


Unterrichtsvorschlag

Es gibt zahlreiche Experimente für proportionale Zusammenhänge (vgl. Beckmann 2006). Je nach Jahrgangsstufe oder Leistungsniveau, aber auch nach experimentellen Möglichkeiten kann hier die Auswahl unterschiedlich getroffen werden. Die folgenden Beispiele beziehen sich auf Schülerinnen und Schüler am Ende der Sekundarstufe I bzw. in der frühen Sekundarstufe II. Die hier vorgestellten Experimente erfordern von der Lehrkraft zum Teil Kompetenzen im Bereich der experimentellen Physik. Eine fächerübergreifende Behandlung, die neben dem mathematischen Interesse der funktionalen Abhängigkeit auch die physikalische Begrifflichkeit berücksichtigt, ist hier sehr erwünscht. (Hinweis: In einem anderen Unterrichtsbeispiel werden Experimente mit einfacheren Inhalten vorgeschlagen).


Unterrichtsmaterial

Möglicher Ablauf


Einführung	Lehrer/ Leherin führt in die Arbeit ein. Mögliche Themen: Messfehler, Graphische Darstellung, Ausgleichsgerade → Literature
Stationenlauf	Die Experimente werden in einem Stationenlauf angeboten. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten selbstständig (Arbeitsblätter nutzen). 
Abschluss im Klassenverband	Jede Gruppe präsentiert die Ergebnisse aus einer Station. Wichtig ist die Reflektion über die Bedeutung des Proportionalitätsfaktors im außermathematischen Kontext.

Benötigte Materialien (siehe folgende Seiten)


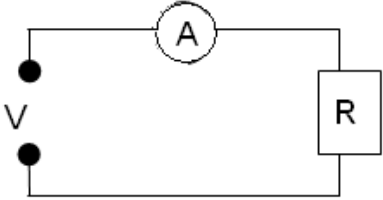
Station 1:
Experiment *Elektroauto*

Abhängige Größen	Strecke und Zeit
Abhängigkeit	proportional
Material	Wagen mit Antrieb, Messlatte (mindestens 2 m), Stoppuhren 
Durchführung	Es werden die Zeiten für bestimmte Fahrstrecken des Wagens gemessen.
Proportionalitätsfaktor	Der Quotient von Strecke und Zeit ist konstant. Die Konstante ist die Geschwindigkeit. Bei größer bzw. kleiner eingestellter Geschwindigkeit ist der Proportionalitätsfaktor größer bzw. kleiner.
Fächerübergreifender Hintergrund	Der Wagen bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit auf gerader Strecke. Diese geradlinig gleichförmige Bewegung hat folgende Eigenschaft: In gleichen Zeiten werden gleiche Strecken zurück gelegt, das heißt Fahrstrecke s und Zeit t sind proportional zueinander: $\frac{s}{t} = \text{konst.}$ Die Konstante beschreibt die hier unveränderte Größe, die Geschwindigkeit v (velocity). Die Einheit für die Geschwindigkeit ist $\frac{\text{m}}{\text{s}}$, $\frac{\text{Meter}}{\text{Sekunde}}$.
Realitätsbezug	Autofahrt

Station 2: Experiment *Feder*


Abhängige Größen	Kraft und Masse	
Abhängigkeit	proportional	
Material	Kraftmesser (oder Feder), Schlitzgewichte (Massestücke), Gewichtsträger	
Durchführung	Der Gewichtsträger wird mit einem Massestück bestückt und an den Kraftmesser gehängt. Die jeweils wirkende Kraft wird in Abhängigkeit von der angehängten Masse gemessen.	
Proportionalitätsfaktor	Der Quotient aus Kraft und Masse ist konstant. Die Konstante ist die Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$.	
Fächerübergreifender Hintergrund	<p>Das Anhängen der Masse bewirkt eine Auslenkung der Feder im Kraftmesser. Es wirkt die Gewichtskraft der Masse (einschließlich der Masse des Gewichtsträgers).</p> <p>Die Gewichtskraft F ist proportional zur Masse m: $\frac{F}{m} = \text{konst.}$, konkret: $\frac{F}{m} = g$ mit $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ (Erdbeschleunigung, d.h. Beschleunigung, mit der jede Masse zur Erde hin beschleunigt wird)</p> <p>Die Einheit für die Kraft ist das Newton ($1\text{N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$)</p>	
Realitätsbezug	Bungee-jumping, Reckturnen mit Menschen unterschiedlicher Masse	

