

## Veränderung der Einstellungen von Lehramtsstudierenden zum Einsatz digitaler Messwerterfassung

- durch die Auseinandersetzung mit dem Arduino im didaktischen Experimentierpraktikum -

**Christopher Kurth, Rita Wodzinski**

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

### Kurzfassung

Erfahrungen zeigen, dass eine Reihe von Lehramtsstudierenden generelle Vorbehalte gegenüber dem Einsatz von digitalen Messwerterfassungssystemen, insbesondere in Schülerexperimenten hat. Als Gründe werden die häufig geringe Zahl an Geräten, der Blackbox-Charakter und das Vernachlässigen händischer Arbeitsweisen genannt. Im Beitrag werden das mittels Fragebögen erhobene Vorwissen der Studierenden zu digitalen Messwerterfassungssystemen und zur Programmierung sowie Sichtweisen der Studierenden zum Einsatz von digitalen Messwerterfassungssystemen vorgestellt.

Um den Vorbehalten zu begegnen, wurden im didaktischen Experimentierpraktikum im Wintersemester 17/18 Möglichkeiten zur Auseinandersetzung mit Einsatzmöglichkeiten des Arduinos zur Messwerterfassung im Physikunterricht geschaffen. Die Studierenden führen darin Experimente zu den Themengebieten Mechanik, E-Lehre, Wärme & Energie und Optik durch, die mittels Online-Tutorials und Videoanleitungen angeleitet werden, und analysieren diese unter didaktischen Gesichtspunkten. Exemplarisch werden einige Experimente im Beitrag vorgestellt.

### 1. Motivation

Mehr als die Hälfte der Unterrichtszeit im Physikunterricht wird für die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Experimenten verwendet (vgl. Tesch und Duit, 2004; Börlin und Labudde, 2014). Dabei können zahlreiche Ziele verfolgt werden. Welzel et al. (1998) arbeiten mit Hilfe der Delphi-Methode fünf Ziele heraus, die Lehrende der Sekundarstufe II bzw. des ersten Jahrs der universitären Ausbildung mit dem Einsatz von Experimenten verfolgen. Diese sind die Verbindung von Theorie und Praxis, der Erwerb von experimentellen Fähigkeiten, Methoden des wissenschaftlichen Denkens kennenlernen, Motivation zur Weiterentwicklung der Persönlichkeit und der sozialen Kompetenz und Überprüfung des Wissens durch die Lehrenden. In einem Teil der Studie beurteilen die Lehrenden, inwiefern die Ziele unter anderem durch folgende Experimentiersettings erreicht werden können: Schülerexperimente, Experimente mit modernen Technologien (Computer, Multimedia) und Demonstrationsexperimente. Im Mittel werden Experimente mit modernen Technologien zwar bezüglich aller Ziele als nützlich eingestuft, jedoch wird ein deutlich geringerer Nutzen als bei Schülerexperimenten gesehen. Im Vergleich mit den Demonstrationsexperimenten wird den Experimenten mit modernen Technologien ein geringerer Nutzen bei der Verbindung von Theorie und Praxis zugewiesen. Überraschend ist, dass Experimente mit modernen Technologien als weniger nützlich zur Vermittlung „wissenschaftlichen Denkens“ angesehen werden, wozu konkret die Handlungen „kennenzulernen, wie Wissenschaftler arbeiten“ und „zu

lernen, mit apparativen Schwierigkeiten umzugehen“ (Welzel et al., 1998, S. 34) gehören.

In Anbetracht der digitalen Entwicklungen der letzten zwei Jahrzehnte sind die Ergebnisse wahrscheinlich nicht mehr unverändert auf die heutige Zeit zu übertragen. Digitale Endgeräte sind durch die weite Verbreitung von Smartphones auch im Unterricht in großer Zahl verfügbar und es bestehen deutlich mehr Möglichkeiten bei gleichzeitig reduzierter Bedienungskomplexität als vor 20 Jahren.

Dennoch zeigen Erfahrungen im didaktischen Experimentierpraktikum, dass auch heute noch eine Reihe von Physiklehramtsstudierenden generelle Vorbehalte gegenüber dem Einsatz von digitaler Messwerterfassung- und Auswertung, insbesondere in Schülerexperimenten hat und Chancen für den Physikunterricht nicht gesehen werden.

Diese Vorbehalte führen wahrscheinlich zu selteneren oder häufig lehrerzentrierten Einsätzen von digitalen Messwerterfassungssystemen, was zusätzlich zu verpassten Chancen beim Erreichen der zuvor genannten Ziele im Hinblick auf die Vermittlung von digitalen Kompetenzen problematisch erscheint. Laut Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ der KMK sollen digitale Kompetenzen integrativ im regulären Unterricht gefördert werden. Gerade die digitale Messwerterfassung und -auswertung bietet hier Lerngelegenheiten. Neben den Messwerterfassungssystemen der Lehrmittelhersteller sind in den letzten Jahren auch Ansätze entwickelt worden, Messwerte digital mit Mikrocontrollern (z.B. dem Arduino), Einplatinencomputern (z.B. dem Raspberry Pi) oder Smartphones zu erfassen. Auf Grund der geringeren Anschaffungskosten können Klassensätze angeschafft und in Schülerexperimentierphasen

verwendet werden. Ein Vergleich der drei Ansätze wird in Kurth et al. (2019) vorgenommen.

Um ein aktuelles Bild der Sichtweisen von Studierenden auf den Einsatz von Computer-Messwerterfassungssystemen zu erhalten, wurden diese mittels Fragebogen befragt.

