


Die Addition von Vektoren ergibt wieder ein Vektor: $\vec{F}_{ges} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

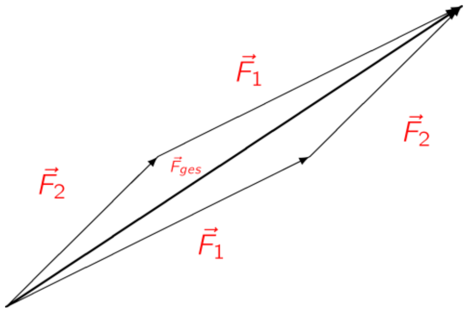
Wie kann man diesen Vektor $\vec{F}_{ges}$ zeichnerisch konstruieren?

Bringe durch Parallelverschiebung von Vektor $\vec{F}_1$ oder Vektor $\vec{F}_2$ den Anfangspunkt von Vektor $\vec{F}_2$ an die Spitze des Vektors $\vec{F}_1$. Verbinde dann den Anfangspunkt von Vektor $\vec{F}_1$ mit der Spitze von $\vec{F}_2$:

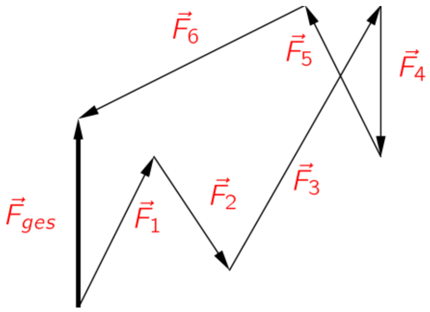




Es gilt: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_2 + \vec{F}_1$, d. h., die Vektoraddition ist kommutativ. Daher kann man die Vektoraddition von **zwei Vektoren** auch als Vektorparallelogramm darstellen:



Bei der Addition von mehr als zwei Vektoren kann das Vektorparallelogramm nicht verwendet werden. Mehrere Vektoren können durch Parallelverschiebung (analog zu obiger Beschreibung) zeichnerisch addiert werden:



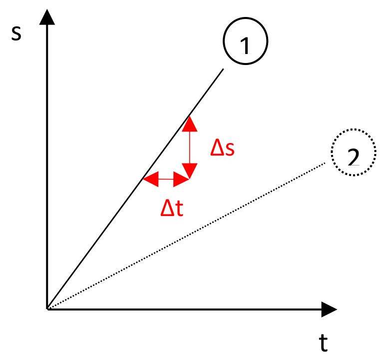
Änderung einer physikalischen Größe

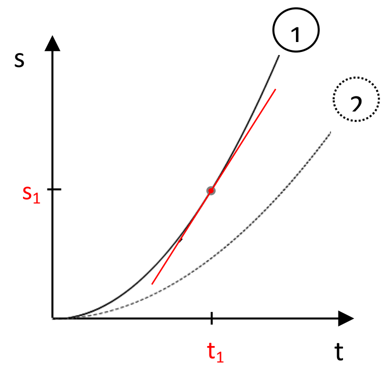
Grundlage: Änderung einer physikalischen Größe (Differenz) (siehe Klasse 9)

Darstellen und Erkennen von Änderungen einer physikalischen Größe mithilfe unterschiedlicher Schaubilder am Beispiel:

z. B. gleichförmige Bewegung(en) — z. B. (gleichmäßig) beschleunigte Bewegung(en)

dargestellt mithilfe eines t-s-Diagramms





- Ursprungsgerade → Proportionalität zwischen den abgebildeten Größen,
  hier: s und t
- Parabel → quadratischer Zusammenhang zwischen den abgebildeten Größen,
  hier: s und t

- Die Steigung der Kurve stellt meist wieder eine sinnvolle physikalische Größe (hier: v) dar.

