

Kleiner Aufwand, großer Nutzen?

- Experimentiersets zur Unterstützung experimenteller Übungsaufgaben mit Smartphones -

Simon Hütz*, Sebastian Staacks+, Christoph Stampfer+, Heidrun Heinke*

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

Kurzfassung

Mit der an der RWTH Aachen entwickelten App *phyphox* werden die Gestaltungsmöglichkeiten für Vorlesungen und Übungen in der Experimentalphysik um aktive experimentelle Tätigkeiten auf Seiten der Studierenden auch jenseits der Praktika erweitert [1]. Eine der Möglichkeiten ist der Einsatz von experimentellen Übungsaufgaben. In mehreren Experimentalphysikveranstaltungen zeigte sich jedoch, dass die Akzeptanz solcher Übungsaufgaben auf Seiten der Studierenden scheinbar stark davon abhing, ob die Bearbeitung der Aufgaben verpflichtend war. Eine Befragung von Studierenden des Maschinenbaus (N=537) ergab, dass die Mehrheit dieser Studierenden freiwillige Übungsaufgaben häufig aus Zeitgründen nicht bearbeitet, wobei eine Bereitstellung der für die Übungsaufgaben benötigten Materialien aber eine erhöhte Bearbeitungsquote der experimentellen Übungsaufgaben erwarten ließ. Aus diesem Grund wurden vier Experimentiersets entwickelt, die im Beitrag vorgestellt werden. Das Set zum Fadenpendel wurde im Wintersemester 2018/19 in drei Experimentalphysikvorlesungen verschiedener Studiengänge eingesetzt, wozu erste Erfahrungen berichtet werden. Die entwickelten Experimentiersets sind auch für Smartphone-Experimente in Schulen geeignet.

1. Ausgangslage

Studien wie die HIS-Studie von 2011 zeigen, dass an deutschen Hochschulen eine hohe Quote von Studienabbrechern bzw. Studienfachwechslern vorhanden ist [3, S. 262]. Dieses Phänomen ist auch in den Naturwissenschaften zu beobachten [3, S.264]. In seiner Dissertation gibt P. Klein als mögliche Ursache einen Mangel an eigenständigen praktischen Tätigkeiten in der Studieneingangsphase an [4, S.20]. Mögliche Ansätze für eigene experimentelle Tätigkeiten der Studierenden bieten sich beispielweise in Experimentalphysikvorlesungen in Form von Experimenten unter Verwendung von Smartphones an [2]. Dies wird ermöglicht, da laut der aktuellen JIM-Studie der Anteil der 18- bis 19-jährigen Jugendlichen, die ein Smartphone besitzen, mittlerweile bei 99% liegt [5, S. 10]. Einem systematischen Einsatz von Smartphone-Experimenten in der Hochschullehre steht somit nichts entgegen. Eine geeignete App zur Umsetzung solcher Experimente ist die App *phyphox*, die ausführlich in Referenz [6] beschrieben wird.

Die ersten Realisierungen des praktischen Einsatzes von Smartphone-Experimenten in der Hochschullehre haben jedoch auch einige Probleme zutage gefördert. So zeigten sich drastische Unterschiede beim Einsatz einer experimentellen Übungsaufgabe in den

Experimentalphysik-Vorlesungen verschiedener Studiengänge. Während in der Vorlesung Experimentalphysik I für Bachelor-Studierende der Physik und des Lehramts Physik im Wintersemester 2016/2017 etwa ein Drittel der Studierenden eine optionale experimentelle Übungsaufgabe bearbeiteten [2], war dies beim darauffolgenden Einsatz der gleichen Übungsaufgabe im Sommersemester 2017 in der Physik-Vorlesung für Studierende der Biologie und Biotechnologie nur einer von 230 Studierenden. Sehr niedrige Bearbeitungsquoten wurden auch im Wintersemester 2017/2018 in der Vorlesung Physik für Studierende des Maschinenbaus beobachtet, obwohl von einem motivierenden und aktivierenden Potential dieser Aufgabe bei diesen physikaffinen Studierenden ausgegangen worden war [2]. Deshalb wurden die Studierenden des Maschinenbaus zu den Gründen befragt, warum sie die experimentelle Übungsaufgabe nicht bearbeitet hatten. Die von den Studierenden genannten Gründe konnten den Kategorien Zeitgründe, motivationale Gründe und experimentelle Rahmenbedingungen zugeordnet werden [ebd.]. Die Modifikation der experimentellen Rahmenbedingungen wurde als eine Möglichkeit identifiziert, um die Bearbeitungsquote der experimentellen Übungsaufgaben zu erhöhen, da viele Studierende angaben, dass sie die für die Experimentdurchführung benötigten Materialien nicht zur Verfügung hatten.

