

Huong Giang Do¹
 Robin Bläsing²
 Sebastian Nell¹
 Jens Noritzsch²
 Sebastian Staacks²
 Christoph Stampfer²
 Heidrun Heinke¹

¹I. Physikalisches Institut (RWTH Aachen)
²II. Physikalisches Institut (RWTH Aachen)

Experimentiersets aus Karton für den Einsatz mit der App *phyphox*

Ausgangslage

Die App *phyphox* (kurz für *physical phone experiments*) wurde 2016 veröffentlicht und bietet seitdem zahlreiche physikalische Experimentiermöglichkeiten mit dem Smartphone. Als Messgerät können sowohl eingebaute Sensoren im Handy (z.B. Magnetometer, Lichtsensor, Gyroskop, Drucksensor...) als auch externe Sensoren verwendet werden (Staacks, 2018 & Dorsel, 2018). Zudem bietet die Fernsteuerungsfunktion der App ihrem Besitzer auch die Möglichkeit, laufende Messungen am Handy an einem anderen Gerät in Echtzeit mitzuverfolgen. Eigene Experimente können auf diesem Wege einfach durchgeführt werden, denn das Auslesen und der Export der Daten stellen keine Hürde mehr dar. Zusätzlich zu den vordefinierten Experimenten können eigene Experimente mit dem eingebauten Editor einfach erstellt, gespeichert und geteilt werden (Stampfer, 2020).

Erweiterung von *phyphox* mit Experimentiersets

Als Erweiterung und Hilfsmittel für eine breite Nutzung der App *phyphox* wurden *Experimentiersets aus Karton* entwickelt. Damit wurden erste Ansätze fortgeführt, neben Versuchen, die primär auf Basis der digitalen App entwickelt wurden und zu denen passende Materialien noch eigenständig beschafft werden müssen, auch ergänzende Experimentiermaterialien bereitzustellen (Hütz et al., 2019).



Abb. 1: Aufbau der Rolle (links) und der Salatschleuder (rechts)

In der Entwicklung der Experimentiersets aus Karton wird besonders auf die Vereinfachung von komplexen Aufbauten Wert gelegt, sodass nicht nur der Beschaffungsaufwand für den Nutzer gering gehalten, sondern auch der anschließende Aufbau vereinfacht wird. Vorgefer-

tigte Experimentiersets können somit einen leichteren Einstieg ins Experimentieren ermöglichen. Mit Karton als Material können die Aufbauten zudem selbstständig erweitert und modifiziert werden. Für die Realisierung der ersten Experimentiersets aus Karton wurden zwei bereits in *phyphox* integrierte Experimente ausgedacht¹.

In dem Experiment „Rolle“ befindet sich das Handy in der Achse einer aus mehreren Teilen zusammengesteckten rollbaren Vorrichtung (nachfolgend Rolle genannt) aus Karton (siehe Abb. 1 links). Die Räder sind mit unterschiedlichen Radien verfügbar und sind austauschbar. Das Ziel ist die Bestimmung der Bahngeschwindigkeit der Rolle über die direkte Messung der Winkelgeschwindigkeit. Hierzu soll die Rolle zur Bewegung angeregt und die Winkelgeschwindigkeit mithilfe von *phyphox* aufgenommen werden. Mittels graphischer Darstellung beider Geschwindigkeiten gegen die Zeit wird der lineare Zusammenhang mit dem Rollradius erlernt (Bahngeschwindigkeit = Winkelgeschwindigkeit \times Radius). Das Experiment ist einfach aufgebaut und kann dennoch viele physikalische Themen abdecken (beispielsweise Translations- und Rotationsenergie...). Die Lage des Smartphones in der Rolle hat einen besonders großen Einfluss auf das Ergebnis der Messkurve. Auffällige Schwingungen können beobachtet werden, falls die Gewichtsverteilung nicht symmetrisch zur Drehachse der Rolle ist (vgl. Abb. 2, siehe hierzu auch Kuhlen et al. 2017). Probleme dieser Art werden in dem Zusammenhang diskutiert und die SchülerInnen haben die Möglichkeit, über Verbesserungsmöglichkeiten nachzudenken und diese direkt zu testen.

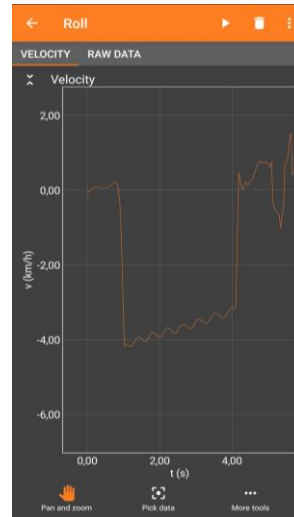


Abb. 2: Beispielmessung mit der Rolle

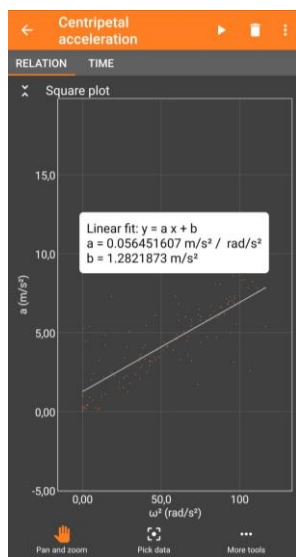


Abb. 3: Messung mit der Salatschleuder und lineare Ausgleichsgerade mithilfe von *phyphox*