- Steigung entspricht Quotient aus den abgebildeten Größen, hier: $\frac{s}{t}$ und kann per Steigungsdreieck ermittelt werden:
  $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ (was v ist)
- Steigung ändert sich kontinuierlich; sie wird anhand der Steigung der Tangente im gesuchten Punkt ($s_1|t_1$) ermittelt
  (für Fortgeschrittene: $\frac{ds}{dt}$, was wieder v ist und folgendermaßen notiert werden kann:
  $v = \frac{ds}{dt} = \dot{s}$)

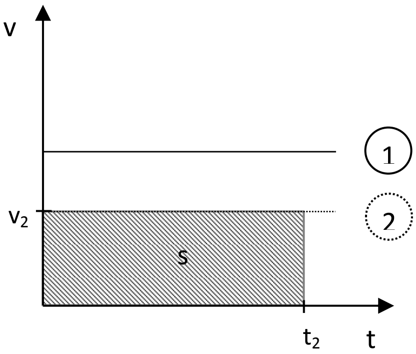
- Größere Steigung bedeutet hier also höhere Geschwindigkeit,

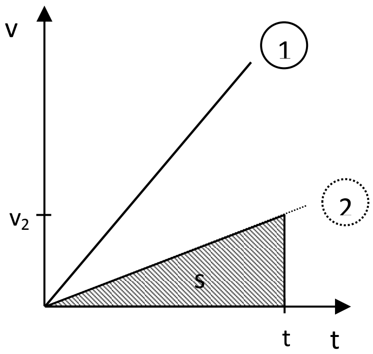
- d. h., Bewegung 1 ist immer schneller als Bewegung 2
- Gleichung des Graphen hier:
  s = v·t
- d. h., Bewegung 1 ist zum gleichen Zeitpunkt (z. B. t_1) schneller als Bewegung 2 (bei t_1)
- Gleichung des Graphen hier: $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ (vgl. unten)

- Für Fortgeschrittene: Die Steigung der Kurve im t-s-Diagramm zu einem beliebigen Zeitpunkt t_1 ist die Ableitung (das Differenzial) der Kurve in diesem Punkt:

- $\dot{s}(t_1) = \frac{dv(t_1) \cdot t_1}{dt} = v(t_1)$
- $\dot{s}(t_1) = \frac{d\left(\frac{1}{2} \cdot a(t_1) \cdot t_1^2\right)}{dt} = a(t_1) \cdot t_1 = v(t_1)$

Das Ganze (also die gleichen Bewegungen) kann man auch mithilfe eines t-v-Diagramms beschreiben:





- Kurve 1 liegt über Kurve 2, d. h., hier ist v_1 größer als v_2
- Kurve 1 steigt steiler als Kurve 2, d. h., die Geschwindigkeitszunahme (also die Beschleunigung) bei 1 ist höher als die bei 2
- konstante Funktion (v-Wert bleibt jeweils gleich) → konstante Geschwindigkeit
- Die Steigung ist null, d. h., die Beschleunigung ist auch null (vgl. rechts)
- konstante Zunahme (t-v-Kurve ist eine Gerade) → konstante Beschleunigung
- Die Steigung der Gerade ist $\frac{v}{t} = a$, entspricht also der Beschleunigung
- Die gestrichelte Rechtecksfläche unter Kurve 2 ist:
  $v_2 \cdot t_2 = s_2$ also der in der Zeit t_2 mit der Geschwindigkeit v_2 zurückgelegte Weg s_2.
- Die gestrichelte Dreiecksfläche unter Kurve 2 ist:
  $\frac{1}{2} \cdot v_2 \cdot t_2 = s_2$
- Mit dem obigen Zusammenhang $\frac{v}{t} = a$, hier also $v_2 = a_2 \cdot t_2$, ergibt sich:
  $s_2 = \frac{1}{2} \cdot a_2 \cdot t_2^2$ für den in der Zeit t_2 mit der Beschleunigung a_2 zurückgelegten Weg

- Für Fortgeschrittene: Hier ist der zurückgelegte Weg jeweils das Integral der Kurve im entsprechenden Kurvenabschnitt:

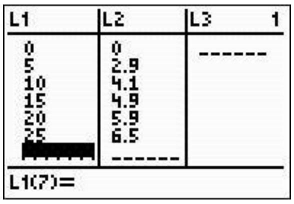
- $s(t_2) = \int_0^{t_2} v_2 dt = v_2 \cdot t_2$
- $s(t_2) = \int_0^{t_2} a_2 t \, dt = \frac{1}{2} a_2 \cdot t_2^2$

