

## Messwerterfassung mit dem Arduino in der Lehramtsausbildung

Christopher Kurth\*, Rita Wodzinski\*

\*Universität Kassel, Didaktik der Physik, Heinrich-Plett-Straße 40, 34109 Kassel  
kurth@physik.uni-kassel.de, wodzinski@physik.uni-kassel.de

### Kurzfassung

Die digitale Erfassung von Messwerten im Physikunterricht wird in der Regel mit Messwerterfassungssystemen der Lehrmittelfirmen durchgeführt. In den letzten Jahren wurden zunehmend auch kostengünstige Messexperimente für den Physikunterricht unter Verwendung eines Arduinos entwickelt. Erfahrungen zeigen, dass eine Reihe von Studierenden generelle Vorbehalte gegenüber dem Einsatz von Messwerterfassungssystemen in Schülerexperimenten hat. Inwieweit diese Vorbehalte mit dem Einsatz von Arduinos verändert werden können, wird im Rahmen einer kleinen Evaluationsstudie geprüft.

Dazu wurde die Auseinandersetzung mit Einsatzmöglichkeiten des Arduinos im Physikunterricht in das didaktische Experimentierpraktikum für Physik-Lehramtsstudierende an der Universität Kassel integriert. Die Studierenden führen darin Experimente zur Mechanik angeleitet durch und analysieren diese unter didaktischen Gesichtspunkten. Zur Auswertung der Wirkungen dieses Studienelements bearbeiten die Studierenden vor und nach der Bearbeitung einen Fragebogen.

### 1. Ausgangslage

Der Einsatz von digitalen Messwerterfassungssystemen im Physikunterricht bietet bei sinnvoller Einbettung einige Vorteile gegenüber der manuellen Messwerterfassung. Vorgänge, die für die menschliche Wahrnehmung zu schnell ablaufen oder deren Erfassung mit den menschlichen Sinnen generell nicht oder nur sehr ungenau möglich sind, können im Unterricht untersucht werden. Zudem können mehrere Messungen einer Messreihe in kurzer Zeit ausgewertet und grafisch aufbereitet werden.

#### 1.1. Einsatz von digitalen Messwerterfassungssystemen im Unterricht

Trotz der genannten Vorteile bestehen auf Seiten der Lehrkräfte Vorbehalte gegenüber dem Einsatz von digitalen Messwerterfassungssystemen. Etwa ein Drittel der Gymnasiallehrkräfte geben an, ein geringes oder sehr geringes Interesse am Einsatz von PC-Messwerterfassungssystemen zu haben (Wilhelm & Trefzger, 2010). Dementsprechend geben etwa zwei Drittel der Lehrkräfte an, Messwerterfassungssysteme höchstens vereinzelt im Unterricht einzusetzen (Wilhelm & Trefzger, 2010). Dass dieses Ergebnis nicht an dem relativ lang zurückliegenden Untersuchungszeitpunkt liegt, wird durch eine Lehrkräftebefragung fünf Jahre später belegt (Wenzel & Wilhelm, 2015). Als Ursachen für den zurückhaltenden Einsatz kommen unter anderem eine schlechte Hard- und Softwareausstattung an den Schulen, mangelnde Ideen für einen sinnvollen Computereinsatz und eine subjektiv wahrgenommene geringe Kompetenz in Betracht (Pietzner, 2008).

#### 1.2. Einstellungen von Studierenden zum Einsatz von Messwerterfassungssystemen

Im Rahmen des didaktischen Experimentierpraktikums an der Universität Kassel arbeiten Lehramtsstudierende mehrfach mit Messwerterfassungssystemen wie zum Beispiel CASSY (Leybold) oder Cobra (Phywe). Dabei äußern Studierende häufig grundlegende Vorbehalte gegenüber dem Einsatz von Messwerterfassungssystemen. Unter anderem seien die Systeme zu kompliziert, böten keinen Vorteil gegenüber einer Messung mit der Hand, seien zu zeintensiv oder für Schülerinnen und Schüler wenig anschaulich. Außerdem seien diese an Schulen häufig nicht vorhanden und in der Anschaffung zu teuer.

#### 1.3. „Low-Cost“-Erfassungssysteme

Um dem Kritikpunkt, Messwerterfassungssysteme seien zu teuer und deswegen häufig nicht an Schulen vorhanden, zu begegnen, wurden in den letzten Jahren einige Vorschläge für „Low-Cost“-Erfassungssysteme gemacht.

