

**Entwicklung und Evaluation modularer
Vorlesungseinheiten mit Smartphone-Einsatz****Simon Hütz*, Sebastian Kuhlen⁺, Christoph Stampfer⁺, Heidrun Heinke***

*I. Physikalisches Institut IA, RWTH Aachen, ⁺ II. Physikalisches Institut IIA, RWTH Aachen
 huetz@physik.rwth-aachen.de, kuhlen@physik.rwth-aachen.de, stampfer@physik.rwth-aachen.de,
 heinke@physik.rwth-aachen.de

Kurzfassung

In Deutschland besitzen 96% der 16- bis 19-Jährigen ein eigenes Smartphone, sodass Smartphones nunmehr systematisch auch für die Hochschullehre nutzbar werden. Für die Physik-Lehre erscheinen Smartphones dabei besonders auch als umfassend verfügbares, leistungsfähiges Messinstrument mit vielfältigen Sensoren interessant. In diesem Kontext wurde an der RWTH Aachen die App *phyphox* (www.phyphox.org) entwickelt. Mit dieser ist es möglich, die vielfältigen Sensoren, die in den meisten modernen Smartphones verbaut sind, in einer App auszulesen. Ein optionaler Fernzugriff auf das Smartphone erweitert dessen experimentelle Einsatzmöglichkeiten deutlich. Zudem kann die Darstellung der Messdaten an die Lerner-Voraussetzungen angepasst werden. Damit bietet die App *phyphox* ideale Voraussetzungen für einen gezielten Einsatz in der Lehre.

Insbesondere ermöglicht die App *phyphox* die Umsetzung vielfältiger experimenteller Aufgabenstellungen für Studierende. Dadurch können nicht nur die klassischen Übungsaufgaben der Experimentalphysik um experimentelle Aufgaben bereichert werden, sondern es kann auch das Prinzip des Flipped Classroom sinnvoll an die Besonderheiten der Ausbildung in der (experimentellen) Physik angepasst werden. Hierzu werden modulare Vorlesungseinheiten entwickelt, die darauf abzielen, dass die Studierenden als Vorbereitung auf die Vorlesung bereits Experimente zu Hause durchführen können, deren Ergebnisse dann in die Vorlesungsgestaltung einfließen können. Die modularen Vorlesungseinheiten sollen in den Einführungsveranstaltungen zur Physik für verschiedene Studienrichtungen eingesetzt werden.

1. Ausgangslage

Experimentalphysikvorlesungen stellen ein zentrales Element in der Ausbildung nicht nur von angehenden Physikern, sondern auch in anderen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen dar. Dabei sind diese Lehrveranstaltungen oft in den Anfangssemestern dieser von hohen Studienabbruchquoten gekennzeichneten Studiengänge verortet. Eine studierendenfokussierende Gestaltung der Vorlesungen zur Experimentalphysik kann damit in dieser kritischen Phase des Studiums über einen wirksamen Beitrag zur Aufrechterhaltung von Studienmotivation und -interesse entscheidend zur Erfolgsquote in diesen Studiengängen beitragen. Allerdings werden aktuell auch die Vorlesungen zur Experimentalphysik oft sehr theorielastig gestaltet. Dies bedeutet, dass das Experiment in der Vorlesung nur einen Demonstrationscharakter einnimmt, so dass die Studierenden hier in der Regel nur eine beobachtende Rolle ausfüllen [1, S.20]. Zusätzlich fehlt auch das praktische Experimentieren in den zur Experimentalphysik gehören-

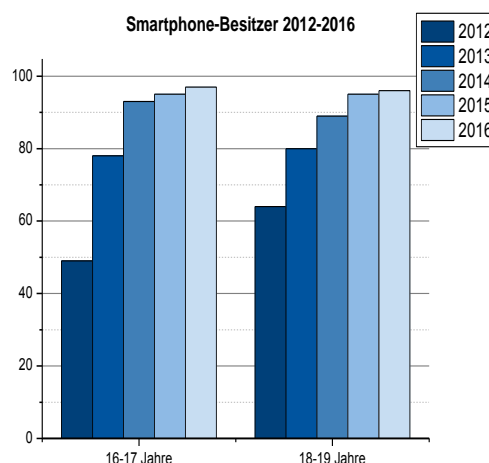


Abb.1: Verbreitung von Smartphones bei Jugendlichen zwischen 2012 und 2016. (nach [1, S.23])

den Übungen [1, S.20]. Dies stellt für viele Studierende eine größere Herausforderung zu Beginn ihres Studiums dar und trägt damit zu den hohen Studienabbruchquoten bei [1, S.20].