Auswerten mit dem GTR

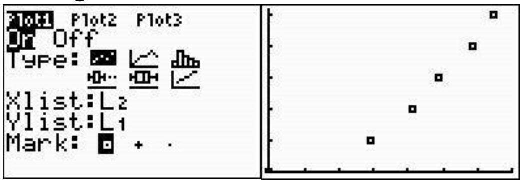
Beispiel: Bei einer Bewegung wurden folgende Werte aufgenommen:

s in m	0	5	10	15	20	25
t in s	0	2,9	4,1	4,9	5,9	6,5

1. Um die Werte mit dem GTR bearbeiten zu können, müssen wir sie **in Listen speichern**. Es wird jeweils eine eigene Liste für s(L1) und t(L2) verwendet. Die Listen erreicht man über STAT/EDIT/Edit…:

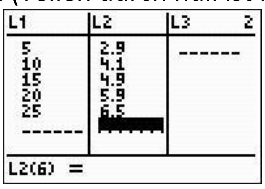


2. Ein **Punkte-Schaubild** kann **gezeichnet** werden mithilfe 2ND/STAT PLOT. Dies geschieht durch aktivieren von „On“. Dabei muss die Liste mit den Werten auf der x-Achse (also t) unter Xlist und die mit den Werten auf der y-Achse (also s) unter Ylist eingetragen werden (s. Zeile 4 und 5). Das Ergebnis zeigt das zweite Bild.

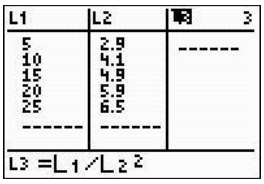


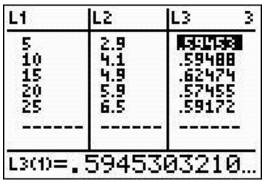
3. (Siehe auch „funktionale Zusammenhänge erkennen):
   Aus dem Verlauf des Diagramms kann man auf eine parabelförmige Funktion schließen. D. h., es gilt der proportionale Zusammenhang $s \sim t^2$. Diese Vermutung kann man am besten überprüfen, indem man kontrolliert, ob $\frac{s}{t^2}$ bei allen Wertepaaren in etwa gleich groß ist, denn das kann man einfach über die Listen durchführen.

4. **Überprüfung des Zusammenhangs:**
   a. Überprüfung der Proportionalität. Hierbei ist es vorteilhaft, die Startwerte (0|0) zu löschen (Teilen durch null ist nicht möglich).



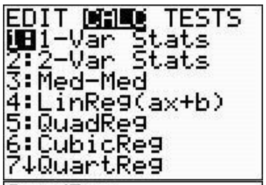
   Mit dem GTR lässt sich die Formel $\frac{s}{t^2}$ in einem Schritt überprüfen, denn in den Listen können auch Formeln eingetragen werden. Am einfachsten gibt man in L3 die Formel L_1/L_2^2 ein (L1 enthält ja die s-Werte und L2 die t-Werte). Dazu den Cursor auf die Kopfzeile von L3 (also auf den Namen (L3 selbst) bewegen und die Formel eingeben und mit ENTER abschließen. Die Listenwerte werden soweit berechnet, wie Werte in L1 und L2 vorhanden sind (Achtung: Die Listen müssen gleich lang sein; die Fehlermeldung im dritten Bild weist darauf hin, dass eine der Listen L1 oder L2 kürzer als die andere ist).

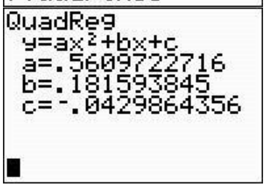


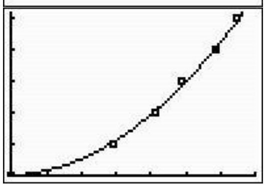


In Liste L3 kann man sehen, dass die Werte ungefähr bei 0,6 ($\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$) liegen, also konstant sind.

b. Überprüfung mit Funktionsterm.
Berechnung einer Regressionsfunktion mit dem GTR. Dabei muss vorher eine Vermutung über die Art des vermutlichen Zusammenhangs (hier Parabel förmiges Schaubild also quadratische Funktion) gefunden werden.
Dazu im Menü STAT auf das Untermenü CALC gehen. Dort die vermutete Funktionsklasse auswählen (hier: 5: QuadReg):







L_2 ist dabei die Liste der x-Werte und L_1 die Liste der y-Werte. Das Ergebnis wird als Funktion in Y_1 gespeichert.