Versuch	Materialien
Federpendel	<ul style="list-style-type: none"> - zwei Federn mit unterschiedlicher Federkonstante - Maßband - Druckverschlussbeutel
freier Fall	<ul style="list-style-type: none"> - Luftballons (Anzahl variabel) - Unterlegscheibe (als Masse) - Druckverschlussbeutel
realer Stoß	<ul style="list-style-type: none"> - Tischtennisball - Druckverschlussbeutel
Fadenpendel	<ul style="list-style-type: none"> - zwei Fäden á 1 m - Druckverschlussbeutel - <i>Maßband</i>

Tab. 1: Übersicht über die vier bisher entwickelten Experimentiersets. Der Druckverschlussbeutel dient neben Verpackungszwecken in einigen Experimenten auch als Smartphone-Halterung. Jedes Experimentierset kostet weniger als 1 Euro. Das Maßband im Experimentierset Fadenpendel wurde nach der Studie aufgrund der Rückmeldung der Studierenden ergänzt.

2. Experimentiersets

Eine einfache und praktikable Möglichkeit um die Studierenden mit Experimentiermaterial zu versorgen sind Experimentiersets. In diesen sind kostengünstige Materialien enthalten, die es den Studierenden ermöglichen, die ihnen gestellten experimentellen Übungsaufgaben bei zusätzlicher Nutzung ihrer eigenen Smartphones durchzuführen. In Tabelle 1 sind vier bereits entwickelte Experimentiersets mit den in ihnen enthaltenen Materialien aufgeführt. Vorhanden sind Experimentiersets zu den Themen Federpendel, freier Fall, realer Stoß und Fadenpendel. Die Kosten für ein Set liegen beim teuersten Set bei etwa einem Euro, abhängig von der Anzahl der benötigten Federn gleicher Sorte. Die anderen Experimentiersets sind bereits für unter 50 Cent zusammenstellbar. Um die Verteilung der Sets zu erleichtern, sind die Materialien in einem Druckverschlussbeutel verpackt. In den Experimenten Federpendel und Fadenpendel dient der Druckverschlussbeutel zusätzlich als mögliche Smartphone-Halterung beim Experimentieren. Hierdurch soll sichergestellt werden, dass die Smartphones der Studierenden keinen Schaden nehmen, da



Abb. 1: Darstellung des Experimentiersets zum Versuch Fadenpendel. Im Experimentierset sind ein Druckverschlussbeutel, der gleichzeitig auch als Smartphone-Halterung dient, zwei Fäden mit einer Länge von einem Meter und in der Weiterentwicklung nach der Befragung der Studierenden auch ein Maßband enthalten.

diese bei diesen Experimenten im Versuchsaufbau mitbewegt werden.

Im WS 2018/2019 wurde das Experimentierset zum Fadenpendel in drei verschiedenen Physik-Vorlesungen für Bachelorstudierende unterschiedlicher Studiengänge an der RWTH Aachen eingesetzt. Abweichend von der Darstellung des Experimentiersets in Abbildung 1 enthielt das in der Studie verwendete Set nur den bereits angesprochenen Druckverschlussbeutel und zwei Fäden mit einer Länge von einem Meter. Rückmeldungen von Studierenden legten nahe, dem Set zusätzlich ein Maßband hinzuzufügen (siehe unten). Durch das Set in Abb. 1 müssen die Studierenden lediglich noch eine Möglichkeit finden, um das gebaute Fadenpendel für die Versuchsdurchführung so zu befestigen, dass es frei schwingen kann.

