

I.B.40

Mechanik

Bewegungen analysieren – Experimente mit dem Smartphone

Ein Beitrag von Udo Mühlenfeld



© RAABE 2021

© exdez/DigitalVision Vectors/Getty Images

Der Beitrag zur Analyse von Bewegungen im gymnasialen Physikunterricht kommt der Forderung nach Digitalisierung in der Lehre nach. Es werden verschiedene Bewegungsformen mithilfe einer kostenlosen Smartphone-App untersucht. Für die Lernenden ist es ausgesprochen motivierend, ihr eigenes Smartphone im Unterricht einzusetzen und dabei verschiedene Sensoren sinnstiftend als Messgerät zu verwenden. Der Beitrag zeigt ebenso Möglichkeiten auf, als digitale Alternative zum Präsenzunterricht Experimente selbst von zu Hause aus eigenständig durchzuführen.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe: 10/11

Dauer: 5 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: Diagramme beschreiben und auswerten; Messwerte aufnehmen, visualisieren und auswerten; Experimente planen, aufbauen und durchführen

Thematische Bereiche: Gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen, freier Fall, Kreisbewegungen, Faden- und Federpendel

Medien: App phyphox, GTR

Station 1 – Gleichförmige Bewegungen, Teil 1

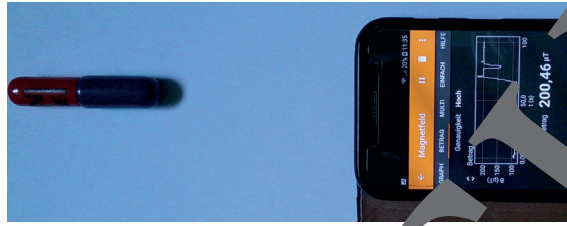
M 1

Schülerversuch: Messung mit Stabmagneten

🕒 Vorbereitung: 15 min Durchführung: 15 min

Materialien

- Smartphone mit der App phyphox
- 4 Stabmagnete
- Spielzeugauto oder -lokomotive (batteriebetrieben)
- Klötze und Leisten, Lineal



U. Mühlenfeld

Versuchsdurchführung

1. Wählen Sie in der App zunächst den **Sensor Magnetfeld** aus, dann das **Icon Vertrag** und starten dann das Experiment (▶).
2. Nähern Sie **vorsichtig(!)** einen Stabmagneten dem oberen Ende des Smartphones, bis der angezeigte Wert für die Stärke des Magnetfeldes etwa $200 \mu\text{T}$ erreicht. Auf keinen Fall darf der Wert 1mT überschreiten. Messen Sie den Abstand zwischen Magnet und Smartphone.
3. Befestigen Sie das Smartphone auf dem Fahrzeug.
4. Ordnen Sie die Stabmagnete in gleichem, nicht zu kleinem Abstand auf dem Brett an. Die Pole zeigen einheitlich in eine Richtung.
5. Wählen Sie die Höhe des Brettes so, dass es mit dem Smartphone auf dem Fahrzeug übereinstimmt. Wählen Sie in der App das **Werkzeug Magnet-Lineal** aus.
6. Nutzen Sie dann bei den Einstellungen die Zeitautomatik und geben Sie eine Startverzögerung und die Dauer des Experiments an.
7. Tragen Sie den Abstand der Stabmagnete ein und **speichern Ergebnisse** ein.
8. Starten Sie das Experiment (▶). Das Fahrzeug fährt parallel zu dem Brett an den Magneten vorbei.

Aufgaben

1. **Beschreiben** und **erklären** Sie das x - t -Diagramm.
2. **Beschreiben** und **erklären** Sie das v - t -Diagramm.
3. **Erläutern** Sie, welcher Zusammenhang zwischen den beiden Diagrammen besteht.
4. Wählen Sie die **Rohdaten** und **erklären** Sie das B_y - t -Diagramm.
5. Haben Sie eine ruhige Hand? Versuchen Sie das Smartphone gleichförmig zu bewegen.
 - a) **Beschreiben** Sie Ihre Vorgehensweise.
 - b) **Erläutern** Sie, wie Sie mit den drei o. g. Diagrammen nachweisen können, dass Sie das Smartphone gleichförmig bewegt haben.
 - c) Bewegen Sie das Smartphone nun gleichförmig, aber mit größerer Geschwindigkeit. **Untersuchen** Sie die Auswirkung auf die drei Diagramme.

