Lutz Kasper[1] [1]PH Schwäbisch Gmünd
Patrik Vogt[2] [2]PH Freiburg

Physics[2]Go! – Hausaufgaben mit Smartphones

Idee

Nachdem Smartphones große Verbreitung bei Jugendlichen gefunden haben, sind sie längst auch im Physikunterricht „angekommen“ und bereichern ihn bei der Dokumentation von Experimenten, beim Austausch von Dateien, bei der Internetrecherche oder als Messwerterfassungssystem. Die in ihnen verbauten Sensoren (insbesondere Beschleunigungssensoren, Gyroskop, Mikrofon, GPS-Empfänger, CCD-Chips und GMRs) ermöglichen originelle experimentelle Zugänge und teils überraschende Interpretationen bekannter Standardexperimente. Dabei hat das Smartphone bislang die klassischen Messwerterfassungssysteme im Klassenzimmer ersetzt. Im Vordergrund standen Smartphone-Experimente, die ohnehin im Physikunterricht durchgeführt wurden (z. B. schiefe Ebene, Stoßprozesse, freier Fall). In einem weiteren Schritt soll nun vor allem die Mobilität der Geräte genutzt werden, um die Physik in der alltäglichen Umwelt zu erkunden, quantitativ zu beschreiben und zu modellieren. Als außerschulische Untersuchungs- und Messobjekte lassen sich viele Bewegungen, Klänge und die sinnvolle Kombination und Korrelation von Daten der Sensoren nutzen. Unterstützt wird dieser Ansatz durch die starke Verbreitung moderner Mobiltelefone unter den Jugendlichen. Das ermöglicht ein „Herausgehen” aus dem Physiksaal und die experimentelle Erschließung von Alltagskontexten. Kontextorientierung wird somit in zweifacher Hinsicht erreicht: Die thematische Authentizität wird verknüpft mit einer materialen Authentizität (Vertrautheit der Schüler mit dem Arbeitsmittel „Smartphone”). Gleichzeitig erfolgt eine Förderung der Fähigkeit zum genauen Naturbeobachten sowie der Kreativität. In explorativen Studien wird der Frage nachgegangen, welche Effekte auf Motivation, Interesse und Behaltensleistung durch den Einsatz von Hausaufgaben mit Smartphones erzielt werden.

Experimente zur Akustik

Bestimmung der Schallgeschwindigkeit

Die Schallgeschwindigkeit in Luft kann mithilfe längerer Röhren (z. B. Abflussrohre) durch Erzeugen eines kurzen Signals und Erfassen der Echolaufzeiten nach Mehrfachreflexionen an den jeweils offenen Enden mit guter Genauigkeit bestimmt werden (Vogt & Kasper, 2014). Dabei erfolgt die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit bei Rohrlängen > 5 m in guter Genauigkeit. Für die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in festen Körpern (z. B. Stahl) lassen sich Gleisabschnitte oder lange Brückengeländer (aus einem Stück) nutzen. Ausgewertet wird die nach einem Hammerschlag an einem entfernten Punkt auftretende Differenz der Signallaufzeiten in Luft und im Stahl. Als gut geeignet haben sich hier Weglängen von ca. 30 m zwischen dem Ort der Erzeugung des Hammerschlages und dem direkt auf Gleis oder Geländer gelegten Smartphone erwiesen. Eine hierfür geeignete App ist Oszilloskop (iOS) (Vogt et al., 2014).

Schwingungen von Kirchenglocken und Alltagsgegenständen

Aus physikalischer Sicht sind Glocken interessante Instrumente. Beim Anschlagen der Glocke wird eine Vielzahl von Schwingungsmoden angeregt. In der Nähe einer schlagenden Glocke lassen sich unter Verwendung von Akustik-Apps typische Muster in den Frequenzspektren erkennen (Vogt et al. 2014; Vogt et al., in Druck) sowie mithilfe einer einfachen Modellierung auf Durchmesser und Masse der Glocke schließen. Im häuslichen Umfeld bieten sich Untersuchungen mit „klingenden“ Alltagsgegenständen an. Akustische Experimente mit Trinkgläsern, z. B. als Resonanzrohr oder Helmholtzresonator genutzt, bieten weitere Möglichkeiten der Schallgeschwindigkeitsbestimmung. Dafür wird (z. B. mit

Erschienen in: S. Bernholt (Hrsg.) (2015). Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN.

der iOS-App Audio Kit) bei gleichzeitigem Erzeugen eines weißen Rauschens das Frequenzspektrum durch das Smartphone erfasst (Vogt et al., 2014; Vogt et al., in Druck).