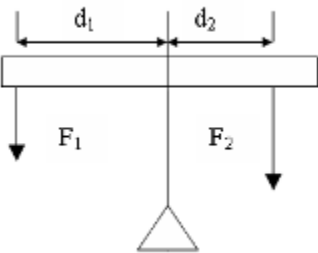
Station 3:
Experiment *Elektrizität*

Abhängige Größen	Stromstärke und Spannung	
Abhängigkeit	proportional	
Material	Netzgerät mit variabler Spannung (bis 12 V), Multimeter, Widerstand (20 Ω bzw. 50 Ω oder 100 Ω) 3 Kabel, (eventuell Glühlampe mit Halterung)	
Durchführung	Die Materialien werden zu einem Stromkreis zusammgebaut: Die Spannung wird verändert und die Strom- stärke jeweils am Multimeter gemessen.	
Proportionalitätsfaktor	Der Quotient aus elektrischer Spannung und Stromstärke ist konstant. Die Konstante ist der Ohm- sche Widerstand R, gemessen in Ohm ($\Omega = V/A$).	
Fächerübergreifender Hintergrund	Die elektrische Spannung ist ein Maß für den Unterschied in den Ladungsverteilungen. Am „Minus- pol“ herrscht ein Elektronenmangel gegenüber einem Elektronenüberschuss am „Pluspol“. Ist der dazwischen liegende Stromkreis geschlossen, fließt ein Strom zum Ladungsausgleich. (Um einen Kurzschluss zu vermeiden, ist ein Verbraucher, zum Beispiel eine Glühlampe, zwischenzu- schalten). Wenn ein Strom fließt, brennt die Glühlampe. Bei einer größeren Stromstärke leuchtet die	

	<p>Glühbirne heller.</p> <p>Für Bauteile, die sich in einem Stromkreis befinden, lässt sich jeweils der Widerstandswert R aus dem Quotienten aus Spannung U und Stromstärke I bestimmen: $\frac{U}{I} = const.$</p> <p>Für bestimmte Bauteile (z.B. ein Konstantendraht oder ein auf konstanter Temperatur gehaltener Eisendraht) gilt das Ohmsche Gesetz. Es besagt, dass der Widerstand konstant ist, d.h. dass Stromstärke und Spannung proportional zueinander sind.</p> <p>Die Proportionalitätskonstante ist der elektrische Widerstand R (Ohmscher Widerstand). Einheit für die Stromstärke ist Ampere (A), Volt (V) für die Spannung und Ohm (Ω) für den Widerstand.</p>
Realitätsbezug	Elektrische Geräte im Haushalt und Alltag, Energiequellen, Stromversorgung

Station 4:
Experiment *Hebel 1: Kraft und Lastarm*

Abhängige Größen	Kraft und Lastarm	
Abhängigkeit	proportional	
Material	Stativ mit Hebelstange, Kraftmesser (max. 10 N), Anhängelast, z.B. ein Stein oder ein Massestück 100 g	
Durchführung	Der Kraftmesser wird an eine bestimmte Stelle an die Hebelstange gehängt, an der er die gesamte Versuchsdurchführung bleibt (Kraftarm ist also konstant). Der Lastarm (Abstand zwischen Last und Drehachse des Hebels) wird verändert, indem die Anhängelast an unterschiedlichen Stellen an die Hebelstange gehängt wird. Die Kraft, die benötigt wird, um den Hebel im Gleichgewicht zu halten, wird in Abhängigkeit vom Lastarm gemessen.	
Proportionalitätsfaktor	Der Quotient aus Kraft und Lastarm ist konstant (in Gleichgewichtslage, bei gleich bleibendem Kraftarm und Last). Die Konstante entspricht gerade dem Quotienten aus Last und Kraftarm.	
Fächerübergreifender Hintergrund	Einen Hebel kann man sich vereinfacht als Balken mit Drehachse vorstellen. Auf beiden Seiten der Drehachse können Kräfte angreifen. Der Abstand d zwischen Drehachse und Kraft F heißt Hebelarm (gemäß Abbildung). Anmerkung: Wird zwischen <i>Kraft</i> auf der einen Seite und <i>Last</i> auf der anderen Seite unterschieden, spricht man von Kraftarm und Lastarm. Ein Hebel ist genau dann im Gleichgewicht, wenn die Produkte aus Betrag der Kraft und Hebelarm auf beiden Seiten der Drehachse gleich sind. $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$ (bzw.: Kraft mal Kraftarm = Last mal Lastarm) Aus der Gleichgewichtsbedingung lassen sich folgende funktionale Zusammenhänge ableiten:	




