SCHULVERSUCHSPRAKTIKUM

2026, Nikolaus Albrecht

Skript: http://www.sigmadelta.at/

Gefahren

Würstel, Badewanne & Föhn – Volt, Ampere & Van de Graaff

YouTube / Thunderphyz & Meine Mega-Experimente

Showexperimente | Loop-the-loop

SchülerInnen-„Aktivsein-Experimente“ (Bunsen und Co) → „PRELOAD“

Kaffeetasse und “Interactive Direct Instruction”

Gefahren

Van de Graaf Generator 100.000 V !!! aber … (defekter Anschluss 220V)

Gefahrenpotential: 50mA | 10 J

Sicherheitsvorkehrungen | Schutz der Lehrperson | fehlerhafte Geräte | Gefahren rund um das Thema Strom

Gefahren

Short answer: **as little as ~30–50 mA (0.03–0.05 A) of 50–60 Hz AC through the chest for >1 second can be fatal** because it can trigger ventricular fibrillation. Higher currents or longer durations raise the risk further.

Here's a quick guide (typical 50–60 Hz AC, hand-to-hand or hand-to-foot path):

- **~ 1 mA:** Threshold of sensation (a "tingle").
- **5–10 mA:** Painful; muscles start to contract.
- **10–20 mA:** "Let-go" range (you may be unable to release a live conductor).
- **20–50 mA:** Breathing impairment; **ventricular fibrillation can begin near the upper end, especially if exposure lasts ≥1 s.**
- **≥50–100+ mA:** High likelihood of **ventricular fibrillation** and severe injury; increasing risk with time.
- **Amperes (A):** Deep burns, cardiac and respiratory arrest—often fatal.

Factors that change danger: **duration**, **path through the body (heart involvement)**, **skin condition (wet vs. dry)**, **contact area**, **voltage**, and **AC vs. DC** (DC typically needs higher current to cause VF but can cause severe burns/respiratory arrest).

Short, practical answer: **around 10–50 J of stored energy can be enough to cause ventricular fibrillation under unlucky conditions; above ~50 J the risk becomes high and can be fatal.** Exact danger depends on voltage, pulse shape/duration, contact path (across the chest is worst), and body conditions.

Quick reference (single-pulse capacitor discharges into the body, e.g., hand-to-hand/chest):

- **≤ 0.2 J:** Generally regarded as not causing long-term effects for a single impulse (regulatory “low energy” criterion).
- **>5 J:** Typically treated as **hazardous stored energy** in lab/industrial safety practice—requires automatic discharge/guards.
- **~ 10–50 J: Can induce ventricular fibrillation** depending on waveform and current path (per IEC analyses of impulse shocks).
- **≥ 50–200+ J: High risk of ventricular fibrillation and severe injury; potentially lethal.** (For comparison, clinical defibrillators intentionally deliver ~120–200 J biphasic or up to 360 J monophasic across the chest.)

Würstel, Badewanne & Föhn – Volt, Ampere & Van de Graaff

YouTube / Thunderphyz & Meine Mega-Experimente

Showexperimente | Loop-the-loop

SchülerInnen-„Aktivsein-Experimente“ (Bunsen und Co) → „PRELOAD“

Kaffeetasse und “Interactive Direct Instruction”

Gefahren

Würstel, Badewanne & Föhn – Volt, Ampere & Van de Graaff

Gefahren des elektrischen Stroms … und „das arme Würstchen!“ **Experiment**

„Vogel auf der Hochspannungsleitung – **Experiment**“

Sicherungskasten

Gefahren

Würstel, Badewanne & Föhn – Volt, Ampere & Van de Graaff

YouTube / Thunderphyz & Meine Mega-Experimente

Showexperimente | Loop-the-loop

SchülerInnen-„Aktivsein-Experimente“ (Bunsen und Co) → „PRELOAD“

Kaffeetasse und “Interactive Direct Instruction”

Thunderphyz | Kondensatorentladung

How to estimate it for a capacitor you're working with:

$$E = \frac{1}{2} C V^2$$

Example: **100 µF at 1 kV → …** dangerous ??

Bottom line: treat **>5 J** as hazardous and **>50 J** as potentially lethal unless you have rigorous controls. Standards and safety guidance require discharging/shorting such capacitors before access.

Gefahren

Würstel, Badewanne & Föhn – Volt, Ampere & Van de Graaff

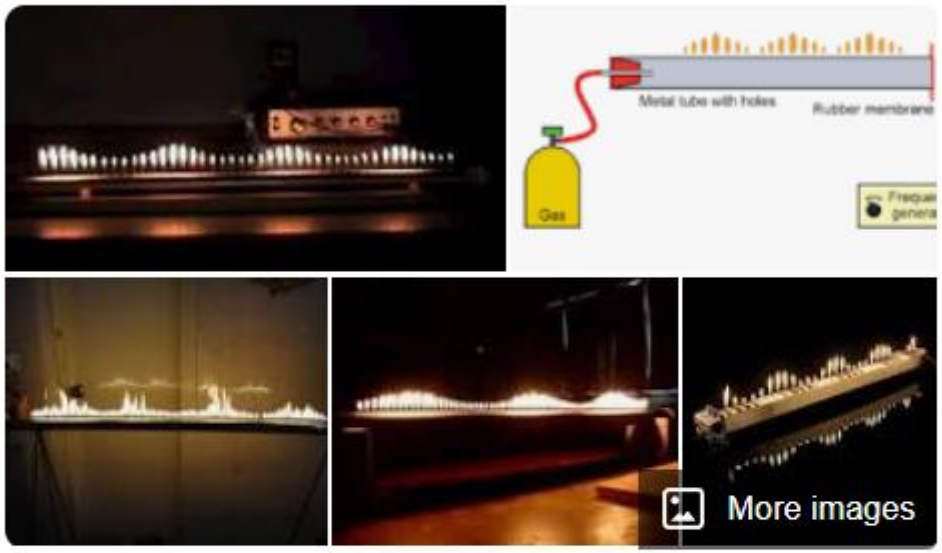
YouTube / Thunderphyz & Meine Mega-Experimente

Showexperimente | Loop-the-loop

SchülerInnen-„Aktivsein-Experimente“ (Bunsen und Co) → „PRELOAD“

Kaffeetasse und “Interactive Direct Instruction”