Experimente zur Mechanik

Beschleunigungen im Alltag.

Beschleunigungen sind im Vergleich zu Geschwindigkeiten nicht leicht abzuschätzen. Ihre objektive Erfassung ist insofern von besonderem Interesse und wird durch die Verwendung von Smartphones leicht ermöglicht. Dabei bietet der Alltag eine nahezu unerschöpfliche Vielfalt an Bewegungen aus dem Verkehr (Vogt & Kuhn, 2013), im Sport oder aus Vergnügungsparks. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass viele Bewegungen in Natur und Technik mit näherungsweise konstanter Beschleunigung ablaufen – ein Grund, zur experimentellen Erarbeitung gleichmäßig beschleunigter Bewegungen auf Alltagssituationen zurückzugreifen.

Kinematik des Aufzuges

Aufzüge sind – im städtischen Umfeld – sehr schnell für Experimente verfügbar. Moderne Aufzüge bewegen sich in der Regel nach kurzen Beschleunigungsphasen nahezu gleichförmig und außerdem erschütterungsarm. Somit bieten sie sich zur Untersuchung kinematischer Zusammenhänge an. Eindrucksvoll kann die lineare Zunahme der zurückgelegten Strecke bei konstanter Geschwindigkeit überprüft werden. Mit der Erfassung aller drei Größen $s(t)$, $v(t)$ und $a(t)$ ergeben sich auch Möglichkeiten der weiteren Arbeit mit den Daten, etwa einer Integration über die Messkurven und das Aufstellen der Bewegungsgleichungen. Geeignete Apps hierfür sind z. B. SPARKvue (iOS) oder Sensor Kinetics (Android) (Vogt, 2014).

c_W-Werte von Pkw und Radfahrer.

Obwohl häufig erwähnt, gilt der c_W-Wert als quantitativ schwer zu bestimmende Größe. Mithilfe des folgenden Ansatzes (Fahsl, 2014) gelingt eine gute Abschätzung: Auf ein Fahrzeug, das nach Beschleunigung im ausgekuppelten Zustand „ausrollt“, wirkt eine aus Luft- und Rollreibung zusammengesetzte bremsende Kraft. Trägt man nach Aufnahme der Messung a gegen v^2 auf ($v(t)$ wird numerisch durch Integration bestimmt), erhält man erwartungsgemäß eine Gerade. Der Schnittpunkt mit der a-Achse ergibt den Wert für den aus der Rollreibung resultierenden Anteil. Aus dem Anstieg der Geraden lässt sich der c_W-Wert unmittelbar und mit hoher Genauigkeit berechnen. Die Abschätzung der wirksamen Querschnittsfläche für Radfahrer und Pkw erfolgt dabei durch geometrische Vereinfachungen an angefertigten Frontalfotografien.

Fachübergreifende Experimente

Messdaten von Fitness-Apps – Physik und Sport

Zahlreiche Smartphone-Apps ermöglichen die Erfassung von Daten während sportlicher Aktivitäten. So registriert die App „Runtastic“ mithilfe des im Smartphone verbauten GPS-Empfängers den beim Laufen zurückgelegten Weg und zeigt diesen auf einer Karte an, macht Angaben über die benötigte Zeit, die zurückgelegten Höhenmeter und schätzt auf Grundlage dieser sowie einiger persönlicher Daten (insb. Körpermasse) die „verbrannten“ Kalorien ab. Welche Sensoren nutzen Fitness-Apps für die Angabe von Streckenzeiten, Höhenprofil oder umgesetzter Energie? Mit welchem theoretischen Modell arbeitet die App? Neben der Kontextorientierung wird hier wissenschaftliches und „detektivisches” Vorgehen der Lernenden gefördert. Eine einfache Modellierung des komplexen Sachverhalts ist mit zufriedenstellen–der Genauigkeit möglich (Vogt & Kasper, 2014).