The **ScienceMath** project: **Proportionalitätsfaktor 2**

Idee: Astrid Beckmann,

Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, Deutschland

	<p><i>Proportionalität</i> zwischen Kraft und Lastarm $\frac{F_1}{d_2} = \text{konst.}$ (Kraftarm und Last sind konstant)</p> <p><i>Antiproportionalität</i> zwischen Kraft und Kraftarm $F_1 \cdot d_1 = \text{konst.}$ Eine konstante Last F_2 wird in festem Abstand d_2 am Hebel befestigt.</p>
Realitätsbezug	<p>Wippe auf dem Spielplatz, Hebel bei Kran, Zange, Fahrrad usw. Transport von schweren Gegenständen, „Charlottenburger“ und „Strenz“ (Säckchen und Wanderstock) der Wandergesellen</p>

Station 5: Experiment *Klotz*

Abhängige Größen	Gleitreibungskraft und Gewichtskraft	
Abhängigkeit	proportional	
Material	Holzklotz mit Zugseil, Verschiedene Massestücke zum Auflegen auf den Holzklotz, Kraftmesser, Glasscheibe zum Gleiten oder sehr glatte Oberfläche, Waage	
Durchführung	Der Holzklotz wird gewogen und über die Masse die Gewichtskraft berechnet ($F = mg$ mit $g = 9,81\text{m/s}^2$). Der Holzklotz wird mit Massestücken bestückt und über die Glasscheibe gezogen. Die Gleitreibungskraft wird am Kraftmesser für unterschiedliche Massen (unterschiedliche Massestücke auf Holzklotz) gemessen.	
Proportionalitätsfaktor	Der Quotient von Gleitreibungskraft und Gewichtskraft (eigentlich Normalkraft) ist konstant. Die Konstante gibt die Reibungskraft pro Gewichtskrafteinheit (N) an und wird Gleitreibungszahl μ_G genannt. Sie ist auch Material abhängig.	
Fächerübergreifender Hintergrund	Reibungskräfte entstehen durch Wechselwirkung der Moleküle von sich berührenden Oberflächen und können anschaulich als „Verhaken“ der Oberflächen verstanden werden. Der auf der Glasplatte ruhende Holzklotz haftet zunächst (Haftreibung). Beim Ziehen des Holzklotzes über die Glasscheibe erfährt er die Gleitreibung. Es muss eine Kraft aufgewendet werden, die denselben Betrag und die entgegen gesetzte Richtung wie die Gleitreibungskraft hat. Die Größe der Gleitreibungskraft hängt von dem Wechsel wirkenden Material und der senkrecht auf die Unterlage wirkenden Normalkraft ab (Ist die Grundlage waagrecht, entspricht die Normalkraft der Gewichtskraft $F_g = mg$ mit $g = 9,81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Die Einheit für die Kraft ist das Newton $1\text{N} = 1\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}$).	

The **ScienceMath** project: **Proportionalitätsfaktor 2**
Idee: Astrid Beckmann,
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, Deutschland

	Gleitreibungskraft F_G und Normalkraft F_N sind zueinander proportional: $F_G = \mu_G \cdot F_N$. Der Proportionalitätsfaktor μ_G heißt Gleitreibungszahl und hängt auch von den sich berührenden Materialien ab. Beispielwerte: 0,03 (Stahl-Stahl) und 0,014 (Stahl-Eis).
Realitätsbezug	Verschieben von Gegenständen auf verschiedenen Materialien, Umzug auf Teppich oder Laminat usw.

Impulse

Bei der Durchführung der Experimente sollte deutlich werden, dass der Proportionalitätsfaktor sich als beschreibende Eigenschaft aus der zugrunde liegenden proportionalen Beziehung ergibt. Der funktionale Zusammenhang zwischen den betrachteten Größen ist proportional. Die Untersuchung des funktionalen Zusammenhangs bzw. die Hypothesenbildung sollte angeregt werden, etwa durch einen Impuls aus dem Alltag (vgl. Realitätsbezug unter 4, ausgearbeitete Vorschläge in Beckmann 2006). Weiterhin sollte vor Versuchsbeginn eine Auseinandersetzung mit dem ausgelegten Material stattfinden:

Was lässt sich verändern?