Eingesetzt wurde dieses Experimentierset in der Vorlesung Physik für Studierende des Maschinenbaus, in der Vorlesung Physik I für Studierende der Elektrotechnik und in der Vorlesung Experimentalphysik I für Bachelorstudierende der Physik und des Lehramts Physik. Mit Hilfe einer Online-Umfrage, welche über den Sets beigelegte QR-Codes zugänglich war, wurden in zwei der drei Vorlesungen Rückmeldungen zu den Experimentiersets erfragt. Insbesondere sollte ermittelt werden, ob den Studierenden im praktischen Einsatz noch Materialien fehlten, die sie für die Bearbeitung der experimentellen Übungsaufgabe benötigt hätten. An der Umfrage haben 18 Studierende der Elektrotechnik, der Physik und des Lehramts Physik teilgenommen. Die Teilnehmer der Umfrage waren sich einig, dass das Set die Bearbeitung der Übungsaufgabe erleichtert hat. Jeder zweite Umfrageteilnehmer stimmte sowohl der Aussage, dass er ohne das Set nicht die benötigten Materialien gehabt hätte, als auch der Aussage, dass das beigelegte Material vollständig war, zu. Es wurde aber auch von einzelnen Studierenden gewünscht, dass dem Set zusätzlich zu den bereits enthaltenen Materialien noch ein Maßband beigelegt wird, wie es auch schon zum Experimentierset zum Federpendel gehörte.

Maschinenbau (B.Sc.)		Elektrotechnik (B.Sc.)		Physik & Lehramt Physik (B.Sc.)	
Männlich:	80%	Männlich:	80%	Männlich:	78%
Physik-LK:	30%	Physik-LK:	18%	Physik-LK:	54%
Semester:	1.	Semester:	1.	Semester:	1.
Veranstaltung:	V2	Veranstaltung:	V3Ü1	Veranstaltung:	V4Ü2
Übungsorganisation:	freiwillig	Übungsorganisation:	freiwillig	Übungsorganisation:	Pflicht
N	315	N	211	N	186

Tab. 2: Charakterisierung der Studiengänge und der Rahmenbedingungen, unter denen das Experimentierset zum Fadenpendel eingesetzt wurde. „Physik-LK“ gibt den Anteil der Studierenden an, die in der Schule einen Leistungskurs Physik belegt haben. Bei „Veranstaltung“ ist die Anzahl der Semesterwochenstunden für Vorlesungen (V) und Übungen (Ü) angegeben. N ist die Zahl der Studierenden, die an der Umfrage teilgenommen haben.

3. Beschreibung der untersuchten Studiengänge

Wie bereits beschrieben, wurde das Experimentierset zum Fadenpendel in drei Vorlesungen in unterschiedlichen Studiengängen eingesetzt. Wichtige Charakteristika dieser drei Studiengänge und Rahmenbedingungen des Einsatzes der experimentellen Übungsaufgabe werden in Tabelle 2 gegenübergestellt. Zu erkennen ist, dass die Studierenden in den drei Studiengängen in ihren persönlichen Merkmalen relativ ähnlich sind. In allen drei Studiengängen sind etwa 80% der befragten Studierenden männlich und es handelt sich um Studierende des ersten Semesters. Kleinere Unterschiede zwischen den Studiengängen sind in der Wahl eines Physik-Leistungskurses durch die Studierenden in der Schule zu erkennen. Bei den Studierenden der Elektrotechnik gaben 18% der Studierenden an, dass sie in der Schule einen Leistungskurs in Physik belegt haben. Bei den Studierenden des Maschinenbaus beläuft sich dieser Anteil auf 30% und in den Bachelorstudiengängen Physik und Lehramt Physik auf 54% der Befragten.

In den beiden Studiengängen Maschinenbau und Elektrotechnik, in denen Physik ein Nebenfach ist, ist die Bearbeitung aller Übungsaufgaben freiwillig. In der Experimentalphysik I in den Bachelorstudiengängen Physik und Lehramt Physik ist eine ausreichende Bearbeitung der Übungsaufgaben Voraussetzung für die Klausurzulassung. Ein Unterschied zwischen den Studiengängen zeigt sich auch im Umfang der originären Physik-Lehrveranstaltungen. So wird im Maschinenbau lediglich eine Vorlesung mit zwei Semesterwochenstunden (SWS) angeboten. Für Studierende der Elektrotechnik umfassen die Physik-Lehrveranstaltungen hingegen eine Vorlesung mit drei SWS und eine Globalübung mit einer SWS, die dann im zweiten Semester im gleichen Umfang weitergeführt werden. In den Bachelor-Studiengängen Physik und Lehramt Physik beinhaltet die Veranstaltung vier SWS Vorlesungen und zwei SWS Kleingruppenübungen mit einer Gruppengröße von maximal 25 Studierenden und ist Teil eines viersemestrigen Zyklus zu Grundlagen der Experimentalphysik.