Beachte, dass der GTR leider nicht in der Lage ist b und c als 0 vorzugeben, deswegen weichen die Ergebnisse leicht ab. Das Schaubild geht „schön“ durch die Punkte

5. **Ergebnis**:

Beide Wege führen zur Bestätigung der Annahme einer quadratischen Funktion.
Variante 1 zeigt $s{\sim}t^2$, Variante 2 gibt eine Näherungsfunktion mit
$s(t) = 0{,}6\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot t^2 + 0{,}2 \cdot t$ an (der konstante Summand ist gerundet 0).
Kennt man schon die Formel $s = \frac{1}{2} a\, t^2$ kann man erkennen, dass der Term $+0{,}2 \cdot t$ vernachlässigbar ist (er könnte auch auf eine Startgeschwindigkeit von $0{,}2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ hinweisen).
$0{,}6\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ entspricht dabei $\frac{1}{2}a$ also gilt $a = 1{,}2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Physik ab Klasse 11

Messgenauigkeit und Fehlerrechnung

Grundlagen: Geltende Ziffern (siehe Klasse 10)

Jede Messung ist fehlerbehaftet, d. h., man erhält Meßwerte, die vom wahren Wert mehr oder weniger abweichen. Der wahre Wert kann nicht exakt gemessen werden!

Man unterscheidet folgende Fehler:

- **Systematische Fehler**: Z. B. können Messgeräte den Messwert nicht exakt, sondern nur mit einer bestimmten Genauigkeit angeben. Oder die Skala eines Gerätes stimmt nicht mit dem tatsächlichen Wert überein, weil es verstellt ist. Ebenso können es Einflüsse sein, die nicht berücksichtigt werden können, z. B. Druck, Temperatur etc. Kennt man diese Fehler, kann man sie bei der Fehlerbetrachtung berücksichtigen.

- **Zufällige Fehler:** Führt man mehrere gleiche Messungen durch, erhält man in der Regel nicht immer den gleichen Wert. Dies kann durch die Unzulänglichkeit der Sinnesorgane des Menschen und/oder durch die Ungeschicklichkeit beim Ablesen der Skala oder Anzeige geschehen. Sie unterliegen zufälligen Schwankungen.
  Um dem „wahren Messwert" möglichst nahe zu kommen und um die „Unsicherheit" genau zu bestimmen, gibt es mehrere Verfahren.

Nach jeder Messung muss man sich Gedanken über Messungenauigkeiten (Fehlerbetrachtung) machen. Ohne größeren mathematischen Aufwand lässt sich eine einfache Fehlerbetrachtung durchführen:

I. Einfache Fehlerbetrachtung

Überlege dir, wo bei der Messung Fehlerquellen aufgetreten können. Berücksichtige dabei

- die Genauigkeit des Messgerätes
- mögliche Ablesefehler
- fehlende Isolation bei thermischen Experimenten
- … (andere Einflussmöglichkeiten)

Mit einem etwas größeren mathematischen Aufwand lassen sich präzisere Angaben über die Auswirkung von zufälligen Fehlern auf das Messergebnis gewinnen:

II. Vertiefung: Fehlerrechnung für zufällige Fehler

Um zufällige Fehler messbar zu machen, wird das Endergebnis einer Messung mit einer „Unsicherheit" angegeben. Sinn und Zweck der Fehlerrechnung ist es, das Ausmaß dieser „Unsicherheit" anzugeben. Unsicherheiten oder Fehler können auf zwei Arten angegeben werden:

- als absoluter Fehler **ΔF** oder
- als relativer Fehler **ΔF/F** in %.

Beispiel für eine Längenmessung:

Bei der Messung und Fehlerrechnung der Länge eines Körpers hat sich folgendes ergeben:

l = 0,92860 m **Δl = σ = ± 0,00397 m**

Mittelwert der Messung Unsicherheit aus der Fehlerrechnung.
Oft, aber nicht immer, wird hier die Standardabweichung „σ“ angegeben. Dazu aber später.