Welche Größe ändert sich, wenn eine bestimmte Größe verändert wird?

Welchen Zusammenhang vermutest du?

Grundsätzlich steht über jedem Experiment die allgemeine Aufgabe:

Beschreibe den Zusammenhang zwischen Größe ... und Größe
Überprüfe: Bestätigt der Zusammenhang deine Vermutung?
Beschreibe die besonderen Eigenschaften des Zusammenhangs.

Da es sich hierin allen Fällen um proportionale Zusammenhänge handelt, kann auch folgende Frage direkt angesprochen werden:

Bestimme den Proportionalitätsfaktor (Einheiten nicht vergessen!).
Welche Bedeutung hat er?

(Kopiervorlagen für Impulse: nächste Seiten)

Impuls

Elektroauto



Stell dir vor, du sitzt in einem Auto.

Das Auto

1. startet an der Ampel.
2. fährt um die Kurve.
3. fährt immer geradeaus auf einer langen Landstraße.

Beschreibe die verschiedenen Bewegungen des Autos.

Sprecht darüber in der Gruppe.

Impuls

Feder

Bestimmt hast du – mindestens im Fernseher - schon einmal beim Bungee-jumping zugeesehen. Oder hast du es selbst schon gewagt? Beschreibe, was dabei passiert. Was passiert mit dem Seil?

Sprecht darüber in der Gruppe.

Gibt es einen Unterschied zwischen dem Sprung eines leichten oder eines schweren Bungee-jumpers? Wenn ja, warum? Überprüfe deine Vermutung mit dem Gummiband auf dem Tisch.

Im Experiment benutzen wir eine Feder anstelle des Gummibands und anstelle des Bungee-jumpers nehmen wir verschiedene Gewichtstücke.

Mach dich mit den Materialien vertraut.



Source: www.pixelquelle.de ID83026

Impuls

Elektrizität



Wir alle benutzen elektrische Geräte. Um sie nutzen zu können, benötigen wir elektrischen Strom.

Kurzinformation: Elektrischer Strom kann man sich vorstellen als das Fließen von Ladungen. Seine Größe wird Stromstärke genannt.

Elektrische Spannung beschreibt den Ladungsunterschied zwischen zwei Punkten.

We all use electric equipment. To use it we need electric current.

Die Stromstärke hängt von der Quelle ab, aber auch vom angeschlossenen Gerät. Ändert man die Quelle bzw. die Spannung, ändert sich die Stromstärke in Abhängigkeit.

Beschreibe die Beziehung.

Impuls

Hebel 1

Auf Baustellen stehen oft Kräne. Ein Kran dient dazu, das Anheben schwerer Gegenstände oder Lasten zu erleichtern.

Um einen Kran im Gleichgewicht zu halten, ist Kraft nötig.

In welchem Fall benötigt man mehr Kraft?

- Die Last befindet sich dicht am Mast des Krans,
- Die Last befindet sich weit weg vom Mast des Krans.

Sprecht in der Gruppe darüber.

Stellt die Situation mit einem Bleistift nach.



Impuls

Block

Bestimmt habt ihr in eurer Wohnung schon einmal einen Schrank verrückt. Dabei hast du sicher festgestellt, dass es vom Untergrund abhängt, ob dies einfach oder schwer geht. Auf dem Teppichboden geht es zum Beispiel schwieriger als auf Laminat.

Normalerweise kann man den Boden nicht ändern, aber: Was kannst du ändern, um die Verschiebungsarbeit leichter zu machen? *Sprecht darüber in der Gruppe.*

Mit den Materialien auf dem Tisch kannst du die Situation vereinfacht nachstellen. Als Untergrund kannst du die Glasscheibe verwenden. Darauf gleitet der Schrank (hier vereinfacht als Holzklötz).

Wie kannst du den unterschiedlich gefüllten Schrank im Experiment nachstellen?

Diskutiert dies in der Gruppe und plant ein Experiment.

Die Kraft, die du zum Ziehen benötigst, heißt Gleitreibungskraft.

Beschreibe den Zusammenhang zwischen Masse und aufzuwendender Gleitreibungskraft.