M 3



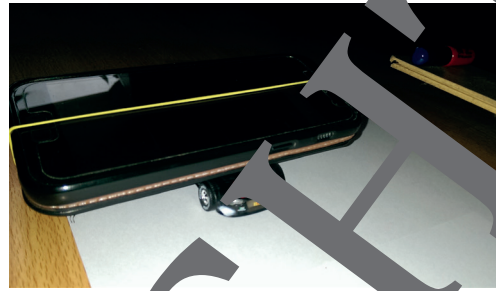
Station 3 – Beschleunigte Bewegungen

Schülerversuch 1: Beschleunigung des Darda-Autos

🕒 Vorbereitung: 15 min Durchführung: 15 min

Materialien

- Smartphone mit der App phyphox
- 4 Stabmagnete
- Darda-Auto (mit Feder-Rückzugmotor)
- Langes Brett, Klötze, Leisten, Lineal



U. Mühlenfeld¹

Versuchsdurchführung

1. Bauen Sie den Versuch entsprechend der Beschreibung für die Station 1 auf.
2. Starten Sie das Darda-Auto so, dass im Bereich der Magnete jeweils eine Beschleunigung, der Wechsel zum Abbremsen und die Abbremsphase erfolgt.

Aufgabe 1

- a) **Erläutern** Sie die jeweiligen v-t-Diagramme mit Blick auf die Bewegung des Fahrzeugs.
- b) **Ermitteln** Sie aus den v-t-Diagrammen die jeweilige Beschleunigung.

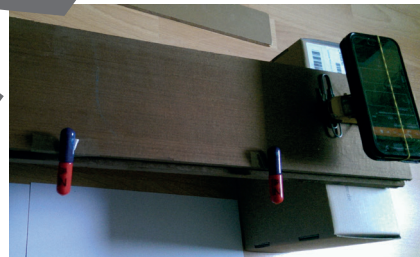


Schülerversuch 2: Schiefe Ebene mit Stabmagneten

🕒 Vorbereitung: 10 min Durchführung: 10 min

Materialien

- Smartphone mit der App phyphox
- 4 Stabmagnete
- Spielzeugauto
- Langes Brett, Klötze, Leisten



Versuchsdurchführung

1. Bauen Sie mit dem Brett und entsprechenden Klötzen eine schiefe Ebene auf.
2. Wählen Sie in der App das **Werkzeug Magnet-Lineal** aus. Wählen Sie dann bei den **Einstellungen** die **Zeitaufschaltung** und geben Sie eine **Startverzögerung** und die **Dauer des Experiments** an.
3. Legen Sie die Stabmagnete in gleichem, nicht zu kleinem Abstand auf einem Brett an und fixieren diese mit Klebestreifen. Diesen Abstand tragen Sie beim **Icon Ergebnisse** ein. Die Pole zeigen einheitlich in eine Richtung.
4. Starten Sie das Experiment (▶). Das Fahrzeug mit dem Smartphone fährt auf dem Brett parallel zu den Magneten.
5. Wiederholen Sie den Versuch für verschiedene Neigungen der Ebene. Zur Bestimmung des Neigungswinkels wählen Sie in der App das **Werkzeug Neigung** aus.
6. Legen Sie das Smartphone auf das Brett, wählen das **Icon Liegend** aus, dann starten Sie das Experiment (▶).