Klangfarbe von Musikinstrumenten – Physik und Musik

Musikinstrumente sind in allen Schulen, aber auch in vielen Haushalten vorhanden. Da lohnt es sich, der Frage nachzugehen, warum wir, ohne darüber nachdenken zu müssen, entscheiden können, ob ein Ton (im physikalischen Sinn: Klang) etwa von einem Klavier oder einer

Flöte gespielt wird. Oszillogramme, insbesondere aber Frequenzspektren geben hierüber Auskunft und können mithilfe von Smartphones einfach „vor Ort“ aufgezeichnet werden (Vogt & Kuhn, 2012).

Von Flügelschlagfrequenzen zum Insektenflug – Physik und Biologie

Faszinierende Flugmanöver von Libellen oder Wespen, die angebliche Flugunfähigkeit der Hummel oder auch das aktuelle Interesse von Bionik-Ingenieuren an MAVs (*Micro Air Vehicles*) machen den Insektenflug interessant für fächerübergreifende Untersuchungen. Worin unterscheiden sich Insekten- und Vogelflug? Das Verhältnis von Flügelschlagfrequenz zur Anströmgeschwindigkeit (*reduzierte Frequenz*) macht den Unterschied! Er führt zu instationären Auf- und Vortriebs-Effekten und lässt Insekten zu Flugkünstlern werden. Aber wie schnell schlagen Insektenflügel? Mit Smartphones lassen sich auf akustische Weise die spezifischen Frequenzen von vielen Insekten ermitteln, auf deren Grundlage man sich dem Flug weiter annähern kann (Kasper, 2013).

Untersuchungsfragen

a) Welche Effektivität besitzen Smartphone-Heimversuche verglichen mit konventionellen inhaltsgleichen Aufgabenstellungen?

b) Welche Effektivität hat die Untersuchung von Alltagskontexten mit dem Smartphone verglichen mit inhaltsgleichem traditionellem Experimentalunterricht?

c) Können Motivation und Leistung bei Nebenfachstudierenden (z. B. Ingenieure, Mediziner, Biologen) durch Smartphone-Heimversuche besser gefördert werden?

Die Durchführung einer Studie zu Frage c) erfolgt im WiSe 2014/15 in Kooperation mit der Hochschule Kempten sowie der Universität Ulm. Studien zu den Fragen a) und b) sind im Rahmen von Staatsexamensarbeiten in Arbeit bzw. in Vorbereitung.

Literatur

Fahsl, C. (2014) Einsatzmöglichkeiten von Smartphones im Physikunterricht als Mess- und Experimentiermittel: Fachliche und fachdidaktische Diskussion von Experimenten im Kontext „Straßenverkehr“. nicht veröffentlichte Masterarbeit, verfasst an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Sektion der Universität Konstanz

Kasper, L. (2013) Der Insektenflug als authentischer Kontext für den Physikunterricht. In: PhyDid B – Tagungsband der Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik der DPG, Jena 2013 (8 S.)

Vogt, P. (2014) Tablet-Computer als Mess- und Experimentiermittel im Physikunterricht. In: A. Bresges, L. Mähler & A. Pallack (Hrsg): Unterricht mit Tablet-Computern lebendig gestalten. (Themenspezial MINT). MNU Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen e. V., Verlag Klaus Seeberger: Neuss, S. 66-78.

Vogt, P. & Kasper, L. (2014) Bestimmung der Schallgeschwindigkeit mit Smartphone und Schallrohr. In: Unterricht Physik 140, Friedrich Verlag, S. 43-44

Vogt, P. & Kasper, L. (2014) Theoretische und experimentelle Betrachtungen zur Energieumwandlung beim Laufen. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 143, S. 39-41 zuzüglich 2 Seiten Onlinematerial

Vogt, P., Kasper, L., Fahsl, C., Herm, M. & Quarthal, D. (in Druck). Physics^{2}Go! Den Alltag mit dem Smartphone entdecken. In: A. Bresges, L. Mähler & A. Pallack (Hrsg): Themenspezial MINT. MNU Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen e. V., Verlag Klaus Seeberger: Neuss.

Vogt, P., Kasper, L. & Müller, A. (2014) Smartphone Physics: Neue Experimente und Fragestellungen rund um das Messwerterfassungssystem Smartphone. In: PhyDid B Tagungsband der Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik der DPG, Frankfurt/M. 2014 (11 S.) (erscheint)

Vogt, P. & Kuhn, J. (2013) Beschleunigungen im Alltag. In: MNU 66 (4), 252

Vogt, P. & Kuhn, J. (2012). Akustik mit dem iPhone. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 132, S. 43-44