

„Wo befindet sich der Beschleunigungssensor im Smartphone?“ – Digitales Messen im Physikunterricht

Franz Boczianowski

Humboldt-Universität zu Berlin, Didaktik der Physik

Überblick

Schwierigkeitsgrad	leicht bis mittel
Vorbereitungsaufwand	gering
Fächer	Physik
Durchführungsdauer/Zeitaufwand	1 Unterrichtsstunde
Zielgruppe	Klassenstufen 9–11
Themengebiet	Physik der Kreisbewegungen und Radialkräfte
Ziele	<p>Neben der Vermittlung der o. g. Fachinhalte zielt das Experiment auf folgende Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ „Erkenntnisgewinnung“: „Naturwissenschaftliche Untersuchungen durchführen: Auswertung und Reflexion“ und „Elemente der Mathematik anwenden: mathematische Verfahren anwenden“ ◆ „Kommunikation“: „Informationen erschließen: Informationen aus grafischen Darstellungen entnehmen“ ◆ Digitale Kompetenz „Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren“: „Auswerten und Verarbeiten: Informationen und Daten analysieren, interpretieren und kritisch bewerten“
Kompetenzbereiche	Suchen und Verarbeiten: 1.2.1

- **Worum geht es?** Eine digitale Messung ermöglicht es, große Datenmengen in hoher zeitlicher Dichte aufzunehmen und zu verarbeiten. Die Messdaten können einfach gespeichert, vervielfältigt und verteilt werden. Abgesehen davon, dass die elektronische Datenverarbeitung in der naturwissenschaftlichen Forschung Standard und damit zeitgemäß und authentisch ist, stellt die Verwendung von Smartphones, Tablets und Computern auch Anknüpfungspunkte zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler her. Außerdem lassen sich didaktische Vorteile ausmachen. Durch die Verwendung digitaler Werkzeuge beim Experimentieren, wie z. B. kommerzieller Messwerterfassungssysteme oder Smartphones, stehen den Schülerinnen und Schülern Messwerte in umfangreicher, aber vor allem kompakter und handhabbarer Form zur Verfügung. Der unterrichtliche Schwerpunkt kann auf höheren Kompetenzen, z. B. im Lesen und Verstehen von Diagrammen, liegen. Dies setzt das Verständnis des Auswertungsvorgangs voraus, welcher sich im Vorfeld kleinschrittig mithilfe von „Papier und Bleistift“ und einer überschaubaren Anzahl von Werten vermitteln lässt. Mit digitalen Werkzeugen können anschließend vielfältige Lerngelegenheiten geschaffen werden, um Kompetenzen im Bereich von Deutung und Interpretation von Messungen weiterzuentwickeln und zu festigen.

Vorwissen

- ▶ **Technisches Vorwissen** Je nach Umsetzung nicht nötig, bzw. Umgang mit Tabellenkalkulation zur Berechnung von Mittelwerten und zum Erstellen von Diagrammen
- ▶ **Fachliches Vorwissen** Lesen und Deuten eines Diagramms, Physik der Kreisbewegungen je nach Umsetzung: Radialkraft $F \sim r$ bis zu $\vec{F} = m \cdot \vec{r} \cdot \omega^2$

Ausstattung

▶ Geräte und Materialien

Geräteanzahl	Betriebssystem	Gerätetyp
<ul style="list-style-type: none"> ✓ nur Lehrkraft ✓ 1 Gerät pro Gruppe ✓ 1:1-Ausstattung 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ iOS ✓ Android ✓ Windows ✓ macOS ✓ Linux 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Smartphone mit Gyroskop ⊘ Tablet ✓ Notebook ✓ Desktop-PC

Benötigt werden Smartphone mit Gyroskop und die App phyphox, PC mit WLAN, Beamer, Plattenspieler (ideal mit Direktantrieb und Stroboskop), alternativ kugelgelagerter Drehteller und zur horizontalen Ausrichtung Papierstreifen (0,2 mm), Wasserwaage.

▶ Software

App bzw. Programm	Kosten	Kompatibilität	Funktion	Internet benötigt?
phyphox	kostenlos	iOS, Android	Auslesen von Sensoren, Datenübertragung per WLAN an PC, Diagrammdarstellung, Export	nein

- ▶ **Web-Ressourcen** Phyphox – physical phone experiments, Experimente und Informationen zur App: <http://www.phyphox.org>

Einsatz im Unterricht

► Wie geht das?