¹ Alle Abbildungen auf dieser Seite von U. Mühlenfeld

Station 5 – Kreisbewegungen

M 5

Schülerversuch: Smartphone in der Salatschleuder

🕒 Vorbereitung: 10 min Durchführung: 5 min

Materialien

- Smartphone mit der App phyphox
- Salatschleuder
- Klebeband
- GTR



U. Mühlenfeld

Versuchsdurchführung

- Wählen Sie in der App zunächst **Mechanik** und **Zentripetalbeschleunigung** aus. Wählen Sie dann bei den **Einstellungen** die **Zeitautomatik** und eine passende **Startverzögerung** und die **Dauer des Experiments** an.
- Platzieren Sie das Smartphone auf der Längskante stehend an der Außenwand der Salatschleuder (s. Abbildung). Starten Sie dann das Experiment (▶), legen den Deckel auf die Salatschleuder und versetzen den Innenteil mithilfe des Knopfes auf der Oberseite in Rotation.

Hinweis: Steigern Sie die Drehfrequenz kontinuierlich, aber sehr langsam.

Aufgabe

Nach Beendigung des Experiments finden Sie auf dem Display unter dem **Icon Verhältnis** zwei grafische Darstellungen, das $a-\omega$ -Diagramm und das $a-\omega^2$ -Diagramm. Durch Antippen können Sie eines der beiden Diagramme aufrufen und gegebenenfalls vergrößern.

- Beschreiben** Sie das $a-\omega$ -Diagramm und erläutern Sie, welche Schlussfolgerung Sie daraus über die Abhängigkeit der Zentripetalbeschleunigung a von der Winkelgeschwindigkeit ω ziehen können.
- Beschreiben** Sie das $a-\omega^2$ -Diagramm und untersuchen Sie, ob dadurch Ihre Schlussfolgerung aus der Teilaufgabe a) gestützt wird.
- Platzieren Sie das Smartphone nun näher am Drehpunkt, fixieren es und wiederholen das oben beschriebene Experiment.

Vergleichen Sie das $a-\omega$ -Diagramm mit dem aus Teilaufgabe b) und erläutern Sie, worauf diese Unterschiede zurückzuführen sind.

Wiederholen Sie das erste Experiment, rufen durch Antippen das $a-\omega^2$ -Diagramm auf, klicken auf das Icon **Mehr Werkzeuge** und **Ausgleichsgerade**. Die zugehörige Gleichung wird angezeigt. **Interpretieren** Sie die Steigung der Geraden mit Blick auf den Versuchsaufbau.

- Fassen** Sie abschließend **zusammen**, von welchen Parametern die Zentripetalbeschleunigung a abhängt und wie sich diese Abhängigkeit durch eine Formel beschreiben lässt.

M 6 Station 6 – Schwingungen: Das Fadenpendel

Schülerversuch: Schaukel

🕒 Vorbereitung: 15 min Durchführung: 20 min

Materialien

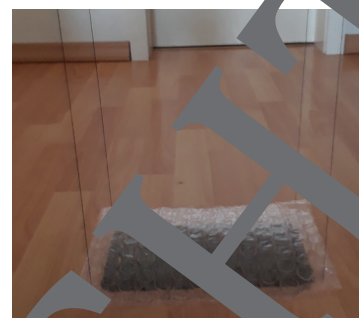
- Smartphone mit der App phyphox
- 2 Fäden
- Papier- oder Luftpolstertasche
- GTR