In allen drei Vorlesungen ist die Zahl der Rückmeldungen auf den eingesetzten Fragebogen hoch. Dabei unterscheiden sich allerdings die Quoten der Rück-

meldungen gemessen an der Zahl der eingeschriebenen Studierenden und damit potentiellen Vorlesungsteilnehmer. So sind im Bachelorstudiengang Maschinenbau im ersten Semester ca. 1100 Studierende eingeschrieben gewesen, für Elektrotechnik ca. 400 und in den Bachelorstudiengängen Physik und Lehramt Physik ca. 350 Studierende.

4. Einsatz der Experimentiersets

Der Einsatz der Übungsaufgabe zum Fadenpendel kann prinzipiell auf verschiedene Weise erfolgen [1]. Eine Möglichkeit ist, dass den Studierenden die Übungsaufgabe gestellt wird und von diesen bearbeitet wird, bevor die Thematik des Fadenpendels in der Vorlesung besprochen wird [1]. Dies würde dem Ansatz des Inverted Classroom nach Fischer und Spanagel entsprechen [7]. Aus organisatorischen Gründen konnte dies allerdings nur in der Experimentalphysik I für die Bachelorstudiengänge Physik und Lehramt Physik umgesetzt werden. In der Physik für Studierende des Maschinenbaus wurde das Fadenpendel bereits in der zweiten Vorlesungswoche behandelt, in der auch die ersten freiwilligen Übungsaufgaben gestellt wurden. Deshalb wurde in dieser Vorlesung ebenso wie im Studiengang Elektrotechnik die Übungsaufgabe nach der Besprechung des Fadenpendels in der Vorlesung zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs gestellt.

In allen drei Vorlesungen wurde das Experimentierset zum Fadenpendel an die Studierenden verteilt. Um herauszufinden, wie die Studierenden dieses Set eingesetzt haben, wurde jeweils in einer Vorlesung zwei bis fünf Wochen später eine Umfrage im Paper-Pencil-Format durchgeführt. Im Rahmen dieser Umfrage wurden die Studierenden befragt, ob sie das Set mitgenommen, die Aufgabe bearbeitet und das Set für die Bearbeitung der Aufgabe benutzt haben. Auf diese Weise sollte untersucht werden, wie das eingesetzte Experimentierset von den Studierenden genutzt wurde. Im Zuge dieser Umfrage wurden die Studierenden zusätzlich gefragt, ob sie generell freiwillige Übungsaufgaben bearbeiten oder nicht. Hierzu wurde eine vierstufige Skala mit den in Abb. 2 dargestellten Auswahlmöglichkeiten verwendet. Wichtige Ergebnisse der Umfrage sind in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt.

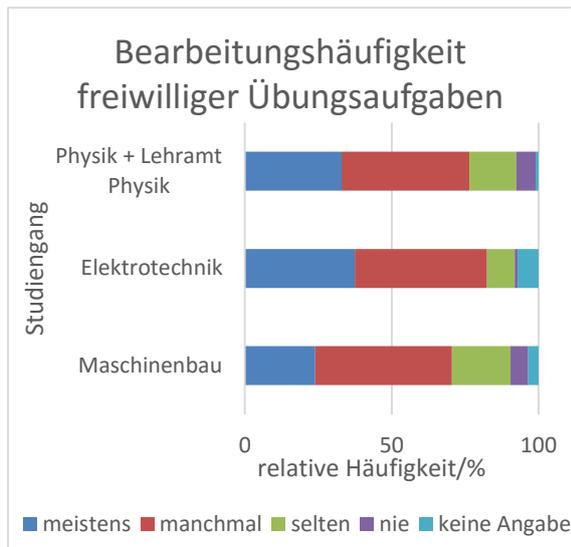


Abb. 2: Ergebnis der Befragung der Studierenden der unterschiedlichen Fachrichtungen nach ihrer Selbsteinschätzung zur Bearbeitungshäufigkeit freiwilliger Übungsaufgaben.

In Abbildung 2 ist zu sehen, dass die Studierenden auf die Frage, ob sie freiwillige Übungsaufgaben generell bearbeiten, in allen untersuchten Studiengängen ähnlich antworten. In allen betrachteten Studiengängen geben über 40% der Studierenden an, dass sie generell freiwillige Übungsaufgaben manchmal bearbeiten. 24 bis 37% der Studierenden bearbeiten nach eigener Aussage freiwillige Übungsaufgaben meistens. Die Daten legen keinen prinzipiellen Unterschied zwischen den drei Studiengängen bezüglich der Selbsteinschätzung der Studierenden zur Bearbeitung freiwilliger Übungsaufgaben nahe.

