

Dominik Dorsel  
 Sebastian Staacks  
 Simon Hütz  
 Heidrun Heinke  
 Christoph Stampfer

RWTH Aachen University

## **Smartphone-Experimente für MINT-Fächer mithilfe von externen Sensoren**

### **Ausgangslage**

Smartphone-gestützte Experimente können immer vielfältiger im Unterricht und in der Hochschullehre eingesetzt werden (Staacks, Hütz, Heinke & Stampfer, 2018; Vogt, Klein & Gareis, 2011; Vogt & Kuhn, 2015). Die in Smartphones verbauten Sensoren ermöglichen insbesondere in der Physiklehre, genauer in der Mechanik, eine Vielzahl an Experimenten (Staacks, Hütz, Heinke & Stampfer, 2018; Staacks, Stampfer, Wilhelm & Kuhn, 2017). Um Smartphone-gestützte Experimente in anderen MINT-Fächern zu etablieren, müssen weitere physikalische Größen wie zum Beispiel die Temperatur erfasst werden. Deshalb bietet die App *phyphox* ab der Version 1.1.0 die Möglichkeit externe Sensoren einzubinden.

Die App *phyphox* (physical phone experiments) ist kostenfrei verfügbar für Android und iOS. Sie wurde am II. Physikalischen Institut der RWTH Aachen entwickelt und wird dort auch stetig weiterentwickelt. *phyphox* ermöglicht ein einfaches Auslesen der verfügbaren Sensoren im Smartphone zum Experimentieren. Dabei dient die App nicht nur als einfacher Datenlogger, sondern unterstützt das Experimentieren mit einigen mathematischen Auswertoptionen sowie verschiedenen Experiment-Vorschlägen. Das Spektrum der nutzbaren mathematischen Methoden reicht von einfacher Addition bis hin zu einer Fouriertransformation, die während der Messung auf dem Smartphone durchgeführt werden kann. Mithilfe eines Web-basierten Editors können eigene Experimente angelegt und bereits in der App vorhandene Experimente den eigenen Bedürfnissen angepasst werden. In einigen Experimenten kann das Smartphone bedingt durch den Messaufbau nicht bedienbar sein. Für solche Experimente bietet *phyphox* die Funktion „Fernzugriff“ an. Dieser ermöglicht, die Messung über ein zweites Gerät mit Webbrowser (z. B. Smartphone, Laptop) zu steuern sowie die gemessenen Werte zu überwachen.

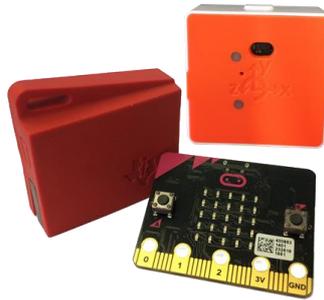
Durch die genannten Features ist *phyphox* mittlerweile eine beliebte App (>400.000 Installationen), die in der Lehre an Schulen und Hochschulen eingesetzt wird. Allerdings beschränkt sich der Einsatz aufgrund der im Smartphone vorhandenen Sensoren weitgehend auf die Mechanik.

### **Einbindung externer Sensoren in die Messdatenaufnahme durch *phyphox***

Um *phyphox* auch in anderen Gebieten der Physik oder weiteren MINT-Fächern einzusetzen ist eine Erweiterung der verfügbaren Sensoren zwingend erforderlich. Diese Erweiterung wird über die Schnittstelle Bluetooth Low Energy (BLE) realisiert.

Über die Schnittstelle BLE kann praktisch jeder beliebige Sensortyp genutzt und damit jede physikalische Größe gemessen werden. Im Folgenden werden verschiedene Sensormodule vorgestellt, die mit *phyphox* verwendet werden können. Dazu können die Sensormodule in drei verschiedene Kategorien unterteilt werden: fertige Sensorboxen, Geräte aus dem Alltag und Sensormodule auf Basis eines Mikrocontrollers.

Sensorboxen (Abb. 1) sind eine sehr einfache Möglichkeit zur Erweiterung der verfügbaren Sensoren. Je nach Sensorbox sind verschiedene Sensoren nutzbar. Zum einen sind dies Sensoren, die auch bereits in Smartphones zur Verfügung stehen. Zum anderen sind aber auch neue Sensortypen verbaut wie z. B. ein Temperatursensor beim SensorTag, ein Voltmeter beim BBC micro:bit oder ein Distanzsensord beim PocketLab. Die Sensorboxen sind sehr robust und preiswert. Die genannten Modelle kosten zwischen 20 und 100 € und eignen sich dadurch auch für den Einsatz in Schulen. Zwei der genannten Sensorboxen werden derzeit (Stand Oktober 2018) von der App *phyphox* mit vordefinierten Experimenten unterstützt: der SensorTag von Texas Instruments und das PocketLab von Myriad Sensors.