Mit dem Experiment „Salatschleuder“ wird die Kreisbewegung untersucht. Für die Datenaufnahme wird das Smartphone auf der Drehscheibe des Aufbaus befestigt (siehe Abb. 1 rechts) und die Drehscheibe mithilfe eines Griffes in eine Kreisbewegung versetzt. Das Smartphone misst mithilfe von *phyphox* die Zentripetalbeschleunigung in Abhängigkeit von der Winkelgeschwindigkeit. Hierzu wird die „Salatschleuder“ unterschiedlich schnell gedreht. Der quadratische Zusammenhang zwischen der Zentripetalbeschleunigung und der Winkelgeschwindigkeit wird anhand der quadratischen Darstellung der Messdaten ersichtlich (siehe Abb. 3). Zusätzlich kann eine Ausgleichsgerade an die Messpunkte gelegt und damit die Streuung der Punkte um die erwartete Gerade

¹ „Zentripetalbeschleunigung“ und „Rolle“ (letztere unter iOS nur extern über QR-Code verfügbar)

verdeutlicht werden. Analog zum vorherigen Experiment können Faktoren, die einen Einfluss auf die Messung haben, diskutiert werden. Als Beispiel können die Winkelgeschwindigkeit, die aufgrund des vereinfachten Aufbaus begrenzt ist, und das dominierende Gewicht des Smartphones genannt werden.

Erster Einsatz in einer digitalen Schüleruniversität, Evaluation und Ausblick

Ein erster Testeinsatz der entwickelten Experimentiersets aus Karton erfolgte im Rahmen einer online durchgeführten Schüleruniversität für physikinteressierte OberstufenschülerInnen an der RWTH Aachen im Sommer 2020. Dafür wurden Prototypen für die beiden Experimentieraufbauten mithilfe von Lasercuttern hergestellt und den TeilnehmerInnen zusammen als ein Set zugeschickt. Der Aufbau der Experimentieranordnungen und die Vorbereitung der Messdatenaufnahme fanden unter Anleitung in einer Videokonferenz in der Gruppe aller TeilnehmerInnen statt, gefolgt vom eigenständigen Experimentieren und von Diskussionsrunden in kleineren Gruppen von 3 bis 4 SchülerInnen. Dabei hat sich für die Anleitung der SchülerInnen und die Gruppenarbeit die Fernsteuerungsfunktion von *phyphox* als sehr hilfreich erwiesen, weil sie über das Teilen von Bildschirmhalten auch im Online-Format einen effektiven Austausch zum Experiment ermöglichte.

Um vor allem das Einsatzpotenzial des neuen Konzepts zu untersuchen, erhielten die SchülerInnen Aufgaben, die sie eigenständig ohne große Hilfestellungen der Anleitung bearbeiten sollten. Neben den in den Experimenten sichtbaren physikalischen Zusammenhängen wurden durch die SchülerInnen auch Fehlerquellen und ihre Wirkung auf die Qualität der Messdaten untersucht.

Bei der Durchführung der Experimente wurden sehr viele kreative Ideen und Vorschläge in die Diskussion eingebracht und von den SchülerInnen eigenständig umgesetzt. In einer abschließenden Evaluationsrunde wurde der Einsatz der Experimentiersets von den TeilnehmerInnen bewertet. Hierzu haben die SchülerInnen z.B. die Aussagen „*Der Aufbau ist einfach und hat sinnvolle Messwerte geliefert*“ und „*Experimentieren macht Spaß und ist nicht nur in der Schule möglich*“ positiv bewertet. Mit schriftlicher Aufbau- und allgemein gehaltener Experimentieranleitung war den TeilnehmerInnen der Schüleruniversität eine vollständig selbständige Arbeit möglich. Für die Umsetzung in verschiedenen Jahrgangsstufen können die Experimente mit Arbeitsblättern unterschiedlicher thematischer Ausrichtung und Schwierigkeitsgrade kombiniert werden. Die Wirksamkeit des Experiments muss in diesem Hinblick noch weitergehend evaluiert werden.

Der Einsatz hat auch Verbesserungsmöglichkeiten in den entwickelten Experimentiersets aufgezeigt. Karton ist als Material für solche Experimentiersets leicht, umweltfreundlich und einfach zu verändern, hat auf der anderen Seite allerdings eine begrenzte Lebensdauer. Sowohl die Dicke des verwendeten Kartons als auch die Ausschnitte können diesbezüglich noch weiter optimiert werden. Zusammenfassend erscheinen die ersten Ansätze zur Entwicklung von Experimentiersets aus Karton zur Unterstützung von Smartphone-Experimenten sehr vielversprechend und bieten viel Potenzial für zukünftige Erweiterungen.

Literatur

- Dorsel, D., Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H. & Stampfer, C. (2018). Smartphone-Experimente mit externen Sensoren. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 393 – 397
- Hütz, S., Staacks, S., Stampfer, C. & Heinke, H. (2019). Kleiner Aufwand, großer Nutzen? - Experimentiersets zur Unterstützung experimenteller Übungsaufgaben mit Smartphones, *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 273-279
- Kuhlen, S., Stampfer, C., Wilhelm, T. & Kuhn, J. (2017), Phyphox bringt das Smartphone ins Rollen, *Phys. Unserer Zeit* 3/2017 (48), 148-149.
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H. & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: Phyphox. *Physics Education*, 53. 10.1088/1361-6552/aac05e
- Stampfer, C., Heinke, H. & Staacks, S. (2020). A lab in the pocket. *Nature Reviews Materials*, 5 (3), 169-170