In Abbildung 1 sind Ergebnisse der JIM-Studie dargestellt, wonach im Jahr 2016 96% der 18- bis 19-jährigen Jugendlichen im Besitz eines eigenen Smartphones waren. Zusätzlich ist anhand von Abbildung 1 zu erkennen, dass der Verbreitungsgrad von Smartphones seit dem Jahr 2012 in den dargestellten Altersstufen deutlich bis auf Werte nahe 100% gestiegen ist [2, S. 23]. Somit ist davon auszugehen, dass die Verbreitung von Smartphones auch unter Studierenden so hoch ist, dass der systematische Einsatz dieser Geräte in der Hochschullehre gerechtfertigt erscheint. Dies ermöglicht es, die Lehrveranstaltungen zur Experimentalphysik näher an die Lebenswelt der Studierenden heranzuführen. Dabei wird ausgenutzt, dass die Studierenden mit Smartphones und den darin verbauten Sensoren physikalische Größen messen und mit einer entsprechenden App auch direkt analysieren können. Eine App, die dies ermöglicht, ist die App *phyphox* (www.phyphox.org).

2. Die App *phyphox*

Die App *phyphox* wurde am II. Physikalischen Institut der RWTH Aachen entwickelt [3, S. 148 f.]. Mit dieser App, die kostenfrei für Android ab Version 4.0 und iOS ab Version 8.0 zur Verfügung steht, können die Sensordaten der meisten im Smartphone verbauten Sensoren ausgelesen und analysiert werden. Momentan können Messungen mit dem Mikrophon, dem Beschleunigungssensor, dem Gyroskop, dem Magnetfeldsensor, dem Lichtsensor, dem Näherungssensor und dem Luftdrucksensor durchgeführt werden, wenn der entsprechende Sensor im Smartphone verbaut ist. Mit *phyphox* ist es im Gegensatz zu vielen anderen Apps, die nur einen Sensor auslesen können und meist auch nur die Rohdaten aufnehmen können, möglich, mehrere Sensoren (bspw. Beschleunigungssensor und Gyroskop) parallel auszulesen und die gewonnenen Daten in einer Analyse zu verbinden. Da die direkte Bedienung des Smartphones bei einigen Experimenten unpraktisch oder nicht möglich ist, ist *phyphox* zusätzlich mit einem Fernzugriff ausgestattet. Mit diesem ist es möglich, *phyphox* über einen Webbrowser fernzusteuern. Hierfür müssen Smartphone und Laptop/Tablet lediglich mit dem gleichen WLAN-Netzwerk verbunden sein. Über den Fernzugriff können die Messwerte im Excel- oder CSV-Format direkt auf den Laptop heruntergeladen werden. Alternativ können die Messwerte auch in den genannten Formaten per E-Mail verschickt oder über sozialer Netzwerke oder Messenger-Dienste geteilt werden. Neben der Export- und Fernsteuerfunktion ist es mit Hilfe des Fernzugriffes auch möglich, die Messwertaufnahme live über einen Beamer in Vorlesungen darzustellen. Somit können die Studierenden

die Messwertaufnahme direkt verfolgen und beispielsweise die Bewegung direkt mit den Messwerten vergleichen.

Neben den zahlreichen bereits in der App vorhandenen Experimenten bietet ein eigenes Dateiformat für die Experimente in *phyphox* die Möglichkeit, Experimente an vorhandene Versuchsaufbauten anzupassen oder neue Experimente zu erstellen. Dies kann direkt im *phyphox*-Dateiformat in XML geschehen oder über den einfach zu bedienenden grafischen Webeditor (www.phyphox.org/editor).

Die Entwicklung von *phyphox* ist nicht abgeschlossen. Der umfangreiche Funktionsumfang wird weiter vergrößert. Aktuell geplant sind unter anderem eine Zoom-Funktion für Graphen, das Auslesen des GPS-Sensors sowie die nutzerfreundliche Einbindung einer Bluetooth-Schnittstelle. Mit dieser wird es in Zukunft auch Nicht-Experten möglich sein, zusätzliche externe Sensoren mit der App anzusprechen. Hierdurch können dann noch weitere, nicht nur physikalische Größen gemessen werden und somit vielfältige Experimente zu Themenbereichen auch außerhalb der Mechanik und der Physik durchgeführt werden. Außerdem wird die Einbindung externer Sensoren die Wahrscheinlichkeit einer Beschädigung des Smartphones im experimentellen Einsatz reduzieren, da beispielsweise für Fallexperimente eine vergleichsweise kostengünstige Sensorbox wie der SensorTag von Texas Instruments verwendet werden kann [4]. Auch ist eine Einbeziehung der Kamera des Smartphones in die Messwertaufnahme geplant.