*Abb. 1: Drei verschiedene Sensorboxen. Links der SensorTag von Texas Instruments, oben rechts das PocketLab von Myriad Sensors (beide von phyphox mit vordefinierten Experimenten unterstützt) und unten rechts der BBC micro:bit.*

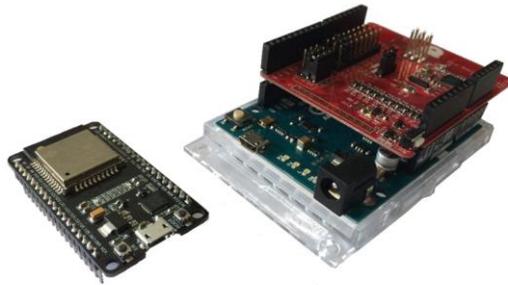
Die Schnittstelle BLE wird in vielen Alltagsgeräten verwendet, welche teilweise als Sensoren für Smartphone-gestützte Experimente genutzt werden können. Beispielsweise können die weit verbreiteten Fitnesstracker als Sensor zur Messung der Herzfrequenz eingesetzt werden, womit Experimente in der Biologie oder Medizin durchgeführt werden können.

Außerdem eignet sich eine Bluetooth-Maus hervorragend als Distanzsensord. Zusammen mit dem Magnetometer des Smartphones lässt sich so sehr einfach die Abhängigkeit zwischen dem Abstand zu einem Magneten und dessen Magnetfeld messen. Dafür muss lediglich, wie in Abb. 2 zu sehen, ein Magnet an einer BLE Maus befestigt und anschließend bei laufender Messung der Abstand variiert werden.



*Abb. 2: Bluetooth Low Energy Maus mit Magnet zur Messung der Abstandsabhängigkeit des Magnetfelds eines Magneten.*

Sensormodule auf Basis von Mikrocontrollern bieten die vielfältigsten Experimentiermöglichkeiten. Beispielsweise können Sensoren zur Messung von pH-Wert oder Leitwert genutzt werden, wodurch Experimente in der Biologie oder Chemie ermöglicht werden. Auch spezielle Sensoren aus Glas zur Messung der Temperatur von Säuren und Laugen können über einen Mikrocontroller genutzt werden.



*Abb. 3: Microcontroller wie der ESP32 oder der Arduino mit BLE Shield können eine Vielzahl an Sensoren auslesen und die gemessenen Werte über die BLE Schnittstelle an phyphox übermitteln.*

Verglichen mit Sensorboxen und Alltagsgegenständen sind Sensormodule auf Basis eines Microcontrollers aufwändiger in der Realisierung, erhöhen dafür aber das Verständnis über die Messwertaufnahme (Salinga, Zeus, Hütz, Deußen, Büsch & Heinke, 2018). Zusätzlich erleichtert *phyphox* den Einstieg in die Eigenentwicklung von Sensormodulen, wenn die Nutzer schon mit den mathematischen Methoden und Möglichkeiten zur Visualisierung der Messdaten durch *phyphox* vertraut sind. Weiterhin können *phyphox* Experimente auf dem Mikrocontroller hinterlegt und über die Schnittstelle BLE vor Ort zur Verfügung gestellt werden.

### **Fazit**

Die inzwischen weitverbreitete App *phyphox* für Smartphone-Experimente bietet jetzt auch die Möglichkeit zur Einbindung externer Sensoren in die Messdatenaufnahme. Dies eröffnet eine Vielfalt an neuen Experimentiermöglichkeiten mit Smartphone-Unterstützung, die in allen MINT-Fächern genutzt werden können.

**Literatur**

- Vogt, P., Kuhn, J. (2015). Elastische und inelastische Stöße mit den in Smartphones verbauten Beschleunigungssensoren. In: PdN-PhiS 1/64, S. 46-48
- Vogt, P., Kuhn, J., Gareis, S. (2011). Beschleunigungssensoren von Smartphones: Beispieleexperimente zum Einsatz im Physikunterricht. In: PdN-PhiS. 7/60, S. 15-23.
- Salanga, C., Zeus, A., Hütz, S., Deußen, F., Büsch, L., Heinke, H., (2018). Schülerexperimente unter Nutzung eines Arduinos. In: Plus Lucis 1/2018, S. 12-16.
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. In: Physics Education 53, 045009
- Staacks, S., Stampfer, C., Wilhelm, T., Kuhn, J., (2017). Phyphox bringt das Smartphone ins Rollen In: Physik in unserer Zeit. 48 (3), S. 148- 149