Ein Ansatz ist die Verwendung von Smartphones, in denen zahlreiche Sensoren wie zum Beispiel ein Beschleunigungs-, Gyroskop- oder Lichtsensor verbaut sind. Mit geeigneten Apps lassen sich die Messwerte dieser Sensoren auslesen und ggf. auch auswerten (z. B. Götze et al., 2017). Durch die weite Verbreitung von Smartphones liegt ein Vorteil dieses Ansatzes in der kostenlosen Verfügbarkeit der Geräte. Begrenzt wird der Einsatz durch die im Smartphone verbauten Sensoren, so dass zum Beispiel direkte Messungen von Geschwindigkeiten oder elektrischen Spannungen nicht möglich sind.

Die Verwendung eines Einplatinencomputers, wie zum Beispiel dem Raspberry Pi, stellt einen weiteren Ansatz zur Entwicklung von „Low-Cost“-

Erfassungssystemen dar. Wird der Raspberry Pi, der inklusive zwingend benötigter SD-Karte und Netzteil für etwa 50 € zu erwerben ist, um externe Sensoren ergänzt, ist er auf Grund der zahlreichen zur Verfügung stehenden Sensoren sehr vielfältig als Messwerterfassungssystem einsetzbar. Der Nachteil dieses Ansatzes liegt in der im Vergleich zum Smartphone relativ komplexen Einrichtung, die Fösel (2017) ausführlich darstellt.

Um die Auswahl aller externen Sensoren zu erhalten und gleichzeitig die Komplexität bei der Einrichtung zu verringern wird im didaktischen Experimentierpraktikum das Arduino Board als Grundlage eines Messwerterfassungssystems eingesetzt. Ein Board<sup>1</sup> kostet etwa 10 €, so dass auch vollständige Klassensätze angeschafft werden können. Die Inbetriebnahme der Sensoren ist dank umfassender Online-Tutorials und direkt funktionsfähiger Beispieldateien weniger komplex als beim Raspberry Pi. Die von den Sensoren erfassten Daten werden dabei über den seriellen Monitor an den mit dem Arduino verbundenen Rechner ausgegeben, so dass die Auswertung und Aufbereitung der Daten ohne Umwege mit einem Tabellenkalkulationsprogramm vorgenommen werden kann.

## 2. Forschungsfragen und -methodik

Im Rahmen einer kleinen Evaluationsstudie werden die beim Anleiten der Studierenden beobachteten Einstellungen gegenüber dem Einsatz von Messwerterfassungssystemen und die Änderungen durch die Durchführung der Arduinoexperimente mit Hilfe eines Fragebogens erfasst. Konkret werden dabei folgende Fragestellungen untersucht:

**FF1)** Welche Einstellungen haben Studierende zum Einsatz von Messwerterfassungssystemen im Physikunterricht?

**FF2)** Wie verändern sich die Einstellungen durch den Einsatz von Arduinoexperimenten im didaktischen Experimentierpraktikum?

Um mögliche Veränderungen durch die Durchführung des Arduinoexperiments abbilden zu können, nehmen die Studierenden vor dem erstmaligen Kontakt mit der Versuchsanleitung und nach Abgabe der Ausarbeitung zum Versuch Stellung zu plakativ formulierten Aussagen wie zum Beispiel:

- „Im Physikunterricht lernen die Schülerinnen und Schüler mehr, wenn sie Messungen ‚per Hand‘ (also ohne den Einsatz eines Computers) vornehmen.“
- „Für Demonstrationsexperimente bietet sich der Einsatz von Computer-Messwerterfassungssystemen an.“

- „Für Schülerexperimente bietet sich der Einsatz von Computer-Messwerterfassungssystemen an.“

Durch das offene Antwortformat können die Einstellungen der Studierenden differenzierter als durch geschlossene Formate erfasst werden. Die Auswertung wird mittels qualitativer Inhaltsanalyse vorgenommen.

Zusätzlich werden im ersten Fragebogen Vorkenntnisse zum Arduino, zum Programmieren und zu Messwerterfassungssystemen erhoben, während die Studierenden im zweiten Fragebogen zentrale Erkenntnisse beschreiben, die sie bei der Bearbeitung des Versuchs gemacht haben. Auf Grundlage dieser Daten werden die Versuchsanleitungen hinsichtlich ihrer Passungen zu den Vorkenntnissen und dem intendierten Erkenntnisgewinn angepasst.

## 3. Messwerterfassung mit dem Arduino im didaktischen Experimentierpraktikum

Die Bearbeitung der Arduinoexperimente ist in die didaktischen Experimentierpraktika eingebettet, welche die Studierenden in der Regel in den ersten vier Semestern absolvieren. Jedem der vier Praktika liegt einer der thematischen Schwerpunkte Mechanik, E-Lehre, Wärme & Energie oder Optik zu Grunde. Zu jedem Themengebiet führen die Studierenden drei Versuche durch, von denen eines das Arduinoexperiment ist.