Weitere Informationen zur App sind auf der Webseite www.phyphox.org zu finden.

3. Einsatz von *phyphox* in der Hochschullehre

Die App wurde ursprünglich gezielt für den Einsatz in einführenden Vorlesungszyklen der Experimentalphysik entwickelt. Abbildung 2 illustriert den typischen Ablauf einer Lehrveranstaltung zur Experimentalphysik im Hauptfachstudium an vielen Hochschulen im deutschsprachigen Raum.

Typischerweise werden die Themen in der Experimentalphysikvorlesung mit Demonstrationsexperimenten behandelt. Diese Themen finden sich dann in den darauffolgenden Übungsaufgaben wieder, die einzeln oder in Gruppen bearbeitet und danach in kleinen Gruppen besprochen und diskutiert werden. In der Vorlesung nehmen die Studierenden durch die Verwendung der Demonstrationsexperimente eine passive Rolle ein. Die Übungsaufgaben sollen die Studierenden zur Vertiefung des gelernten Stoffes anregen, sind jedoch bisher eher theorielastig aufgebaut und enthalten in der Regel keine experimentellen Aufgabenstellungen. Die Besprechung in den Kleingruppen ist oft extrinsisch motiviert, da für die Übung häufig Anwesenheitspflicht besteht und für die Teilnahme an der Modulabschlussklausur eine bestimmte Punktzahl in den Übungen erreicht werden muss. Praktisches Experimentieren durch die Studierenden

Typischer Ablauf von Vorlesung und Übung in der Experimentalphysik

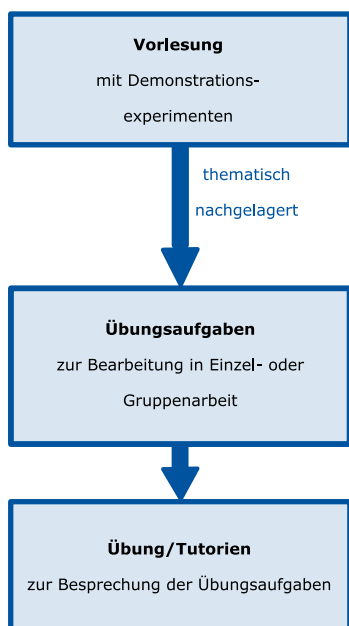


Abb. 2: Typischer Ablauf von Vorlesung und Übung in der Experimentalphysik. Die Inhalte der Vorlesung werden mit Demonstrationsexperimenten verdeutlicht. Anschließend werden Übungsaufgaben thematisch zur Vorlesung nachgelagert und in einer Übung oder einem Tutorium besprochen.

ist somit meist nicht vorgesehen. Erst in separaten Praktika erhalten die Studierenden die Möglichkeit eigenständig zu experimentieren. Diese Praktika finden auch nur in Ausnahmefällen (in kleinen Studiengängen an ausgewählten Standorten) parallel zu Vorlesung statt. In den meisten Fällen ist das Praktikum damit entkoppelt von der Vorlesung und deutlich nachgelagert. Dies führt zu einem Defizit in der die Motivation fördernden studentischen experimentellen Tätigkeit in der besonders stark von einem Studienabbruch bedrohten Phase des Physikstudiums. *phyphox* bietet die Möglichkeit, diesem Defizit entgegenzuwirken. Ein möglicher Ablauf für eine Veranstaltung, in der *phyphox* eingesetzt wird, ist in Abbildung 3 dargestellt. Demnach sind drei mögliche Einsatzszenarien denkbar, die miteinander ergänzt werden können:

A: Im Unterschied zum typischen Ablauf einer Veranstaltungsreihe zur Experimentalphysik, wie er in Abbildung 2 skizziert war, wird beim Einsatz von *phyphox* in diesem Szenario der Vorlesung ein weiterer Schritt vorgelagert. In Vorbereitung auf die Vorlesung wird den Studierenden eine experimentelle Aufgabe gestellt, zu der ihnen der theoretische Hintergrund noch unbekannt sein darf. Die Messdaten der Studierenden werden mit Hilfe einer Eingabe-

maske im Internet erfasst. Diese Daten können daraufhin in der Vorlesung aufgegriffen werden, so dass die dahinterliegende theoretische Gesetzmäßigkeit mit Hilfe der Daten der Studierenden nachgewiesen werden kann.