Abb. 3 fasst die Ergebnisse zum Nutzungsverhalten der Experimentiersets und zur Bearbeitung der Übungsaufgabe durch die Studierenden zusammen. Hier lässt sich ein deutlich unterschiedliches Verhalten in den drei Lehrveranstaltungen erkennen. In Abb. 3a ist zu sehen, dass die Studierenden der Bachelorstudiengänge Physik und Lehramt Physik prozentual am häufigsten die Experimentiersets mitgenommen und benutzt haben. Ebenso haben sie laut Abb. 3b die experimentelle Übungsaufgabe mit Abstand am häufigsten vollständig bearbeitet.

Bei den Studierenden der Elektrotechnik fallen die Anteile in den drei genannten Kategorien der Mitnahme und Nutzung der Experimentiersets und der vollständigen Bearbeitung der Übungsaufgabe im Vergleich zu den Studierenden der Physik deutlich geringer aus. Sie sind aber angesichts der Tatsache, dass Physik hier nur einer von vielen Bestandteilen eines anspruchsvollen Studiums ist und die Übungsaufgaben freiwillig zu bearbeiten sind, dennoch bemerkenswert hoch.

Hingegen fällt bei den Studierenden des Maschinenbaus auf, dass mit knapp 55% der Studierenden ähnlich viele wie bei den anderen Lehrveranstaltungen das Experimentierset mitgenommen haben. Jedoch sind die Anteile der Studierenden, die das Experimentierset benutzen und die Übungsaufgabe vollständig oder teilweise bearbeiten, deutlich geringer als in den anderen Studiengängen. So bearbeiten unter 10% der Maschinenbau-Studierenden die Übungsaufgabe vollständig. Mit den Nennungen zur teilweisen Bearbeitung ergibt sich ein Gesamtanteil von etwa 20% der Studierenden, welche die Übungsaufgabe zumindest teilweise bearbeitet haben, jedoch liegen die Studierenden der Elektrotechnik hier bei knapp 50% und

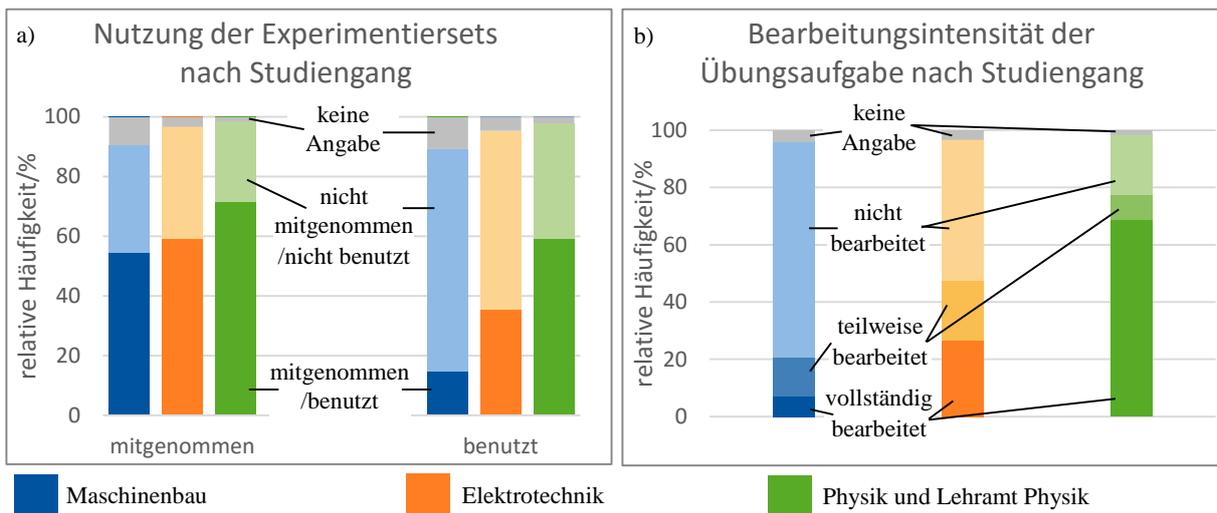


Abb. 3: Ergebnisse der Befragung von Bachelor-Studierenden zu den Fragen zum Nutzungsverhalten bezüglich des Experimentier-sets bzw. zur Bearbeitungsintensität der Übungsaufgabe zum Fadenpendel. Blau sind die Daten für den Studiengang Maschinenbau, orange für die Elektrotechnik und grün für die Physik und das Lehramt Physik dargestellt. **a)** Die linken drei Balken zeigen, dass in allen dargestellten Studiengängen das Experimentierset von über 50% der Studierenden mitgenommen wurde. Anhand der drei rechten Balken ist jedoch zu sehen, dass die Benutzung des Experimentiersets stark vom Studiengang abhängt. **b)** Zu erkennen ist, dass die Bearbeitungsintensität zwischen den Studiengängen sehr unterschiedlich ist. Während unter 10% der Maschinenbau-Studierenden die experimentelle Übungsaufgabe vollständig bearbeitet haben, liegt dieser Anteil unter den Studierenden der Physik und des Lehramts Physik bei fast 70%.