Durch Rundung ergibt sich dann für das Endergebnis:

l = 0,92860 m ± 0,00397 m oder
l = 0,92860 m ± 0,4 %

Das Messergebnis rundet man so, dass es bei gleichen Maßeinheiten genauso viele Dezimalen besitzt wie der absolute Fehler.

Bei der Fehlerrechnung für zufällige Fehler werden folgende Größen berechnet:

1. **Mittelwert**
   Führt man n Messungen durch, erhält man $x_1, x_2, \ldots, x_n$ Messwerte. Der Mittelwert

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \cdots + x_n)$$

   ist im Allgemeinen die beste Näherung für den wahren Wert.

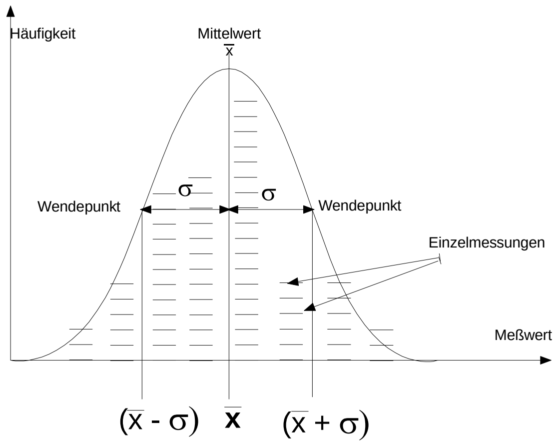
2. **Standardabweichung**
   Sie ist ein Maß, wie weit die einzelnen Messwerte einer Messreihe zufällig vom Mittelwert abweichen:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}[(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \cdots + (x_n - \bar{x})^2]}$$

   Ist σ klein, liegen alle Messwerte nah am Mittelwert, d. h., die Messungen haben nur geringe zufällige Fehler.

   Veranschaulichung der Standardabweichung bei einer Normalverteilung:

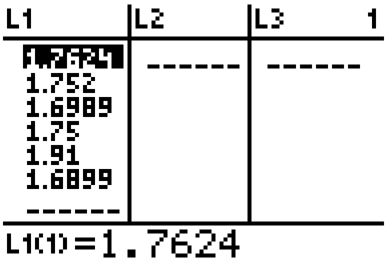
   <u>**Anmerkung:**</u> Die meisten Messungen gehorchen der Normalverteilung. (s. Abb.).
   Zwischen den Begrenzungen $\bar{x} - \sigma$ und $\bar{x} + \sigma$ liegen ca. 68,3 % aller Messwerte.



Beispiel: einzelne Messreihe

Der Mittelwert und die Standardabweichung werden mit dem GTR berechnet:

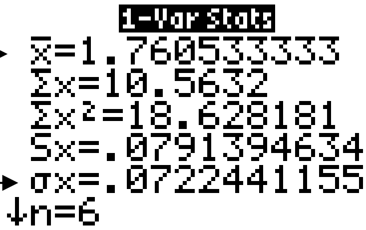
Unter [**STAT] {EDIT} /1: EDIT...** wird eine leere Liste geöffnet, in die du die Meßwerte einträgst.
Siehe rechte Abb.



Unter [**STAT] {CALC} {1: 1-Var Stats } [ENTER], {List:L1} [ENTER], {FreqList:} [ENTER], {Calculate}[ENTER]** erhält man folgendes Fenster:

Mittelwert

Standardabweichung σ

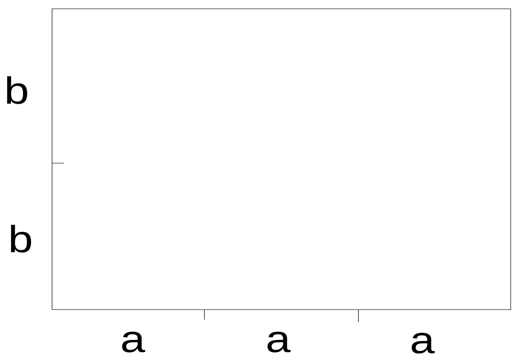


Ergebnis: $V = 1{,}760533\ cm^3$ $\Delta V = \sigma = \pm\ 0{,}07913\ cm^3$
Gerundet ergibt dies: **$V = 1{,}76\ cm^3 \pm 0{,}08\ cm^3$**