B: Zusätzlich kann die App auch in der Vorlesung für Demonstrationsexperimente eingesetzt werden. Dabei wurde die App ursprünglich mit besonderem Blick auf diese Anwendung entwickelt. Auch deshalb verfügt sie über einen Fernzugriff auf das Smartphone und ermöglicht einen Export der Messdaten auf einen zweiten Bildschirm und damit z.B. deren Präsentation über einen Beamer. Im Gegensatz zu klassischen Demonstrationsexperimenten können viele der entsprechenden *phyphox*-Experimente von den Studierenden zu Hause mit einfachen Mitteln selbst wiederholt oder um weitere Messdaten ergänzt werden, weil (fast) alle Studierenden über das entscheidende Messwertersystem in Form eines Smartphones selbst verfügen.

C: In den Aufgabenstellungen für die Übung können zur Vertiefung des gelernten Stoffes mit *phyphox* auch experimentelle Aufgaben in Ergänzung zu den bisher eingesetzten eher theorie-lastigen Aufgaben gestellt werden. In diesen Aufgabenstellungen können auch Demonstrationsexperimente aus der Vorlesung wieder aufgegriffen werden. Auch im neuen Ablauf werden die Übungsaufgaben in einer Übung oder in einem Tutorium in kleinen Gruppen besprochen.

Insgesamt kann somit durch den Einsatz von *phyphox* in verschiedenen Phasen der Lehrveranstaltung der

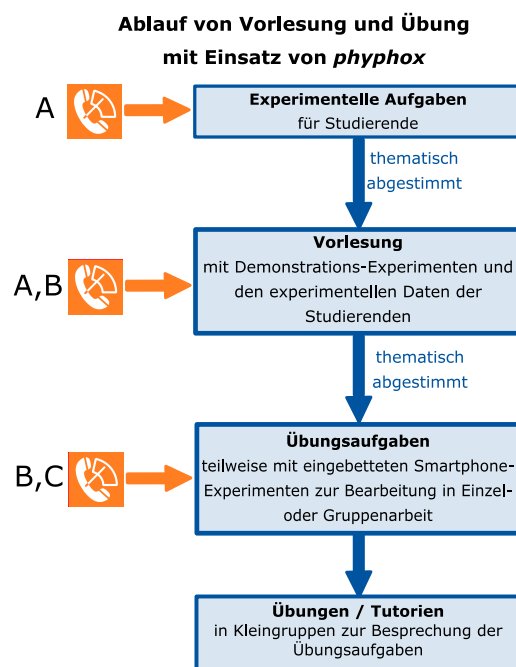


Abb. 3: Ablauf einer Vorlesung und Übung zur Experimentalphysik mit Einsatz von *phyphox*. Im Vergleich zum typischen Ablauf kann hier der Vorlesung eine experimentelle Aufgabe vorgelagert werden. Die Bedeutung der Beschriftung A-C kann dem Text entnommen werden.

Anteil an experimentellen Tätigkeiten bei den Studierenden und damit auch der Grad ihrer Eingebundenheit im Lehr-Lern-Prozess erhöht werden. Dies lässt eine erhöhte Lernwirksamkeit gegenüber einem klassischen Veranstaltungsablauf erwarten, der teils durch eine erhöhte Motivation der Studierenden, teils auch durch die veränderte Methodik bedingt wird.

Die App *phyphox* kann aber nicht nur in der Ausbildung von Physik-Studierenden, sondern auch in der sogenannten Nebenfachausbildung zur Physik gewinnbringend eingesetzt werden. Viele Studierende aus natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen absolvieren in ihren ersten Studiensemestern eine physikalische Grundausbildung. Der Ablauf einer Experimentalphysikveranstaltung bei Nebenfachstudierenden unterscheidet sich von dem der Hauptfachstudierenden darin, dass bei den Nebenfachstudierenden die Übungen in der Regel nicht verpflichtend sind und meist als Globalübung abgehalten werden. Auch ist es für die Teilnahme an der Modulabschlussklausur meist nicht erforderlich, eine gewisse Punktzahl in den Übungen zu erreichen. Daher ist der Lehrende beim Aufgreifen der experimentellen Daten der Studierenden in der Vorlesung nach dem oben skizzierten Szenario A des *phyphox*-Einsatzes darauf angewiesen, dass eine ausreichende Anzahl an Studierenden die entsprechenden Aufgaben auf freiwilliger Basis bearbeitet und die Messdaten in die Eingabemaske einträgt. Prinzipiell erscheint es aber auch bei Nebenfachstudierenden möglich, den Anteil an motivationsfördernden studentischen experimentellen Tätigkeiten im Vorlesungszyklus zu erhöhen.