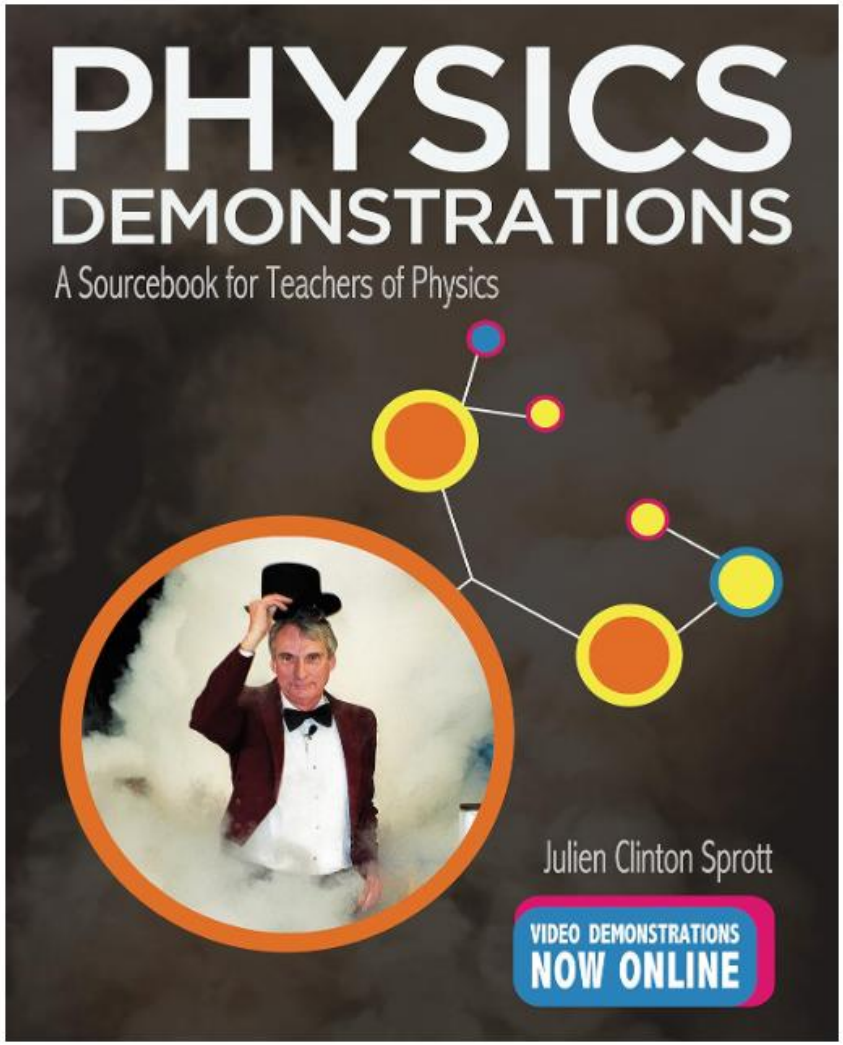
Rubens tube



A Rubens tube, also known as a standing wave flame tube, or simply flame tube, is a physics apparatus for demonstrating acoustic standing waves in a tube. Invented by German physicist Heinrich Rubens in 1905, it graphically shows the relationship between sound waves and sound pressure, as a primitive oscilloscope. Wikipedia

Wunsch und Wirklichkeit

“Sinnvolle“ Experimente (im Sinne: „Was sollen die SchülerInnen hierbei lernen?“ Schülerkommentar: „Ah, der Lautsprecher brennt!“ Rubens-Tube; Lehrperson (in Gedanken): Hoffentlich geht der Feueralarm nicht los!)


PHYSICS
DEMONSTRATIONS
A Sourcebook for Teachers of Physics
Julien Clinton Sprott
VIDEO DEMONSTRATIONS
NOW ONLINE

Could an athlete run a 3-m radius "loop-the-loop?"

Question:

Everyone has observed carnival rides, cyclists, skateboarders, etc., do a "loop-the-loop." The theoretical minimum velocity is given from the equality of the gravitational and centripetal forces as $v = \sqrt{gR}$. For a loop of radius $R = 3$ m this is approximately 5.5 m/s. Could an athlete run such a 3-m radius "loop-the-loop?" Good sprinters can run well above 5.5 m/s, perhaps 9 m/s.

This interesting question was asked by **Kevin Braun**, *a physics student of* **Fr. Earl W. Meyer** *at Thomas More Prep, Hays, Kansas 67601. For our answer we turned to* **Angelo Armenti, Jr.** *of Villanova University. Professor Armenti teaches a course in the physics of sports, which has been described in this journal [12, 349 (1974)].*

Answer:

On a qualitative level, it is clear that the runner must slow down as he runs uphill since a portion of his essentially constant power output would have to be expended doing work against gravity and hence would not be available to overcome the higher internal resistance forces associated with higher running speeds. Consequently, the runner's speed will suffer on the loop, especially near the top, possibly to the point where contact with the track would be lost. Even if this critical situation is not reached, there is an additional problem associated with the friction between runner and track needed for propulsion. As the runner's speed decreases, so too will the normal force between track and runner. This in turn will reduce the frictional force between the runner and the track with slipping the likely result. On the qualitative level then, it would appear doubtful that an athlete could successfully run the loop.

On a quantitative level, a model is needed to describe the physics of sprinting. A very useful model is that of Alexandrov and Lucht.[1] These authors assume a constant propulsive force on the sprinter F_p along with a variable

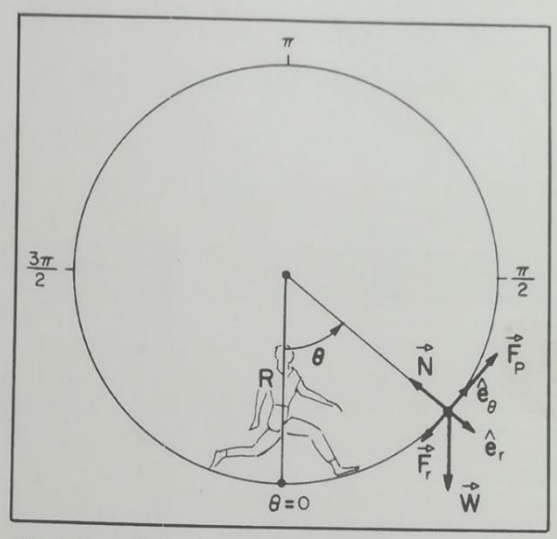


Fig. 1. Force diagram for a runner on a "loop-the-loop." The forces on the runner are $\vec{F}_p$, the propulsive force, $\vec{F}_r$, the internal resistance force, $\vec{N}$, the normal force exerted by the track, and $\vec{W}$, the weight of the runner. $\hat{e}_\theta$ and $\hat{e}_r$ are, respectively, the tangential and radial unit vectors.

In Fig. 1, we show the force diagram for the runner. $\hat{e}_\theta$ is the unit vector tangent to the loop in the counterclockwise sense while $\hat{e}_r$ is the unit vector normal to the loop in the radially outward direction. The net force on the sprinter in the $\hat{e}_\theta$ direction is

$$f_\theta \equiv |F_p| - |F_r| - Mg \sin\theta \tag{1}$$

while the net force on the sprinter in the $\hat{e}_r$ direction is

$$f_r \equiv Mg \cos\theta - N \tag{2}$$

Now the radius vector from the

Loop-the-loop

With a car …

Tunnel-Experiment mit SLS AMG

Globe of death - motorcycle

Globe of death – motorcycle … physics behind

… with a bike

… but can you run a loop the loop as well?

*The Physics Teacher 19 (**1981**)*

Experiment „**Kopfüber**“ mit Blumenvase und Wasserglas …

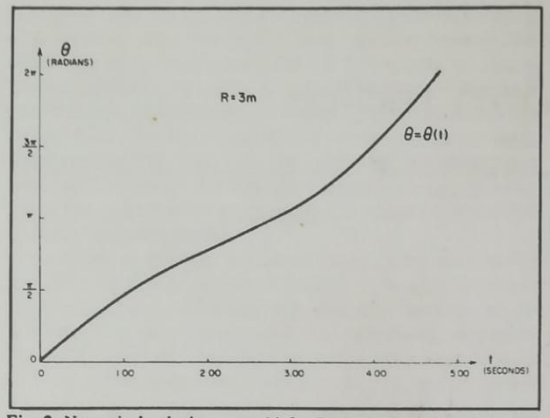


Fig. 2. Numerical solution $\theta = \theta(t)$ for Eq. (7). The initial data used were v_o and $R\dot{\theta}_o = 9$ m/s and $\theta_o = 0$ at $t = 0$, with $R = 3$ m.

acceleration) and $\dot{\theta}$ and $\ddot{\theta}$ are, respectively, the first and second derivatives of θ with respect to time.

From Newton's second law we have that

$$f_\theta = Ma_\theta \qquad \text{and} \qquad f_r = Ma_r$$

Hence,

$$fM - \sigma MR\dot{\theta} - Mg \sin\theta = MR\ddot{\theta} \tag{5}$$

and

$$Mg \cos\theta - N = -MR\dot{\theta}^2 \tag{6}$$

These two equations may be rearranged to read

$$\ddot{\theta} = \frac{1}{R}\left(f - \sigma R\dot{\theta} - g \sin\theta\right) \tag{7}$$

and

$$\eta \equiv \frac{N}{Mg} = \cos\theta + \frac{R\dot{\theta}^2}{g} \tag{8}$$

Eq. (7) may be integrated numerically. (We used the Initial Half-Step Method[2] on a Hewlett-Packard 9830 Programmable Calculator/Plotter.) The numerical solution to this nonlinear differential equation is given in Fig. 2.