Oder als relativer Fehler geschrieben: **$V = 1{,}76\ cm^3 \pm 4{,}5\%$**
(mit $0{,}08\ cm^3 / 1{,}76\ cm^3 = 4{,}5\ \%$)

Beispiel: Summen von Messgrößen

Komplizierter wird es, wenn sich Größen aus mehreren Einzelmessgrößen zusammensetzen, z. B. Der Umfang oder der Flächeninhalt eines Rechtecks



Bei Summen von Messgrößen werden **die absoluten Fehler** addiert.

a sei ein Teilstück der Seitenlänge A und b sei ein Teilstück der Breite B. Δa wäre beispielsweise

- die Standardabweichung „σ“ von a

- oder der geschätzte Messfehler Δa der Größe a
- oder die Genauigkeit des Längenmessgeräts

z. B. $\Delta a = \pm 1$ mm und $\Delta b = \pm 1$ mm. Mit $a = 30$ mm und $b = 35$ mm ergibt sich dann für den Umfang:

U = 6 · a + 4 · b

U = 6 · 30 mm + 4 · 35 mm = 320 mm

ΔU = ± (6·1 mm + 4·1 mm) = 10 mm

Der relative Fehler beträgt: ΔU/U = ±10 mm / 320 mm = 0,03125 = 3 % (gerundet).

Das Ergebnis lautet: **U = 320 mm ± 10 mm oder U = 320 mm ± 3 %**.

Beispiel: Produkte von Messgrößen
Bei Produkten von Messgrößen werden die **relativen Fehler** addiert

Betrachten wir den Flächeninhalt des obigen Rechtecks:

A = 3 · a · 2 · b = 6 · a · b

Mit den vorigen Fehler- und Längenangaben ergibt sich für den relativen Fehler des Flächeninhalts dann:

$$\begin{aligned}\frac{\Delta A}{A} &= \pm\left(\left|\frac{\Delta a}{a}\right| + \left|\frac{\Delta b}{b}\right|\right)\\ &= \pm\left(\left|\frac{1\text{ mm}}{30\text{ mm}}\right| + \left|\frac{1\text{ mm}}{35\text{ mm}}\right|\right)\\ &= \pm(|0,033| + |0,0285|) = \pm 0,062 = 6,2\%\end{aligned}$$

Der Flächeninhalt beträgt : A = 3 · 30 mm · 2 · 35 mm = 6 300 mm^2

Das Ergebnis heißt somit gerundet:

A = 6 300 mm^2 ± 7 % (Prozentangaben werden immer aufgerundet, von 6,2 % → 7 %**)**
oder
A = 6 300 mm^2 ± 441 mm^2 oder A = (6 300 ± 441) mm^2

Messgrößen mit höherer Potenz
Kommen Messgrößen mit Funktionen in höherer Potenz vor, dann werden die Relativfehler mit dem Exponenten multipliziert.

Beispiel:

Die Berechnung der Gravitationskonstanten aus der Schwingung eines

Fadenpendels.

$$g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l}{T^2}$$

Die Messgröße T kommt in der Formel in der zweiten Potenz vor, die Messgröße l in der ersten Potenz.

Die Messungen liefern beispielsweise:

Mittelwert von l: l = 0,9286 m ; Δ l = 0,0039 m

Mittelwert von T: T = 1,933 s; ΔT = 0,0018s.

Für den relativen Fehler von g ergibt sich nun:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta g}{g} &= \pm\left(1 \cdot \left|\frac{\Delta l}{l}\right| + 2 \cdot \left|\frac{\Delta T}{T}\right|\right) \\ &= \pm\left(1 \cdot \left|\frac{0,0039 \text{ m}}{0,9286 \text{ m}}\right| + 2 \cdot \left|\frac{0,0018 \text{ s}}{1,933 \text{ s}}\right|\right) \\ &= \pm(|0,042| + |0,0019|) = \pm 0,0061 = 0,61\% \approx 1\% \end{aligned}$$

Das Ergebnis ist somit: $g = 9{,}816\ m/s^2 \pm 1\ \%$ oder $g = (9{,}816 \pm 0{,}098)\ m/s^2$