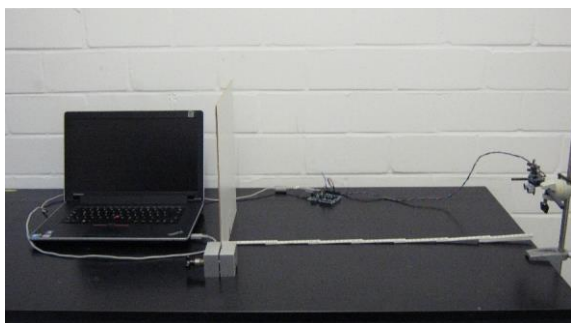
Um den unterschiedlichen Vorkenntnissen gerecht zu werden, können die Studierenden zwischen zwei verschiedenen Versionen des Arduinoexperiments wählen. In der ersten Version, die sich an Studierende mit Vorwissen zum Programmieren richtet, besteht der Auftrag darin, auf Grundlage einer Vorlage einen eigenen Sketch zur Programmierung des Arduino zu erstellen. In der zweiten Version liegt der Fokus hingegen auf der Verwendung eines fertigen Sketches zur Erfassung der Messwerte. Dabei ist der Auftrag so gestellt, dass er auch ohne Programmierkenntnisse bearbeitbar ist. Das Vorgehen wird beispielhaft an einem Experiment zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit aufgezeigt:

### Version 1 (für Studierende mit Vorkenntnissen)

In dieser Version bereiten die Studierenden als Vorbereitung auf das Experiment einen Sketch vor, mit dem ein Ultraschallsensor (HC-SR04) so angesteuert wird, dass er einen kurzen Impuls aussendet und die Reflexion empfängt. Aus der Zeitdifferenz und dem Abstand zur Reflexionsfläche soll der Arduino außerdem die Schallgeschwindigkeit bestimmen und über den seriellen Monitor ausgeben. Der Aufbau ist in Abbildung 1 dargestellt.

<sup>1</sup> Der Preis bezieht sich auf ein zur Arduino Programmierumgebung vollständig kompatibles Uno Board.

Nachdem die Studierenden den Sketch auf seine Funktion hin überprüft haben, erweitern sie ihn so, dass mehrere Werte für die Schallgeschwindigkeit bestimmt werden und der Mittelwert inklusive Abweichungen ausgegeben wird.



**Abb.1:** Aufbau zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit mit einem Ultraschallsensor

Während diese beiden Teile des Experiments darauf abzielen, Kenntnisse zur Ansteuerung von Sensoren mit dem Arduino aufzubauen bzw. zu festigen, werden die Studierenden in der didaktischen Auseinandersetzung dazu angeregt, den Einsatz des Arduinos im Physikunterricht, insbesondere das benötigte Vorwissen auf Seiten der Schülerinnen und Schüler zu reflektieren und weitere Einsatzsituationen des Arduinos im Physikunterricht zu beschreiben. Durch diese Auseinandersetzung sollen die Studierenden für mögliche Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler sensibilisiert werden und gleichzeitig ihre Vorkenntnisse nutzen, um Ideen für weitere Experimente zu generieren.

#### Version 2 (für Studierende ohne Vorkenntnisse)

Durch die Bearbeitung dieser Version sollen Studierende ohne Vorkenntnisse erste Erfahrungen mit der Verwendung des Arduino zur Messwerterfassung machen können. Im Gegensatz zur ersten Version wird hier kein eigener Sketch erstellt, sondern ein fertiger Sketch durch die Studierenden auf das Arduino-Board geladen, mit dem die Schwingung eines Federpendels und die Bewegung eines Messwagens auf einer schiefen Ebene analysiert werden können (siehe Abbildungen 2 und 3). Durch dieses Vorgehen soll zum einen die Einstiegshürde verringert, zum anderen genügend Zeit für die Messung verschiedener Vorgänge zur Verfügung gestellt werden.

Aus fachlicher Sicht untersuchen die Studierenden die Auswirkungen der Luftreibung auf die Schwingung eines Federpendels (Abbildung 2) und die Energieumwandlungen bei der Bewegung eines Messwagens auf der schiefen Ebene (Abbildung 3).

Die didaktischen Fragestellungen zielen darauf ab, die Studierenden zur Auseinandersetzung mit Schwierigkeiten und dem Potenzial des Arduinos im Physikunterricht anzuregen. Insbesondere wird die Frage beantwortet, inwiefern das Experiment dazu geeignet ist, typischen Schülerschwierigkeiten der Kinematik (siehe z. B. Behrendt, 2004) zu begegnen.