Figure 3 shows the speed profile of the runner around

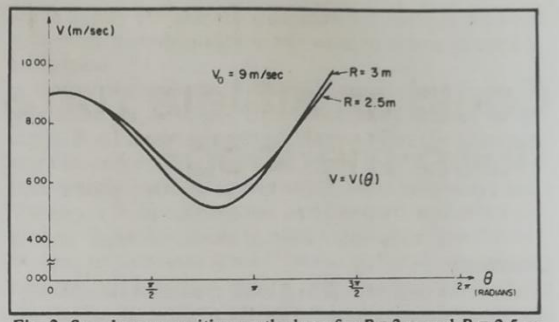


Fig. 3. Speed versus position on the loop for $R = 3$ m and $R = 2.5$ m. For the $R = 3$ m case, the speed falls below the critical value given by $v = \sqrt{gR} \simeq 5.5$ m/s. For the $R = 2.5$ m case, the runner's speed exceeds the critical value ($v \simeq 4.9$ m/s) at all times.

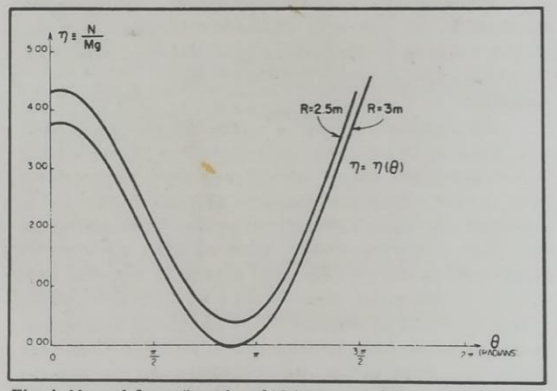
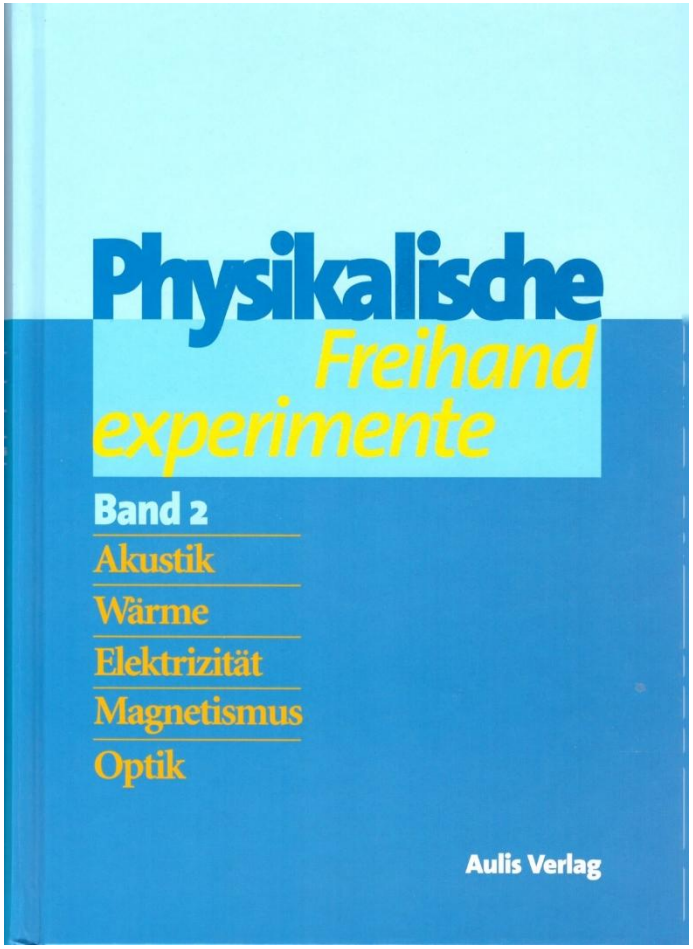


Fig. 4. Normal force (in units of Mg) versus position on the loop for $R = 3$ m and $R = 2.5$ m. For the $R = 3$ m case, η falls to zero (runner loses contact with track). For the $R = 2.5$ m case, η stays positive but falls below unity (runner loses traction and begins to slip).

Thomson Kanone | Demonstrationsexperiment – Setup)



7.17 Der Thomson'sche Ringversuch

Ein senkrecht nach oben katapultierter Metallring dient zum Nachweis, dass in einem Transformator mit kurzgeschlossenem Sekundärkreis durch Primär- und Sekundärstrom magnetische Felder hervorgerufen werden, die entgegengesetzt gerichtet sind.

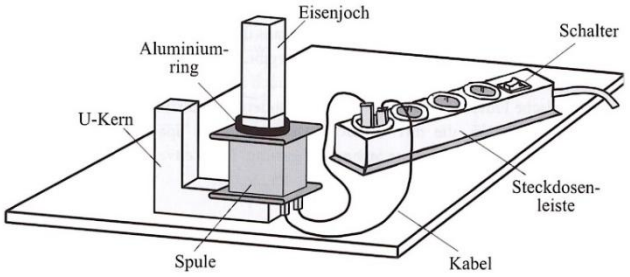


Abb. 1

Material

- Spule (600 – 800 Windungen; Belastbarkeit: mindestens 5 A)
- U-Kern
- Eisenjoch
- Aluminium- oder Kupferring, der über das Eisenjoch passt (Ringstärke: ca. 5 mm)
- Kabel mit Bananensteckern
- ein- und ausschaltbare Netzspannung (220 – 230 V; 50 – 60 Hz), z. B. Steckdosenleiste mit Schalter, der *beide* Pole trennt

Aufbau und Durchführung

Eine Spule wird über einen Schenkel eines U-Kerns gesteckt und auf diesem zusätzlich ein Eisenjoch senkrecht aufgestellt (siehe Abb. 1). Über das Joch lässt man einen Aluminiumring fallen und verbindet bei *ausgeschalteter* Spannung die Spule mit einer Netzspannungsquelle. Wird die Spannung eingeschaltet, fliegt der Ring senkrecht nach oben in eine beachtliche Höhe, wobei er sogar bis an die Zimmerdecke geschleudert werden kann. Hält man den Ring bei eingeschalteter Spannung 20 – 30 s lang fest, so wird er unerträglich heiß. *Bevor* man wieder andere Teile der Anordnung berührt, etwa zum Wiederaufbau des Experiments, muss aus Sicherheitsgründen und um eine Überhitzung der Spule zu vermeiden, auf jeden Fall die Netzspannung ausgeschaltet werden.

Erklärung

Bei der Anordnung des Experiments handelt es sich um einen Transformator, dessen Sekundärspule aus einer kurzgeschlossenen Windung besteht, dem Aluminiumring.

Wegen des Eisenkerns in der Spule und in dem Metallring sind die vorhandenen Induktivitäten so groß, dass beim komplexen Wechselstrom-Widerstand die Ohmschen Widerstände in Primär- und Sekundärkreis vernachlässigt werden können. Außerdem geht die folgende Rechnung von einem idealen Transformator aus, bei welchem kein magnetischer Streufluss außerhalb des Eisenkerns und keine Hysteresis auftritt. Die Orientierung der auftretenden Spannungen wurde so gewählt, dass Spannungen gleichen Vorzeichens bei gleichen Wechselstrom-Widerständen Ströme hervorrufen, die gleichgerichtete Magnetfelder erzeugen.

Unabhängig vom Belastungszustand des Transformators gilt für das Verhältnis aus Primärspannung $U_1(t)$ und Sekundärspannung $U_2(t)$:

$$\frac{U_1(t)}{U_2(t)} = -\frac{N_1}{N_2} \qquad [\textit{Gerthsen}\ 1993, S.\ 388] \tag{1}$$

(N_1, N_2: Windungszahlen der Primär- und Sekundärspule)

Für die Ströme $I_1(t)$ und $I_2(t)$ gilt bei Vernachlässigung der Ohmschen Widerstände:

$$U_1(t) = \mathrm{i}\omega L_1 I_1(t) \qquad \text{und} \qquad U_2(t) = \mathrm{i}\omega L_2 I_2(t) \tag{2}$$

(L_1, L_2: Induktivitäten von Primär- und Sekundärspule; w: Kreisfrequenz der Wechselspannung)

Unter Benützung von Beziehung (1) liefert (2) für das Verhältnis der Ströme:

$$\frac{I_1(t)}{I_2(t)} = \frac{L_2 U_1(t)}{L_1 U_2(t)} = -\frac{N_1 L_2}{N_2 L_1} \tag{3}$$

Da die hervorgerufenen Magnetfelder proportional zu den Strömen $I_1(t)$ und $I_2(t)$ sind, besitzen sie wegen des negativen Vorzeichens in Beziehung (3) entgegengesetzte Richtungen. Auf Grund der Wechselwirkung der Magnetfelder stoßen sich die Spule und der Metallring ab. Bei der angegebenen Dimensionierung der Bauteile reichen die Kräfte aus, um den Aluminiumring nach oben zu katapultieren.