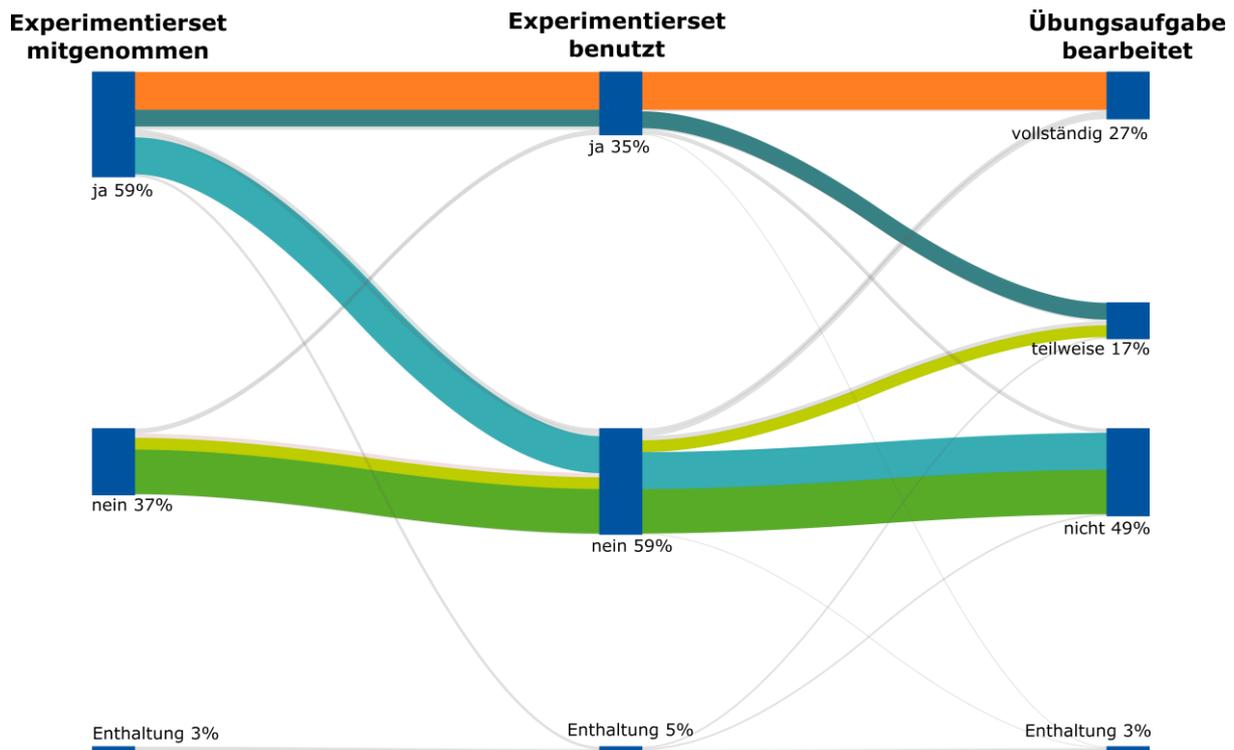


Abb. 4: Sankey-Diagramm für die Fragen nach der Mitnahme und der Benutzung des Experimentierkits sowie nach der Bearbeitungsintensität der Übungsaufgabe zum Fadenpendel. Im Diagramm sind neben Blöcken, die die relative Häufigkeit der Nennungen bei den drei Fragen widerspiegeln, auch die einzelnen Pfade zwischen den Items dargestellt. Die orange Linie gibt beispielsweise an, welcher Anteil der Studierenden das Experimentierkit sowohl mitgenommen als auch benutzt und die Aufgabe vollständig bearbeitet hat.

die Studierenden der Physik bei knapp 80%. Ebenso deutliche Unterschiede ergeben sich bei der Nutzung des Experimentierkits durch die Studierenden des Maschinenbaus verglichen mit den anderen Studiengängen. Im Maschinenbau nutzten nur etwa 13% der befragten Studierenden das Experimentierkit. Bei den Studierenden der Elektrotechnik liegen die entsprechenden relativen Häufigkeiten bei etwa 35% und bei den Studierenden der Physik bei knapp 60%.