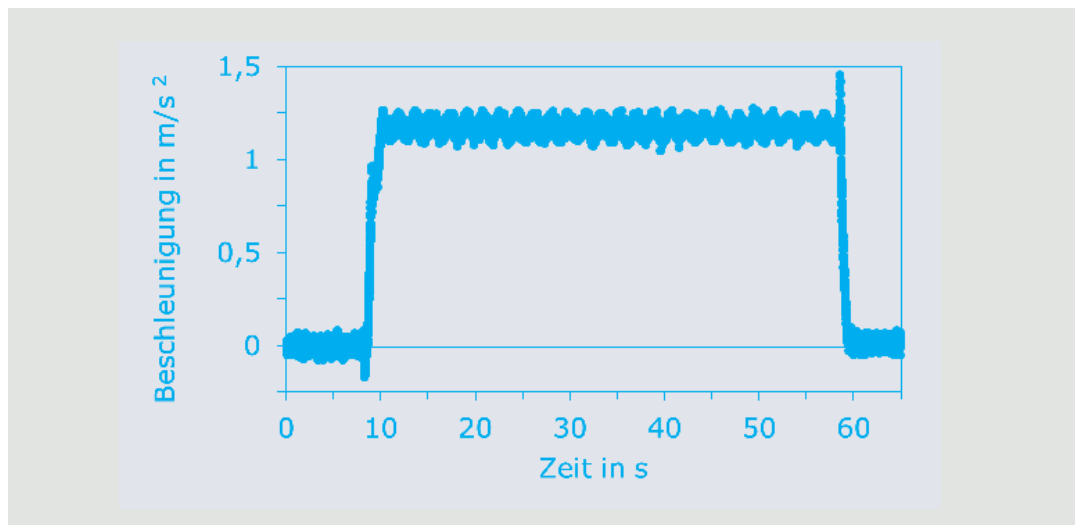
Mit dem Beschleunigungssensor und dem Gyroskop eines Smartphones lassen sich Radialbeschleunigung und Kreisfrequenz auf einem Plattenspieler mehrdimensional messen, siehe Abb. 1. Prinzipiell lässt sich über die Position des Sensors vektoriell bestimmen. Für den Unterricht sind unterschiedliche Reduktionen und Differenzierungen möglich. Mithilfe der App phyphox werden die Sensordaten in Diagrammen auf dem Smartphone und via WLAN live auf einem PC dargestellt. Die Diagramme und Messwerte können gespeichert, exportiert oder verschickt werden, um sie mit einer Tabellenkalkulation, z. B. als Hausaufgabe, weiterzuverarbeiten.



▲ **Abb. 1** Mit seinen integrierten Sensoren kann das Smartphone Beschleunigung und Kreisfrequenz auf dem Plattenspieler messen (hier mithilfe der App phyphox).

► Wie kann ich das in meinen Unterricht übertragen?

Die leitende Fragestellung ist, die Position des Beschleunigungssensors in einem Smartphone zu bestimmen. Im Unterricht lässt sich das Experiment als Demonstration durchführen. Das Smartphone wird horizontal auf dem Plattenspieler ausgerichtet. Liegt das Gerät mit der Oberkante an der Achse des Plattentellers, ist die x-Komponente des internen Koordinatensystems tangential, die y-Komponente radial zur Mitte der Kreisbahn und die z-Komponente nach oben hin ausgerichtet (Rechtssystem). Die Messung wird am PC ausgelöst und der Plattenspieler gestartet. Abbildung 2 zeigt eine solche Messung. Optional kann sie für unterschiedliche Orientierungen des Smartphones auf dem Plattenteller wiederholt werden (Oberseite, Unterseite, zur Mitte). Phyphox liefert augenblicklich Diagramme zur Interpretation im Unterrichtsgespräch. Über den qualitativen Zusammenhang „je größer die Beschleunigung, desto größer der Abstand zur Achse“ lässt sich schnell ausmachen, in welchem Quadranten sich der Beschleunigungssensor befindet. Zusätzlich oder alternativ können die Messwerte mithilfe einer Tabellenkalkulation ausgewertet werden. Für den Abschnitt der konstanten Drehzahl ist der Mittelwert der z-Komponente der Kreisfrequenz und die y-Komponente der Beschleunigung, optional auch die x-Komponente zu bestimmen. Im Fall eines schmalen Smartphones (mit Sensor weitab der Achse des Plattenspielers) lässt sich aus der y-Komponente in einfacher Näherung ein Wert für den Abstand zur Achse berechnen. Anspruchsvoller lässt sich mit Berücksichtigung der x-Komponente der Radius trigonometrisch (Satz des Pythagoras) oder vektoriell berechnen.



▲ **Abb.2** y-Komponente der Beschleunigung eines Smartphones mit der Oberkante an der Achse des Plattenspielers liegend bei 33 Umdrehungen pro Minute. Die Beschleunigung ist positiv, also nach innen gerichtet.

Die Schülerinnen und Schüler können ihre eigenen Geräte vermessen und die unterschiedlichen Ergebnisse vergleichen. Zur Kontrolle der berechneten Positionen können die Smartphones so auf den Plattenspieler gelegt werden, dass der Sensor über der Achse des Plattenspielers liegt (z. B. mithilfe einer flachen Schale, die über den Dorn des Plattentellers gestülpt wird). Die angezeigte Beschleunigung sollte hier Null sein. Es ist eine besondere Eigenheit dieses Experiments, dass die korrekte Lösung selbst Ihnen als Lehrperson nicht bekannt ist! Dies ist authentisch in Hinsicht auf ein wissenschaftliches Experiment. Für ein Schulexperiment ist es ungewohnt und „beunruhigend“ und verdeutlicht den Prozess der Erkenntnisgewinnung.

► **Was muss ich beachten?**

Es ist notwendig, den Plattenspieler mit einer Wasserwaage und das Smartphone per App exakt horizontal auszurichten. Dafür eignen sich 0,2 mm dicke Papierstreifen. Die „störende“ Gravitationskraft wirkt dann vollständig entlang der z-Komponente des Beschleunigungssensors. Es hat sich bewährt, das Smartphone vor jeder Messung in Ruhe auf dem Plattenspieler liegen zu lassen und die Messung vor dem Plattenspieler zu starten.

Material für den Unterricht

► **Experimente mit phyphox**

Weitere Beispiele zum Einsatz der App phyphox im Physikunterricht finden Sie auf der Physik-Plattform LEIFiPhysik.

https://www.leifiphysik.de/suche?search_api_fulltext=phyphox