Setzt man in (3) näherungsweise die Beziehung $L_i \propto N_i^2$ ($i = 1$ und 2) für die Induktivität einer lang gestreckten Spule ein, so gilt für die Amplituden $|I_1|$ und $|I_2|$ der Ströme:

$$\frac{|I_1|}{|I_2|} \approx \frac{N_2}{N_1} \quad \Rightarrow \quad |I_2| \approx 600\,|I_1|, \qquad \text{mit } N_1 = 600 \text{ und } N_2 = 1 \tag{4}$$

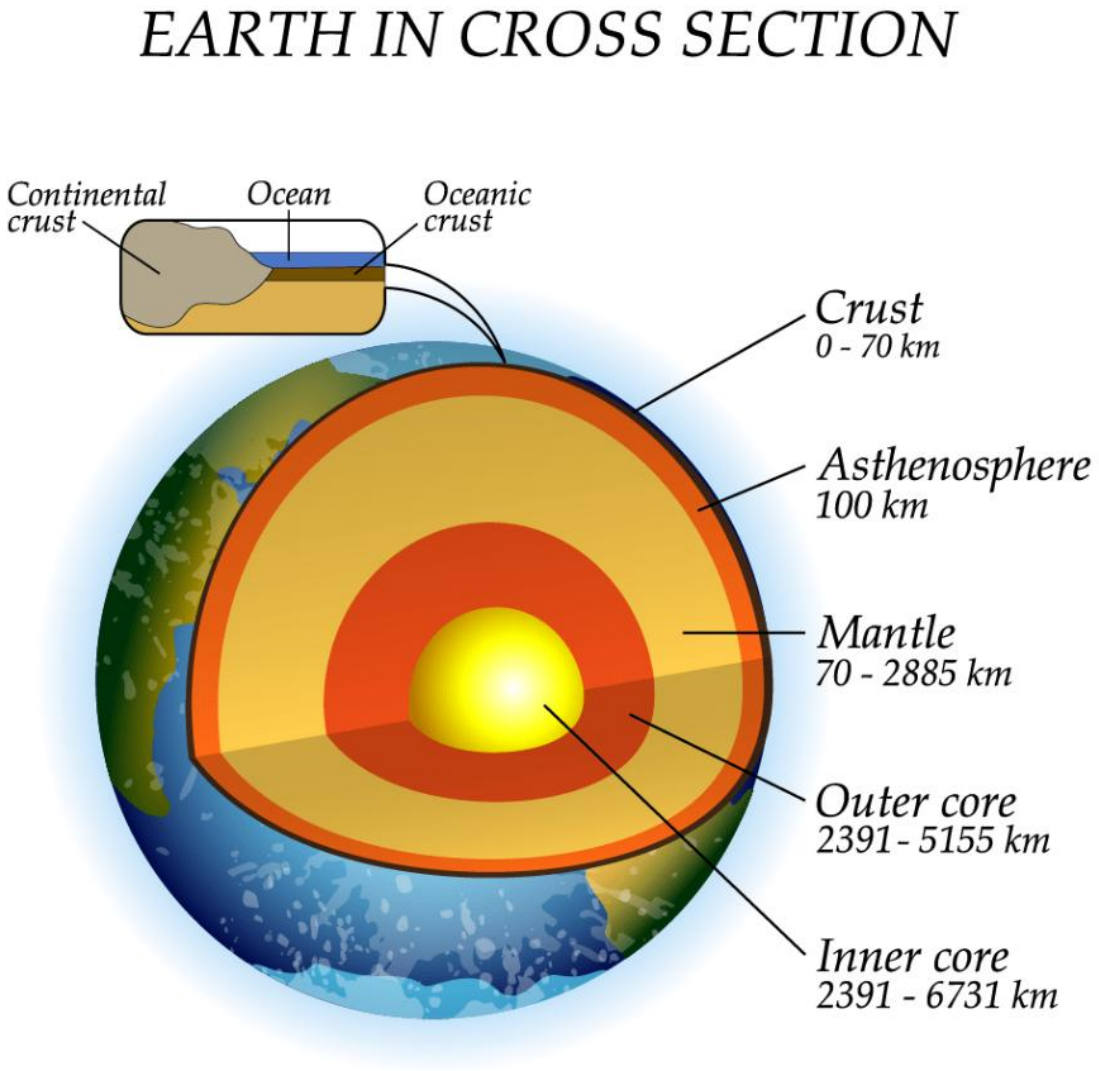
Trotz der relativ geringen Stärke des Primärstroms (gemessener Wert: $|I_1| \approx 4$ A) fließt in dem Metallring ein extrem großer Strom (mit Beziehung 4) berechneter Wert: $|I_2| \approx 2400$ A). Da auch der massive Metallring einen nichtverschwindenden Ohmschen Widerstand R besitzt, heizt die elektrische Leistung

$$P \approx R\,|I_2|^2 \approx 1200\ \mathrm{W}$$

den Ring rasch auf. (R wurde aus dem spezifischen Widerstand von Aluminium und den geometrischen Abmessungen des Rings abgeschätzt: $R \approx 0{,}2\ \Omega$m.)

Eleganter, aber dafür mit weniger Einsicht in die physikalischen Abläufe, lässt sich das Ergebnis des Experiments auch mit Hilfe der Lenz'schen Regel erklären. Danach ist das Magnetfeld, das durch den im Aluminiumring induzierten Strom entsteht, so gerichtet, dass es der Ursache seiner Entstehung (dem Magnetfeld der Spule) entgegenwirkt. Auf Grund der entgegengesetzt gerichteten Magnetfelder stoßen sich Ring und Spule ab.

In den Schulbüchern sehen wir ...



Volume 77, Issue 12
1 December 2024



Previous Article Next Article

The mysterious, massive structures in Earth's deep mantle

Seismic waves traversing the interior of the planet reveal continent-sized regions with distinct physical properties. Researchers are investigating what they are, how they got there, and what their role is in Earth's dynamic convecting interior.

Edward Garnero; Claire Richardson

Check for updates

+ Author & Article Information
Physics Today **77** (12), 36–43 (2024);
https://doi.org/10.1063/pt.mzrx.ddag

Share Rights and Permissions Cite

Topics

Geodynamics, Earthquakes, Seismology, Tectonophysics, Volcanology, Mineralogy, Tomography

Roughly 3000 km below us, almost halfway to the center of Earth, lies the boundary between the solid rock mantle and the predominantly liquid-iron outer core. Grade-school textbooks typically depict Earth's interior as basic, brightly colored concentric shells of the crust, mantle, outer core, and inner core. But recent research dramatically alters that simplistic view to include two enormous