**Abb.2:** Aufbau zur Analyse eines Federpendels mit einem Ultraschallsensor



**Abb.3:** Aufbau zur Analyse der Bewegung eines Messwagens auf einer schiefen Ebene mit einem Ultraschallsensor

#### 4. Ergebnisse des ersten Durchgangs

Im ersten Durchgang haben 8 Studierende eines der Arduinoexperimente durchgeführt. Von diesen wählten sechs die Version 1 (mit Vorkenntnissen) und zwei die Version 2 (ohne Vorkenntnisse). Auf Grund der bisher sehr kleinen Stichprobe wurden aktuell noch keine Kategorien gebildet. Insbesondere wurden die Änderungen in den Aussagen durch die Bearbeitung des Experiments bisher nicht ausgewertet. Erste Tendenzen lassen sich jedoch ableiten, wenn lediglich die Zustimmungen bzw. Ablehnungen der Aussagen ohne eine inhaltliche Auswertung der Begründungen ausgewertet werden.

Insgesamt bestätigt sich die eingangs beschriebene Wahrnehmung, dass unter den Studierenden Vorbehalte gegenüber dem Einsatz von Messwerterfassungssystemen im Physikunterricht bestehen.

Deutlich wird dies zum Beispiel daran, dass zwei Studierende der Aussage „Schülerinnen und Schüler lernen mehr, wenn sie Messungen ‚per Hand‘

vornehmen“ uneingeschränkt zustimmen. Vier Studierende lehnen diese Aussage teilweise ab.

Die Studierenden differenzieren jedoch zwischen dem Einsatz in Demonstrations- und Schülerexperimenten. Während alle Studierenden der Aussage „Für Demonstrationsexperimente bietet sich der Einsatz von Messwerterfassungssystemen an“ zustimmen, stimmen sechs Studierende der analogen Aussage bezogen auf Schülerexperimente nur eingeschränkt zu. Als Einschränkungen werden die Komplexität des Erfassungssystems, das Zeitmanagement im Unterricht, nicht funktionierende Technik und unzureichende Kenntnisse der Lernenden genannt.

Auf Grundlage dieser Aussagen erscheint es widersprüchlich, dass sechs Studierende angeben, es sei wichtig, dass Schülerinnen und Schüler den Umgang mit Computermesswerterfassungssystemen erlernen, da der Aufbau dieser Kenntnisse nur schwer ohne die selbsttätige Auseinandersetzung möglich ist. Dieser Konflikt wird auch durch die Begründungen der Studierenden nicht aufgelöst.

Bezogen auf die Frage, inwiefern der Arduino für den Einsatz als Messwerterfassungssystem geeignet ist, unterscheiden die Studierenden zwischen Einsätzen mit und ohne die eigenständige Erstellung von Sketchen. Werden die Sketche vorgegeben oder verfügen die Schülerinnen und Schüler über ausreichende Programmierkenntnisse, können sich fünf Studierende den Einsatz im eigenen Physikunterricht vorstellen. Das Erstellen von eigenen Sketchen verorten fünf Studierende eher im Informatik- als im Physikunterricht.

## 5. Ausblick

Bisher wurden die Arduinoexperimente von acht Studierenden des ersten Semesters zum Themengebiet Mechanik durchgeführt. In den folgenden drei Semestern (Sommersemester 18 bis einschließlich Sommersemester 19) werden weitere Experimente für die Themengebiete E-Lehre, Wärme & Energie und Optik entwickelt, von den Studierenden durchgeführt und mit dem zuvor beschriebenen Fragebogen evaluiert. Am Ende werden die Fragebögen von etwa 40 unterschiedlichen Studierenden qualitativ im Hinblick auf die genannten Forschungsfragen ausgewertet.

## 6. Literatur

Behrendt, H. (2004): Kinematik – Langweilige Pflichtübung oder Chance für interessanten Physikunterricht?. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, (2004) 83, S. 4–9.

Fösel, A. (2017): Low Cost - High Fun. Messwerterfassung mit dem Raspberry Pi. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.

Götze, B., Heinke, H., Riese, J., Stampfer, C. & Kuhlén, S. (2017): Smartphone-Experimente zu harmonischen Pendelschwingungen mit der App phyphox. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.

Pietzner, V. (2009): Computernutzung bei Naturwissenschaftslehrkräften. In: Höttecke, D. (Hrsg.): *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Jahrestagung der GDCP in Schwäbisch Gmünd 2008, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 29, Lit-Verlag, Münster, S. 185 – 187.*

Wenzel, M. & Wilhelm, T. (2015): Erhebung zum Einsatz Neuer Medien bei Physik-Gymnasiallehrern. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.

Wilhelm, T. & Trefzger, T. (2010): Erhebung zum Computereinsatz bei Physik-Gymnasiallehrern. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.