Versuchsdurchführung

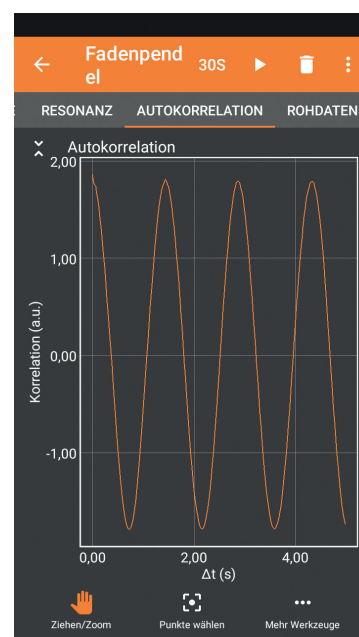
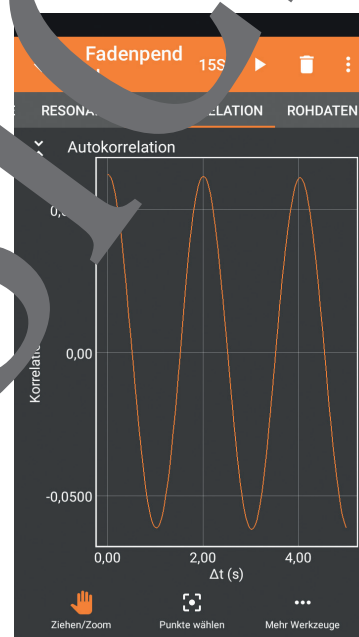
- Fertigen Sie für das Smartphone eine stabile Papiertasche mit Pappeinlage oder eine Luftpolstertasche in passender Größe an, sodass das Smartphone in der Verpackung nicht umherrutschen kann. Die Verpackung wird seitlich an jeweils zwei Fäden aufgehängt (siehe Abb.).
- Messen Sie die Länge des Pendels vom Drehpunkt bis zum Schwerpunkt.
- Wählen Sie in der App zunächst **Mechanik** und **Fadenpendel** aus. Wählen Sie dann bei den **Einstellungen** die **Zeitautomatik** und geben Sie eine passende **Verzögerung** und die **Dauer des Experiments** an. Wählen Sie das Icon **Autokorrelation**. Starten Sie dann das Experiment (▶), legen Sie das Smartphone in die Verpackung und versetzen Sie es in Schwingungen. Nach Ablauf des Experiments werden u. a. die Periode T bzw. Frequenz f angezeigt. Die angezeigte Graphenstellung zeigt die Auslenkung s in Abhängigkeit von der Zeit t dar.

Aufgabe

- Erläutern** Sie die wechselseitigen Zusammenhänge zwischen dem Graphen, der Periode T und der Frequenz f .
- Wählen Sie nun das **Icon Ergebnisse**, sodass nur die Periode und die Frequenz angezeigt werden. Wiederholen Sie das Experiment und verändern dabei den Auslenkwinkel. **Notieren** Sie Ihre Beobachtungen.
- Wiederholen Sie das Experiment und verändern die Masse, indem Sie passende Gegenstände auf die Tasche mit dem Smartphone legen. **Notieren** Sie Ihre Beobachtungen.
- Wiederholen Sie das Experiment, wobei nun der Einfluss der Pendellänge ℓ auf die Periodendauer T qualitativ untersucht werden soll. Messen Sie für verschiedene Pendellängen ℓ die Periodendauer T und **stellen** Sie die Werte in einer Tabelle **zusammen**.
- Erstellen Sie mit dem GTR ein T - ℓ -Diagramm, in dem die Abhängigkeit der Periodendauer T von der Pendellänge ℓ deutlich wird. Ermitteln Sie qualitativ einen Zusammenhang zwischen T und ℓ .
- Die Grafiken rechts zeigen quasi die Auslenkung s in Abhängigkeit von der Zeit t . Vergleichen Sie die beiden zugrunde liegenden Pendelbewegungen qualitativ miteinander.