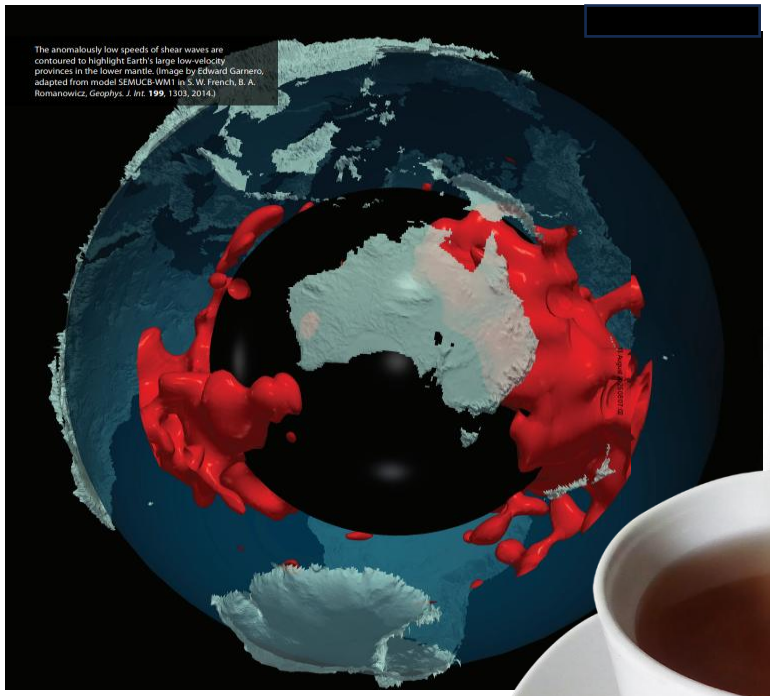
The anomalously low speeds of shear waves are contoured to highlight Earth's large low-velocity provinces in the lower mantle. (Image by Edward Garnero, adapted from model SEMUCB-WM1 in S. W. French, B. A. Romanowicz, *Geophys. J. Int.* **199**, 1303, 2014.)

The mysterious, massive structures in Earth's deep mantle

Edward Garnero and Claire Richardson

Seismic waves traversing the interior of the planet reveal continent-sized regions with distinct physical properties. Researchers are investigating what they are, how they got there, and what their role is in Earth's dynamic convecting interior.

Zeit für eine Pause und ein kleines Experiment ...

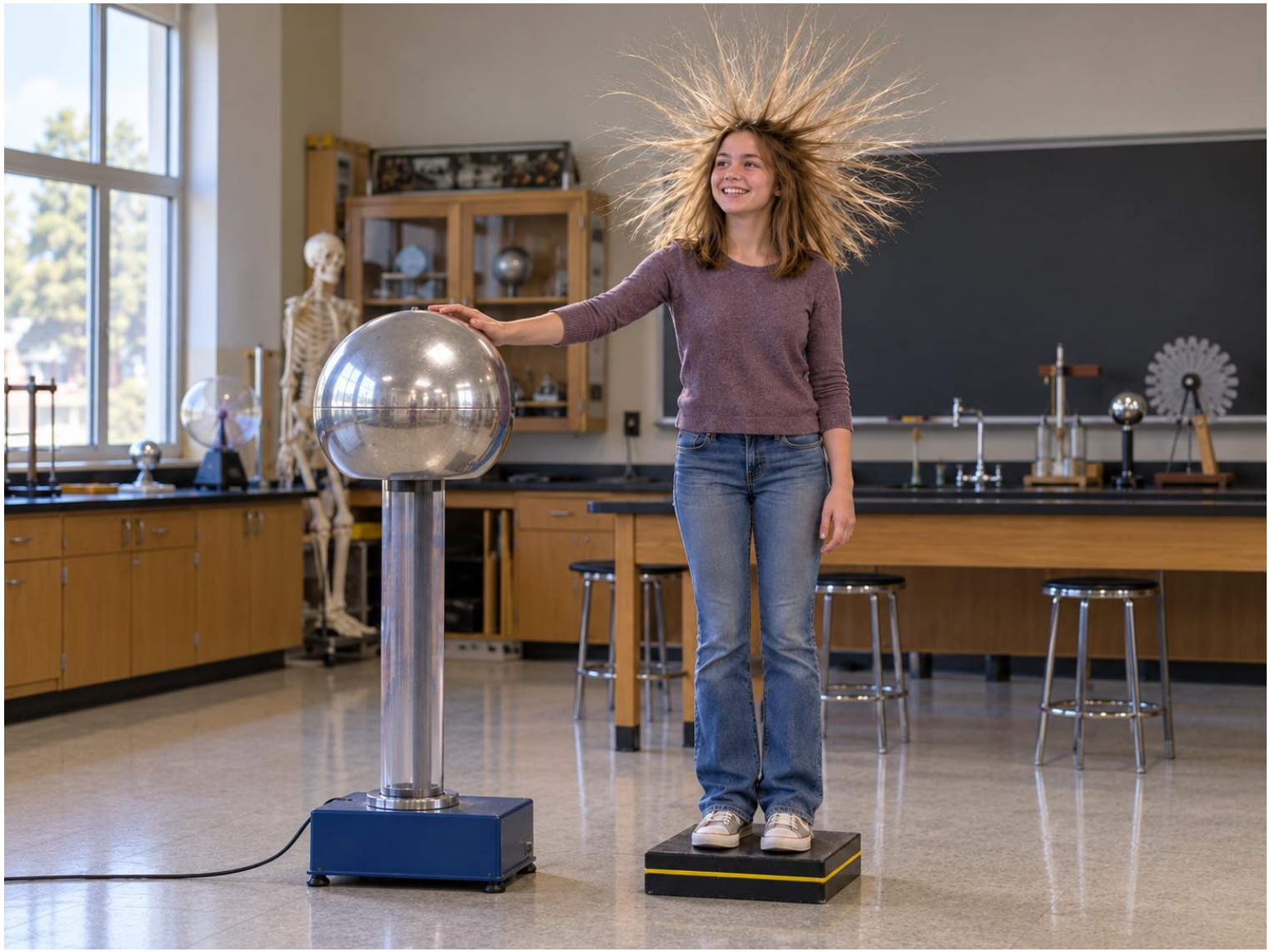




Unser größtes Problem (mit Experimenten):

Eine Unzahl wohlbekannter Experimente sind einfach durchzuführen ...

aber schwer intellektuell begreiflich zu machen.



Erschwerend kommt hinzu ...

Eine Abstimmung mit dem Lehrplan erschwert die Auswahl enorm.

Kompetenzbereich Elektrizität und Magnetismus

Die Schülerinnen und Schüler können

- Experimente zum Zusammenhang der Grundgrößen der Elektrizität (Spannung, Stromstärke und Widerstand) und zu den Wirkungen des elektrischen Stroms planen, durchführen, analysieren und dokumentieren. (**W, E**)
- die Gefahren der Elektrizität einschätzen und die Bedeutung von Schutzmaßnahmen für den Alltag erläutern. (**S**)
- physikalische Modellvorstellungen zum Magnetismus und zum Stromkreis und deren Übereinstimmungen und Unterschiede zu experimentellen Daten diskutieren. (**E**)
- physikalische und nichtphysikalische Aspekte von Mobilität und Verkehrssicherheit in verschiedenen Medien recherchieren (**W**), die Verlässlichkeit der Quellen bewerten, die Ergebnisse diskutieren und Konsequenzen für das eigene Handeln ableiten (**S**).[12]
- die Prinzipien des Elektromotors und des Generators qualitativ untersuchen (**E**) sowie deren Bedeutung für den Alltag recherchieren und kommunizieren (**W**).

„A well-designed curriculum respects the architecture of the domain. A poorly designed curriculum portrays only some surface features.“

Museum of electrical history

A versorium needle is very simple to make. The set-up is shown in Figure 1.2.

1. Cut an elongated diamond of aluminium foil (about 75mm long and 30mm wide) and fold along the long line of symmetry. This is the needle.
2. Balance the needle on a cocktail stick set in a cork or clay.
3. Test various electrics (insulators) after rubbing with cloth. The needle should react clearly.