4. Erste Erfahrungen mit *phyphox*

Die App *phyphox* wurde erstmals im Wintersemester 2016/17 in der Vorlesung Experimentalphysik I an der RWTH Aachen umfassend eingesetzt. Diese Vorlesung ist im ersten Semester der Bachelorstudiengänge Physik und Lehramt Physik (für Gymnasien und Gesamtschulen sowie Berufskollegs) verankert. Zusätzlich ist diese Vorlesung im Mathematik- und Informatikstudium mit Anwendungsfach Physik vorgesehen. Weil es sich im WS 2016/17 um den ersten umfassenden Einsatz nach Veröffentlichung der App handelte, wurde von einer umfangreicheren fachdidaktischen Begleituntersuchung zunächst abgesehen.

Die App wurde in dieser Veranstaltung nach dem Ablaufplan aus Abbildung 3 eingesetzt. So gab es der

Studierende bewerten in einer Umfrage:
"phyphox macht mir Spaß und motiviert."

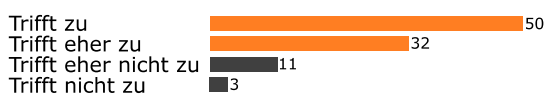


Abb. 4: Ergebnis der Befragung der Studierenden zum Einsatz von *phyphox*. Die Mehrheit der Studierenden hat den Einsatz positiv bewertet.

Vorlesung vorgelagerte Aufgaben, deren Messwerte in der Vorlesung aufgegriffen wurden. Auch wurde *phyphox* in der Vorlesung in Demonstrationsexperimenten eingesetzt und es wurden experimentelle Aufgaben zur Vertiefung der in der Vorlesung behandelten Inhalte gestellt. Gegen Ende des Semesters wurden die Studierenden im Rahmen einer Evaluation befragt, ob der Einsatz der App ihnen Spaß gemacht hätte und ob der Einsatz sie motiviert hätte. An der Befragung haben 96 Studierende teilgenommen. Ein Ausschnitt der Ergebnisse ist in Abbildung 4 dargestellt. Demnach sind die Studierenden mehrheitlich durch den Einsatz von *phyphox* motiviert worden und hatten Spaß am Experimentieren mit *phyphox*.

5. Ausblick

Momentan wird die App in der Vorlesung Experimentalphysik II der grundständigen Physikstudiengänge sowie in der Physikvorlesung für Studierende der Biologie und Biotechnologie eingesetzt. Mit dem Einsatz in einer Nebenfachvorlesung soll dabei eine umfassendere Studie vorbereitet werden, die Studierende anderer Naturwissenschaften sowie verschiedener Ingenieurwissenschaften adressieren soll. Der Schwerpunkt dieser Untersuchungen wird jeweils im Wintersemester liegen, in dem traditionell an der RWTH Aachen mehr Physikvorlesungen zum Themenbereich der Mechanik stattfinden, für den sich ein Einsatz von *phyphox* besonders anbietet.

Parallel zu dieser Erweiterung des *phyphox*-Einsatzes in der Nebenfachausbildung wird auch eine umfassendere Begleituntersuchung des *phyphox*-Einsatzes in der Experimentalphysik I-Veranstaltung im kommenden WS geplant. In dieser Veranstaltung sind die Teilnahme an der Übung und die Bearbeitung der Übungsaufgaben verpflichtend. Auch deshalb werden hier voraussichtlich anteilig deutlich mehr Studierende die Aufgaben zu *phyphox* bearbeiten als in den Nebenfachvorlesungen, in denen die Teilnahme an der Übung wie auch die Bearbeitung der Übungsaufgaben auf freiwilliger Basis erfolgt. Die skizzierten Untersuchungen sollen am Ende eine Bewertung des Einsatzpotentials und insbesondere auch der motivationalen Wirkung des *phyphox*-Einsatzes in Physikveranstaltungen im Haupt- und Nebenfachstudium ermöglichen.

6. Literatur

- [1] Klein, P. (2016). Konzeption und Untersuchung videobasierter Aufgaben im Rahmen vorlesungsbegleitender Übungen zur Experimentalphysik (Mechanik). Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern.
- [2] Feierabend, Plankenhorn & Rathgeb (2016). *JIM-Studie 2016. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland*. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs). Verfügbar un-

- ter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2016/JIM_Studie_2016.pdf
[18.05.2017]
- [3] Kuhlen, S., Stampfer, C., Wilhelm, T. & Kuhn, J. (2017). Phyphox bringt das Smartphone ins Rollen. *Physik in unserer Zeit*, 3|2017 (48), 148-149
- [4] Texas Instruments. *SensorTag*. Verfügbar unter: http://www.ti.com/ww/en/wireless_connectivity/sensortag2015/index.html?INTC=SensorTag&HQS=sensortag-pr
[18.05.2017]