Mühlenfeld²

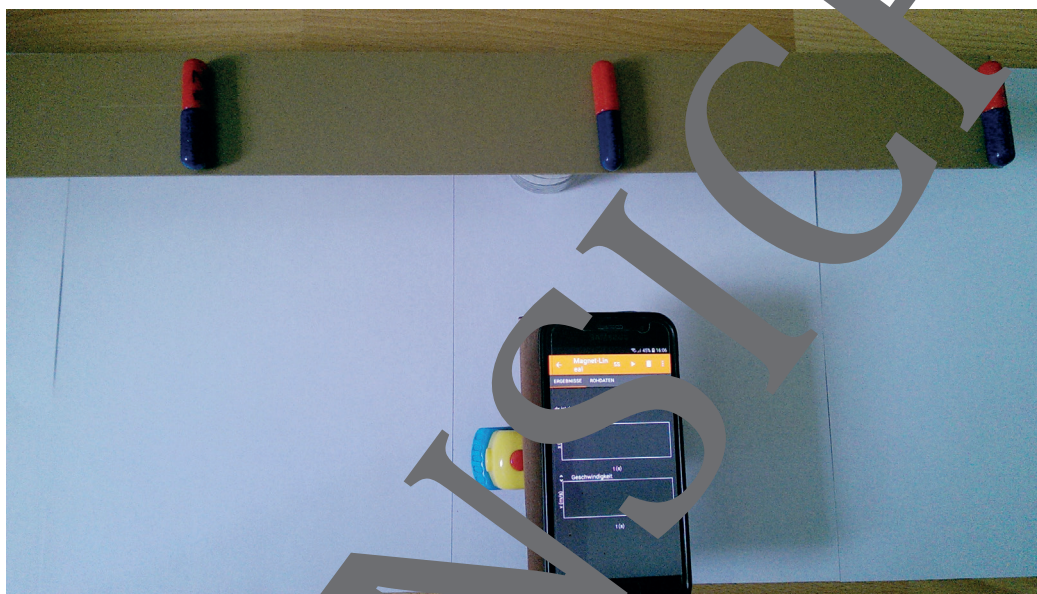


² Alle Abbildungen auf dieser Seite von U. Mühlenfeld

Hinweise und Lösungen

Hinweise (M 1)

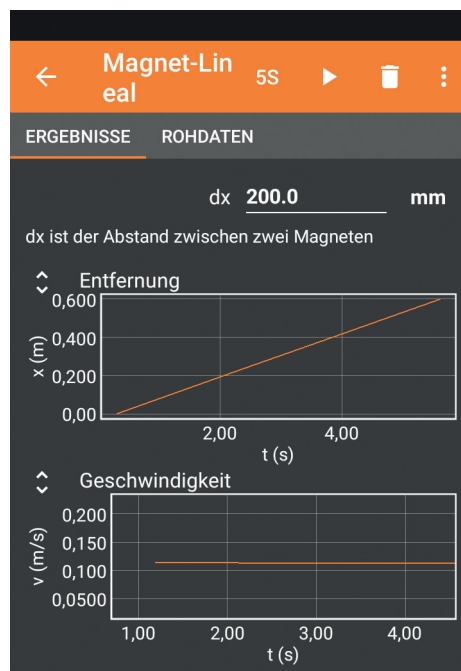
Ziel der **Station 1** ist es, dass die Schülerinnen und Schüler **gleichförmige Bewegungen** mithilfe der s-t- und v-t-Diagramme erfassen und gleichzeitig über die Steigung im s-t-Diagramm beide Diagramme miteinander verknüpfen. Die Auswertung der Rohdaten ermöglicht es zudem, auf das zu Grunde liegende Messprinzip zu verstehen.