Naheliegende Erklärungen für das beobachtete Studierendenverhalten bei der Nutzung der Experimentierkits und der Bearbeitung der Übungsaufgaben finden sich in der in Tabelle 2 dargestellten Übungsorganisation einerseits und dem Gewicht der Physikausbildung in den Studiengängen andererseits. So ist eine ausreichende Bearbeitung der Übungsaufgaben bei den Studierenden der Bachelorstudiengänge Physik und Lehramt Physik verpflichtend, um die Zulassung zur Klausur zu erhalten. Bei den beiden anderen Studiengängen erfolgt die Bearbeitung der Übungsaufgaben freiwillig. Dies wird dazu führen, dass die Studierenden der Physik die Übungsaufgabe mit einer höheren Wahrscheinlichkeit lösen, um keine Punkte für das Erreichen der Klausurzulassung zu versäumen. Die Diskrepanz zwischen dem Verhalten der Studierenden des Maschinenbaus und der Elektrotechnik kann dies jedoch nicht erklären. Hier kann vermutet werden, dass das insgesamt deutlich höhere Gewicht der Physikausbildung im Studien-

gang Elektrotechnik mit einer zweisemestrigen Veranstaltung im Format V3Ü1 zu einem größeren Engagement der Studierenden in diesem Studienbereich beiträgt. Inwiefern die unterschiedlichen Einsatztermine der Übungsaufgabe im Verlauf des ersten Semesters und damit teilweise unmittelbar nach Studienstart in den verschiedenen Lehrveranstaltungen ebenfalls zu Unterschieden in den Bearbeitungsquoten führen, kann hier nur vermutet werden.

Einen noch differenzierteren Einblick in das Verhalten der Studierenden bei der Nutzung der Experimentierkits und der Bearbeitung der Übungsaufgabe können sog. Sankey-Diagramme [8] vermitteln. Beispielhaft ist solch ein Diagramm für den Studiengang Elektrotechnik in Abbildung 4 dargestellt. Anhand des Diagramms ist zu erkennen, dass der Großteil der Studierenden, die die Übungsaufgabe vollständig bearbeitet haben, auch das Experimentierkit mitgenommen und benutzt haben. Ebenso ist zu erkennen, dass etwa die Hälfte der Studierenden der Elektrotechnik, welche die Übungsaufgabe nicht bearbeitet haben, auch das Experimentierkit nicht mitgenommen hatten. Erfreulicherweise ist dem Graphen auch zu entnehmen, dass sich die Gruppe der Studierenden, die die Übungsaufgabe teilweise bearbeitet haben, jeweils zur Hälfte aus Studierenden zusammensetzt, die das Experimentierkit mitgenommen und benutzt haben, und aus Studierenden, die das Set nicht mitgenommen haben und somit auch nicht benutzen konnten. Analoge Sankey-Diagramme liegen auch für die

beiden anderen Veranstaltungen vor und erleichtern Schlussfolgerungen über die Effizienz des Einsatzes der Experimentierkits.

5. Fazit

Abschließend soll die Frage aus der Überschrift „Kleiner Aufwand, großer Nutzen?“ bezüglich des Einsatzes von Experimentierkits zur Unterstützung experimenteller Übungsaufgaben mit Smartphones beantwortet werden.

Die Ergebnisse einer Erhebung in der Physik-Vorlesung für Maschinenbaustudierende im Wintersemester 2017/18 ließen vermuten, dass der Einsatz von Experimentierkits zur Unterstützung experimenteller Übungsaufgaben dazu führen wird, dass mehr Studierende experimentelle Übungsaufgaben bearbeiten. Hintergrund war die Aussage der Maschinenbaustudierenden, dass ihnen häufig Material zur Bearbeitung der experimentellen Aufgabe gefehlt hatte. Speziell in der Lehrveranstaltung für Studierende des Maschinenbaus zeigte sich jedoch trotz des Einsatzes der Experimentierkits keine deutliche Erhöhung der Zahl der Studierenden, die die experimentelle Aufgabe bearbeitet haben. Der Aufwand der Erstellung und Verteilung von Hunderten von Experimentierkits erscheint damit hier durch den beobachteten Nutzen nicht gerechtfertigt.