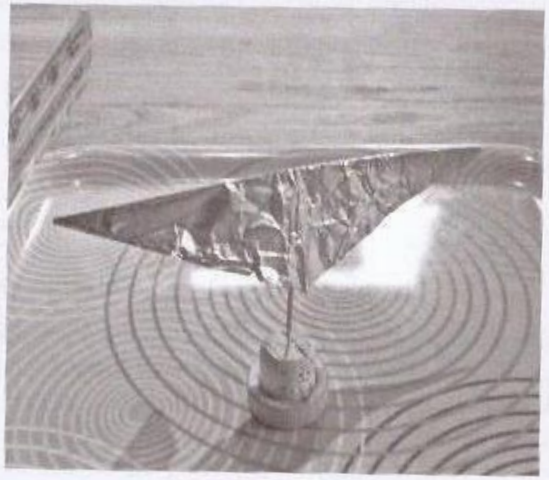


Figure 1.2 Gilbert's versorium needle

Quelle: Ben Rogers „The Big Ideas in Physics and How to Teach Them" [2018] (a David Fulton Book)

Unser Lehrplan (der Sekundarstufe I) verlangt ...

3. Klasse:

Kompetenzbereich Mechanik

Die Schülerinnen und Schüler können

- die (auch mehrdimensionale) Bewegung von Objekten mit geeigneten fachtypischen Darstellungen unter Einbeziehung moderner digitaler Werkzeuge beschreiben und die wesentlichen physikalischen Größen von Bewegungen (Ort, Tempo und Geschwindigkeit) in verschiedenen Kontexten anwenden.[4, 12] (**W**)
- in einfachen Experimenten den Zusammenhang zwischen der Änderung einer Geschwindigkeit und einer Einwirkung von außen untersuchen (**E**) und auf unterschiedliche Alltagsbeispiele anwenden (**W**).
- die Wirkung verschiedener Kräfte im Alltag qualitativ untersuchen (**E**), dokumentieren (**E**) und kommunizieren (**W**).

Thursday 3:56 PM

Kannst du mir zu folgendem Lehrplaninhalt gute Schülerexperimente liefern? Hier ist mein Lehrstoff:
Die Schülerinnen und Schüler können
– die (auch mehrdimensionale) Bewegung von Objekten mit geeigneten fachtypischen Darstellungen
unter Einbeziehung moderner digitaler Werkzeuge beschreiben und die wesentlichen physikalischen
Größen von Bewegungen (Ort, Tempo und Geschwindigkeit) in verschiedenen Kontexten anwenden.
– in einfachen Experimenten den Zusammenhang zwischen der Änderung einer G windigkeit und
einer Einwirkung von außen untersuchen (E) und auf unterschiedliche

Work with ChatGPT







Worked for 12s >

Ja. Ich würde die Experimente so auswählen, dass die Schüler:innen drei grundlegende Einsichten gewinnen:

- **Bewegung beschreiben:** Wo befindet sich ein Körper, wie schnell bewegt er sich und in welche Richtung?
- **Geschwindigkeitsänderungen untersuchen:** Ein Körper kann schneller oder langsamer werden oder seine Bewegungsrichtung ändern.
- **Kraftwirkungen erkennen:** Kräfte können Bewegungen verändern und Körper verformen.

Ich gehe zunächst von der **Sekundarstufe I** aus. Die folgenden sechs Experimente lassen sich hinsichtlich Auswertung und mathematischem Anspruch gut anpassen.



Die direkte Arbeit mit der KI dürfte allerdings für Schüler:innen zu schwer sein (Unterschied: **KI als Assistent vs. KI als Ersatz**)





Routine for GRIP-Episode

(1) Purpose
(2) I Do (Demo-experiment)
(3) Necessary adjustments for an independent student experiment
(Direct Instruction, Hands-up and Cold Call)
(4) Standardized protocol for independent student experiments
(Direct Instruction, Hands-up and Cold Call)
(5) Group Work: Atomization + List of Materials + Procurement of Materials
(6) Quality control by the teacher and—if appropriate—approval to proceed
(7) Student experiment: Group work with minimal feedback from the teacher
(desirable difficulties | Robert and Elizabeth Bjork)
(8) Group work: Preparing a Report.
Pick out retrieval cards that are relevant to the experiment and explain why you chose them.
(9) Presentation of the report to the entire class by a single student (Cold Call)

(1) Purpose

(2) I Do (Demo-experiment)

(3) Necessary adjustments for an independent student experiment
(Direct Instruction, Hands-up and Cold Call)

(4) Standardized protocol for independent student experiments
(Direct Instruction, Hands-up and Cold Call)

(5) Group Work: Atomization + List of Materials + Procurement of Materials

(6) Quality control by the teacher and—if appropriate—approval to proceed

(7) Student experiment: Group work with minimal feedback from the teacher
(desirable difficulties | Robert and Elizabeth Bjork)

(8) Group work: Preparing a Report.
Pick out retrieval cards that are relevant to the experiment and explain why you chose them.

(9) Presentation of the report to the entire class by a single student (Cold Call)

Experiment: “Bewegungen beschreiben” (3. Klasse Sek I)

(1) Purpose



- **Bewegung beschreiben:** Wo befindet sich ein Körper, wie schnell bewegt er sich und in welche Richtung?

Leitfrage: Kann man an einem Diagramm erkennen, wie sich jemand bewegt hat?

Besonders ergiebiger Denkauftrag:
„Die Person ist wieder am Ausgangspunkt. Ist ihre durchschnittliche Geschwindigkeit deshalb null? Hat sie sich trotzdem bewegt?“

Damit lässt sich der Unterschied zwischen **zurückgelegter Strecke und Ortsänderung** sowie zwischen **mittlerem Tempo und mittlerer Geschwindigkeit** erarbeiten. Für die Geschwindigkeit muss eine positive Richtung festgelegt werden.

(1) Purpose

(2) I Do (Demo-experiment)

(3) Necessary adjustments for an independent student experiment
(Direct Instruction, Hands-up and Cold Call)

(4) Standardized protocol for independent student experiments
(Direct Instruction, Hands-up and Cold Call)

(5) Group Work: Atomization + List of Materials + Procurement of Materials

(6) Quality control by the teacher and—if appropriate—approval to proceed

(7) Student experiment: Group work with minimal feedback from the teacher
(desirable difficulties | Robert and Elizabeth Bjork)

(8) Group work: Preparing a Report.
Pick out retrieval cards that are relevant to the experiment and explain why you chose them.

(9) Presentation of the report to the entire class by a single student (Cold Call)

Experiment: “Bewegungen beschreiben” (3. Klasse Sek I)

(2) I Do (Demo-experiment)

Material: Maßband, Klebeband, Smartphone mit Kamera, ausreichend Platz.

Durchführung:

1. Die Gruppe markiert eine gerade Strecke mit Meterabständen.
2. Eine Person geht zunächst gleichmäßig, bleibt stehen und geht anschließend zum Ausgangspunkt zurück.
3. Eine zweite Person filmt mit feststehender Kamera von der Seite.
4. Die Gruppe bestimmt aus dem Video den Ort der Person in regelmäßigen Zeitabständen und erstellt eine Tabelle sowie ein **Ort-Zeit-Diagramm**.

Auswertung: Die Schüler:innen kennzeichnen im Diagramm Stillstand, Hinweg und Rückweg. Aus ausgewählten Zeitabschnitten berechnen sie die mittlere Geschwindigkeit.



Materialliste: Malerkrepp-Klebeband, Filzstifte, Messbänder (Rollmeter)

(1) Purpose

(2) I Do (Demo-experiment)

(3) Necessary adjustments for an independent student experiment (Direct Instruction, Hands-up and Cold Call)

(4) Standardized protocol for independent student experiments (Direct Instruction, Hands-up and Cold Call)

(5) Group Work: Atomization + List of Materials + Procurement of Materials

(6) Quality control by the teacher and—if appropriate—approval to proceed

(7) Student experiment: Group work with minimal feedback from the teacher (desirable difficulties | Robert and Elizabeth Bjork)

(8) Group work: Preparing a Report.
Pick out retrieval cards that are relevant to the experiment and explain why you chose them.