U. Mühlenfeld³

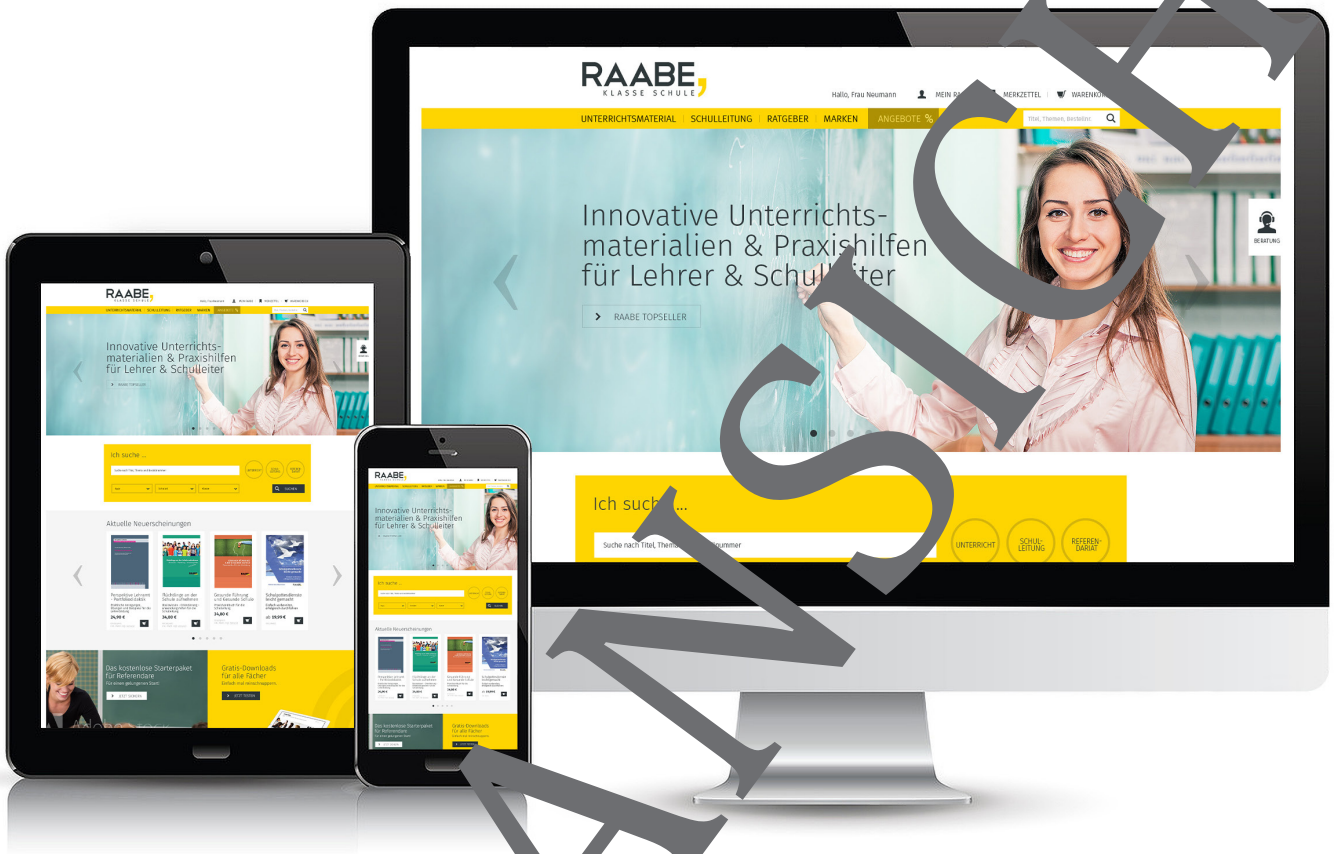
Erwartungshorizont (M 1)

1. Der Graph lässt sich durch eine Gerade beschreiben, d. h., dass die zurückgelegte Strecke x sich gleichmäßig mit der Zeit t ändert.
2. Der Graph lässt sich nahezu durch eine horizontale Gerade beschreiben, d. h., dass die Geschwindigkeit etwa konstant ist.
3. Die Steigung im x - t -Diagramm stellt die Geschwindigkeit v dar. Zwischen $t = 2$ s und $t = 4$ s wird etwa eine Strecke von 0,22 m zurückgelegt, die Steigung beträgt also $v = \frac{0,22\text{m}}{2\text{s}} = 0,11 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Dieser Wert entspricht der Geschwindigkeit im v-t-Diagramm.



³ Alle Abbildungen auf dieser Seite von U. Mühlenfeld

Der RAABE Webshop: Schnell, übersichtlich, sicher!



Wir bieten Ihnen:



Schnelle und intuitive Produktsuche



Übersichtliches Kundenkonto



Komfortable Nutzung über
Computer, Tablet und Smartphone



Höhere Sicherheit durch
SSL-Verschlüsselung

Mehr unter: www.raabe.de