Im Gegensatz dazu legen die erhobenen Daten im Studiengang Elektrotechnik einen Nutzen der Experimentierkits nahe. So haben hier 35% der Studierenden die experimentelle Übungsaufgabe mit Hilfe der 300 verteilten Experimentierkits zumindest teilweise bearbeitet. Noch positiver fällt die Bilanz in den Bachelorstudiengängen Physik und Lehramt Physik aus. In dieser Vorlesung wurden 150 Experimentierkits verteilt und knapp unter 60% der Studierenden haben das Experimentierkit zur Bearbeitung der (verpflichtenden) Übungsaufgabe verwendet. Somit muss der Einsatz der Experimentierkits jeweils im Einzelfall angesichts der Rahmenbedingungen der Lehrveranstaltung abgewogen werden. Die Studie lässt keine Schlussfolgerungen zu, inwiefern auch der genaue Aufgabentext der gestellten Übungsaufgabe oder personelle Einflüsse des Dozenten die Akzeptanz von experimentellen Übungsaufgaben und damit den Nutzen des Einsatzes von Experimentierkits beeinflussen.

In jedem Fall liegt ein Vorteil der entwickelten Experimentierkits darin, dass die Kits nicht nur in Vorlesungen an Universitäten und Fachhochschulen eingesetzt werden können, sondern sich auch für den Einsatz an Schulen anbieten. Da die Experimentierkits günstig zusammengestellt werden können, eröffnen bzw. erleichtern sie auch die Möglichkeit neuartiger Schülerexperimente. Schüler können mit Hilfe ihres Smartphones und der Experimentierkits Versuche als Schülerexperiment durchführen, die bisher aufgrund von fehlenden Materialien maximal als Demonstrati-

onsexperiment genutzt werden konnten. Die Experimentierkits ermöglichen ebenfalls die Gestaltung anspruchsvoller experimenteller Hausaufgaben.

6. Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns bei den Dozenten der drei Vorlesungen, in denen die Untersuchung durchgeführt wurde, für die Unterstützung bedanken: bei Herrn Prof. Dr. Stefan Schael und seinen Mitarbeitern Herrn Dr. Thorsten Siedenburg und Herrn Dr. Thomas Kirn; bei Herrn Prof. Dr. Gero von Plessen sowie bei Herrn Prof. Dr. Achim Stahl und dessen Mitarbeiter Herrn apl. Prof. Dr. Stefan Roth.

7. Literatur

- [1] Hütz, S., Kuhlen, S., Stampfer, C., Heinke, H. (2017): Entwicklung und Evaluation modularer Vorlesungseinheiten mit Smartphone-Einsatz. In: PhyDidB, Didaktik der Physik, Beiträge zur Frühjahrstagung 1 (2017), Url: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/795/940>
- [2] Hütz, S., Staacks, S., Stampfer, C., Heinke, H. (2018): Gelingensbedingungen von Innovationen in der Hochschullehre am Beispiel des Einsatzes der App phyphox. In PhyDidB, Didaktik der Physik, Beiträge zur Frühjahrstagung (2018), Url: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/860/999>
- [3] Willich, J., Buck, D., Heine, C. und Sommer, D. (2011). Studienanfänger im Wintersemester 2009/10. HIS Hochschul-Informationssystem GmbH. Verfügbar unter: http://www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201106.pdf [16.03.2018]
- [4] Klein, P. (2016). Konzeption und Untersuchung videobasierter Aufgaben im Rahmen vorlesungsbegleitender Übungen zur Experimentalphysik (Mechanik). Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern.
- [5] Feierabend, S., Rathgeb, T., Reutter, T. (2018): *JIM-Studie 2018. Jugend, Information, Medien. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger*. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs). Verfügbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2018/Studie/JIM_2018_Gesamt.pdf [21.05.2019]
- [6] Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H. & Stampfer, C. (2018): Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. In: *Physics Education*, 53 (2018)
- [7] Fischer, M. & Spannagel, C., (2012): Lernen mit Vorlesungsvideos in der umgedrehten Mathematikvorlesung. In: Desel, J., Haake, J. M. & Spannagel, C. (Hrsg.), *DeLFI 2012: Die 10. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V.*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. (S. 225-236).
- [8] Schmidt, M., (2006): Der Einsatz von Sankey-Diagrammen im Stoffstrommanagement. In:

Häfner, A., Jost, N., Rau, K.-H., R. Scherr,
Wehner, C. & Maurer, R. (Hrsg.), Beiträge der
Hochschule Pforzheim. Pforzheim