(9) Presentation of the report to the entire class by a single student (Cold Call)

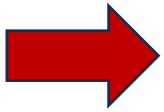
(3) Necessary adjustments for an independent student experiment





Materialbedarf: Streichholzschachtel, Fäden, Malerkrepp-Klebeband, Stifte, Lineal

(1) Purpose
(2) I Do (Demo-experiment)
(3) Necessary adjustments for an independent student experiment
(Direct Instruction, Hands-up and Cold Call)

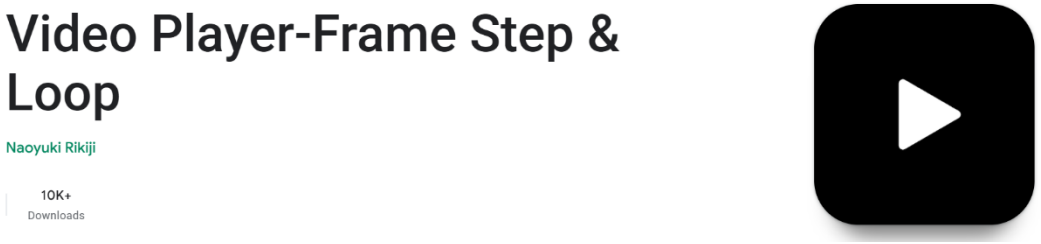


(4) Standardized protocol for independent student experiments
(Direct Instruction, Hands-up and Cold Call)

(5) Group Work: Atomization + List of Materials + Procurement of Materials
(6) Quality control by the teacher and—if appropriate—approval to proceed
(7) Student experiment: Group work with minimal feedback from the teacher
(desirable difficulties | Robert and Elizabeth Bjork)
(8) Group work: Preparing a Report.
Pick out retrieval cards that are relevant to the experiment and explain why you chose them.
(9) Presentation of the report to the entire class by a single student (Cold Call)

(4) Standardized protocol

- Experimentierfläche: ein Klassenzimmer Tisch
- Streckenmarkierungen: in 5 cm Abständen über die gesamte Tischlänge
- Bewegungsablauf: < TEXT hier einfügen >
- Messgenauigkeit: +/- 3 cm
- Zeit aus dem Video: < IDEEN hier einfügen oder ...>



KI-Unterstützung möglich?

PROMPT

Kannst du mir zu folgendem Lehrplaninhalt gute Schülerexperimente liefern? Hier ist mein Lehrstoff:

Die Schülerinnen und Schüler können

– die (auch mehrdimensionale) Bewegung von Objekten mit geeigneten fachtypischen Darstellungen unter Einbeziehung moderner digitaler Werkzeuge beschreiben und die wesentlichen physikalischen Größen von Bewegungen (Ort, Tempo und Geschwindigkeit) in verschiedenen Kontexten anwenden.

– in einfachen Experimenten den Zusammenhang zwischen der Änderung einer Geschwindigkeit und einer Einwirkung von außen untersuchen (E) und auf unterschiedliche Alltagsbeispiele anwenden (W).

– die Wirkung verschiedener Kräfte im Alltag qualitativ untersuchen (E), dokumentieren (E) und kommunizieren (W).

Ja. Ich würde die Experimente so auswählen, dass die Schüler:innen drei grundlegende Einsichten gewinnen:

- **Bewegung beschreiben:** Wo befindet sich ein Körper, wie schnell bewegt er sich und in welche Richtung?
- **Geschwindigkeitsänderungen untersuchen:** Ein Körper kann schneller oder langsamer werden oder seine Bewegungsrichtung ändern.
- **Kraftwirkungen erkennen:** Kräfte können Bewegungen verändern und Körper verformen.

Ich gehe zunächst von der **Sekundarstufe I** aus. Die folgenden sechs Experimente lassen sich hinsichtlich Auswertung und mathematischem Anspruch gut anpassen.

1. Gleiche Zeit – unterschiedliche Bewegung



Leitfrage: Kann man an einem Diagramm erkennen, wie sich jemand bewegt hat?

Material: Maßband, Klebeband, Smartphone mit Kamera, ausreichend Platz.

Durchführung:

1. Die Gruppe markiert eine gerade Strecke mit Meterabständen.
2. Eine Person geht zunächst gleichmäßig, bleibt stehen und geht anschließend zum Ausgangspunkt zurück.
3. Eine zweite Person filmt mit feststehender Kamera von der Seite.
4. Die Gruppe bestimmt aus dem Video den Ort der Person in regelmäßigen Zeitabständen und erstellt eine Tabelle sowie ein **Ort-Zeit-Diagramm**.

Auswertung: Die Schüler:innen kennzeichnen im Diagramm Stillstand, Hinweg und Rückweg. Aus ausgewählten Zeitabschnitten berechnen sie die mittlere Geschwindigkeit.

Besonders ergiebiger Denkauftrag:
„Die Person ist wieder am Ausgangspunkt. Ist ihre durchschnittliche Geschwindigkeit deshalb null? Hat sie sich trotzdem bewegt?“

Damit lässt sich der Unterschied zwischen **zurückgelegter Strecke und Ortsänderung** sowie zwischen **mittlerem Tempo und mittlerer Geschwindigkeit** erarbeiten. Für die Geschwindigkeit muss eine positive Richtung festgelegt werden.

---

2. Gleicher Start und gleiches Ziel – gleiche Bewegung?



Leitfrage: Reichen Startpunkt, Zielpunkt und benötigte Zeit aus, um eine Bewegung vollständig zu beschreiben?

Material: Spielzeugfigur oder kleiner Wagen, großes Papier mit Koordinatenraster, Smartphone.

Durchführung:

1. Die Schüler:innen bewegen eine Figur auf zwei unterschiedlichen Wegen von A nach B: einmal direkt, einmal über einen Umweg.
2. Beide Bewegungen sollen ungefähr gleich lange dauern.
3. Sie filmen möglichst senkrecht von oben.
4. Für gleiche Zeitabstände markieren sie die Positionen und zeichnen an ausgewählten Stellen Pfeile für die Bewegungsrichtung.

Auswertung: Verglichen werden Bahnkurven, Weglängen, Ortsänderungen und mittlere Tempi.

Erkenntnis: Bei gleicher Dauer können beide Bewegungen dieselbe mittlere Geschwindigkeit besitzen, obwohl das mittlere Tempo auf dem Umweg größer ist.

Digitaler Mehrwert: Die kostenlose Software Tracker ermöglicht die Videoanalyse mit Ortsdaten, Geschwindigkeitsdaten und entsprechenden Darstellungen. opensourcephysics.github.io

Denkauftrag:
„Eine Mitschülerin behauptet: Beide Figuren hatten dieselbe Geschwindigkeit, weil sie gleichzeitig gestartet und angekommen sind. Unter welcher Bedeutung von ‚Geschwindigkeit' trifft das zu?"

---

3. Ein kurzer Stoß – und danach?

Leitfrage: Muss eine Kraft ständig wirken, damit sich ein Wagen weiterbewegt?

Material: Leicht laufender Experimentierwagen oder Spielzeugwagen, ebene Bahn, Maßstab, Smartphone; zusätzlich Filz oder Stoff.

Durchführung:

1. Der Wagen erhält einen kurzen Stoß und rollt anschließend frei weiter.
2. Die Gruppe filmt die Bewegung und markiert Wagenpositionen in gleichen Zeitabständen.
3. Der Versuch wird auf einer stärker bremsenden Unterlage wiederholt.
4. Verglichen wird vor allem die Bewegung **nach dem Ende des Anschiebens**.

Beobachtung: Der Wagen bewegt sich nach dem Kontakt mit der Hand weiter. Auf der stärker bremsenden Unterlage nimmt sein Tempo deutlicher ab.

Erkenntnis: Eine vorwärts gerichtete Kraft ist nicht erforderlich, um eine Bewegung aufrechtzuerhalten. Die Abnahme des Tempos hängt mit bremsenden Einwirkungen zusammen.

Denkauftrag:
„Ein Schüler sagt: Der Stoß steckt noch im Wagen und wird langsam verbraucht. Welche Beobachtungen sprechen für oder gegen diese Erklärung?“

Wichtig für die Interpretation: Auch auf der glatten Bahn wirken Rollwiderstand und weitere bremsende Einflüsse. Das Experiment zeigt deshalb nur näherungsweise eine Bewegung bei sehr kleiner resultierender Kraft.

---

4. Seitlicher Stoß: Muss eine Kraft schneller machen?



Leitfrage: Kann eine Kraft die Geschwindigkeit verändern, ohne das Tempo wesentlich zu erhöhen?

Material: Weicher Ball, glatte Bodenfläche, Smartphone, Bodenmarkierungen.

Durchführung:

1. Ein Ball rollt geradeaus.
2. Eine Person gibt ihm einen kurzen, möglichst seitlichen Stoß.
3. Die Bewegung wird von oben oder schräg oben gefilmt.
4. Die Gruppe zeichnet die Bewegungsrichtungen unmittelbar vor und nach dem Stoß ein.
5. Zum Vergleich folgen ein Stoß in Bewegungsrichtung und ein entgegen gerichteter Stoß.

Auswertung: Die Schüler:innen unterscheiden die Änderung des Tempos von der Änderung der Richtung. Das Tempo vor und nach dem seitlichen Stoß wird anhand der Videoaufnahmen geprüft.

Erkenntnis: Eine Geschwindigkeitsänderung kann auch eine Richtungsänderung sein. Ein seitlicher Stoß kann allerdings zusätzlich das Tempo verändern; das sollte anhand der Daten beurteilt werden.

Alltagstransfer: Kurvenfahrt mit dem Fahrrad, Ablenkung eines Fußballs, Abprallen eines Balls.

Denkauftrag:
„Ein Auto fährt mit gleichbleibendem Tachowert durch eine Kurve. Ändert sich seine Geschwindigkeit? Begründe mit euren Beobachtungen.“

---

5. Ziehen, ohne dass sich etwas bewegt



Leitfrage: Wirkt auf einen ruhenden Gegenstand keine Kraft?

Material: Holzklotz mit Haken, Federkraftmesser, unterschiedliche Unterlagen; gegebenenfalls Zusatzmassen.

Durchführung:

1. Die Gruppe zieht waagrecht am Klotz und erhöht die Zugkraft langsam.
2. Sie beobachtet die Anzeige, während der Klotz noch ruht.
3. Anschließend zieht sie den Klotz möglichst gleichmäßig über die Unterlage.
4. Sie wiederholt den Versuch auf einer anderen Oberfläche und mit zusätzlicher Masse.

Dokumentation: Für jede Bedingung werden die größte Zugkraft vor dem Losgleiten und die ungefähre Zugkraft beim gleichmäßigen Gleiten festgehalten. Mehrere Wiederholungen sind sinnvoll.

Erkenntnisse:

- Auf einen ruhenden Körper können Kräfte wirken, die sich ausgleichen.
- Haftreibung passt sich bis zu einer Grenze an die Zugkraft an.
- Auch bei gleichförmiger Bewegung können Kräfte wirken, die sich ausgleichen.

Denkauftrag:
„Der Federkraftmesser zeigt eine Kraft an, aber der Klotz bleibt stehen. Widerspricht das der Aussage, dass Kräfte Bewegungen verändern?“

Hier ist der entscheidende Begriff die **resultierende Kraft**.

---

6. Kräfte sichtbar machen: Verformen und vergleichen



Leitfrage: Wie kann man eine Kraftwirkung erkennen, wenn sich der Körper als Ganzes nicht fortbewegt?

Material: Schraubenfeder, Gummiband, Knetmasse, Lineal, kleine Massestücke, Stativ.

Durchführung:

1. Die Schüler:innen belasten eine Feder schrittweise und messen ihre Verlängerung.
2. Sie entlasten die Feder wieder und prüfen, ob sie ihre ursprüngliche Länge erreicht.
3. Sie untersuchen entsprechend ein Gummiband und verformen ein Stück Knetmasse.
4. Die Ergebnisse werden mit Fotos, Messwerten und kurzen Beschreibungen dokumentiert.

Auswertung: Welche Verformungen sind reversibel? Bei welchem Material führen gleiche zusätzliche Belastungen zu ungefähr gleichen zusätzlichen Verlängerungen?

Erkenntnis: Kräfte können Körper elastisch oder dauerhaft verformen. Ein proportionaler Zusammenhang zwischen Kraft und Verlängerung gilt nicht für jedes Material und nur in einem begrenzten Bereich.

Alltagstransfer: Federung, Expander, verformte Verpackung, Fahrradreifen.

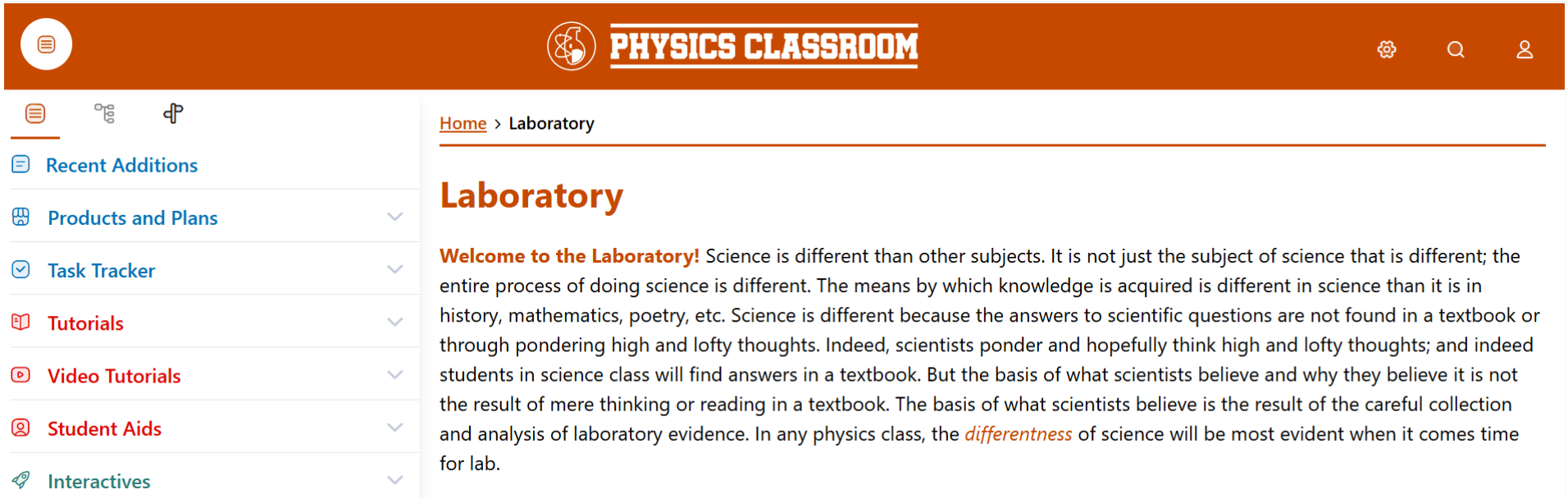
Für eine zusammenhängende Unterrichtsfolge würde ich die Experimente 1 → 2 → 3 → 4 → 5 wählen und Experiment 6 zur Erweiterung der Kraftwirkungen ergänzen. Damit führt der Weg von der Beschreibung einer Bewegung zur Erklärung ihrer Veränderung.

Als einheitlichen Arbeitsauftrag würde ich bei jedem Experiment dieselben vier Schritte verwenden:

1. **Vorhersagen:** Was erwartet ihr? Begründet eure Vermutung.
2. **Planen:** Was verändert ihr, was beobachtet oder messt ihr, was haltet ihr gleich?
3. **Belegen:** Dokumentiert das Ergebnis durch Messwerte, Diagramme, Bilder oder Bewegungspfeile.
4. **Argumentieren:** Welche Aussage wird durch eure Beobachtung gestützt – und was könnt ihr daraus noch nicht schließen?

Gerade der letzte Schritt macht aus den Versuchen gute Gelegenheiten für kritisches Denken: Die Schüler:innen müssen ihre Erklärung an den erhobenen Beobachtungen prüfen.

OTHER RESOURCES:



https://www.physicsclassroom.com/laboratory/

https://klausalbrecht.substack.com/archive

Mechanics-GRIP-ACT

Free Fall

NOV 9 • KLAUS ALBRECHT



Mechanics-GRIP-ACT

Describing-Movements

NOV 8 • KLAUS ALBRECHT