Zum Abbau von Vorbehalten auf Seiten der Studierenden gegenüber dem Einsatz digitaler Messwerterfassung wurden auf Grundlage der Fragebogenaussagen ab dem WS 17/18 zusätzlich zu Experimenten mit den Messwerterfassungssystemen der Lehrmittelhersteller Experimente zur Messwertaufnahme mit dem Arduino in das didaktische Experimentierpraktikum integriert.

## 2. Forschungsfragen und Untersuchungsdesign

Ziele der Untersuchung sind das Erheben der Vorkenntnisse und der Sichtweisen zum Einsatz digitaler Messwerterfassung im Physikunterricht. Konkret werden dabei folgende Fragen untersucht:

1. Welche Vorerfahrungen bringen die Studierenden zu digitalen Messwerterfassungssystemen der Lehrmittelhersteller mit?
2. Welche Vorerfahrungen haben die Studierenden zum Programmieren (allgemein) und im Speziellen zum Umgang mit dem Arduino?
3. Inwiefern halten die Studierenden den Einsatz digitaler Messwerterfassung in Demonstrations- bzw. Schülerexperimenten für sinnvoll?
4. Inwiefern können sich die Studierenden digitale Messwertaufnahme mit dem Arduino vorstellen?
5. Inwiefern ergeben sich Änderungen durch die Auseinandersetzung mit den Arduinoexperimenten?

Als Erhebungsinstrument werden zwei Fragebögen verwendet, die von den Studierenden vor der Vorbereitung und nach Abschluss des Experiments beantwortet werden. Diese bestehen aus überwiegend offenen Fragen zum Vorwissen und folgenden Aussagen, zu denen die Studierenden Stellung nehmen:

- „Im Physikunterricht lernen die Schülerinnen und Schüler mehr, wenn sie Messungen „per Hand“ (also ohne den Einsatz eines Computers) vornehmen.“
- „Für Demonstrationsexperimente, die vom Lehrer durchgeführt werden, bietet sich der Einsatz von Computer-Messwerterfassung an.“
- „Für Schülerexperimente bietet sich der Einsatz von Computer-Messwerterfassung an.“
- „Es ist wichtig, dass Schülerinnen und Schüler den Umgang mit der Computer-Messwerterfassung lernen.“
- „Das Programmieren von eigenen Arduino-Sketchen (Programmen) gehört nicht in den Physik- sondern in den Informatikunterricht.“
- „Ich kann mir den Einsatz des Arduino-Boards im Physikunterricht gut vorstellen.“

Anstelle der Fragen zum Vorwissen enthält der zweite Fragebogen die Frage, was die wichtigsten Erkenntnisse waren, die die Studierenden bei der Bearbeitung gemacht haben.

Insgesamt liegen 28 Prä- und 10 Postfragebögen von Studierenden vor, die die Experimente unter Verwendung des selbst erstellten Tutorials bearbeitet haben (Wintersemester 2018/2019 – Wintersemester 2019/2020). Außerdem werden 17 Prä-Fragebögen der vorherigen Semester, in denen noch kein Tutorial verwendet wurde, ebenfalls in der Auswertung berücksichtigt. Die Post-Fragebögen dieser Studierenden werden auf Grund der geänderten Rahmenbedingungen nicht berücksichtigt.

## 3. Ergebnisse

Zur Beantwortung der ersten drei Forschungsfragen werden alle 45 Prä-Fragebögen herangezogen.

1. Welche Vorerfahrungen bringen die Studierenden zu digitalen Messwerterfassungssystemen der Lehrmittelhersteller mit?

Insgesamt schätzen die Studierenden ihre Kenntnisse im Umgang mit Computer-Messwerterfassungssystemen als sehr gering bis eher gering ein. 16 Studierende geben sehr geringe Kenntnisse, 19 Studierende eher geringe Kenntnisse und 10 Studierende eher gute Kenntnisse an. Keiner der Studierenden schätzt seine Kenntnisse als sehr gut ein. Die Einschätzungen stimmen größtenteils mit den durch die Studierenden beschriebenen Erfahrungen mit Computer-Messwerterfassungssystemen überein. 15 Studierende geben an, noch nie mit einem Computer-Messwerterfassungssystem gearbeitet zu haben. Lediglich drei Studierende geben an, dass sie in der Schule bereits mit Computer-Messwerterfassungssystemen gearbeitet haben. Alle anderen beschriebenen Erfahrungen stammen aus Versuchen, die im Rahmen des didaktischen Experimentierpraktikums durchgeführt wurden.

2. Welche Vorerfahrungen haben die Studierenden zum Programmieren (allgemein) und im Speziellen zum Umgang mit dem Arduino?

Die Studierenden schätzen ihre Kenntnisse im Programmieren im Schnitt als eher gering ein. 13 Studierende geben sehr geringe, 18 eher geringe und 14 eher gute Kenntnisse an. Auch diese Verteilung deckt sich mit den Beschreibungen der Studierenden, in welchen Rahmen sie Kontakt zum Programmieren hatten. 12 Studierende geben an, bisher noch nie programmiert zu haben. Von den restlichen Studierenden geben lediglich zwei an, sich in der Freizeit mit Programmierung auseinandergesetzt zu haben. 15 Studierende geben die Schule und 17 Studierende die Uni als Rahmen an, in dem sie programmiert haben. Die Inhalte reichen dabei von der Programmierung von Mindstorm über kleine Programme aus dem Informatikunterricht (wie z.B. Erstellung eines Taschenrechners) bis hin zur Verwendung der Finite-Elemente-Methode. Die sehr heterogenen Voraussetzungen

zeigen deutlich die Notwendigkeit der in Abschnitt 5 beschriebenen Differenzierungen auf.

Das Vorwissen zum Arduino ist deutlich geringer ausgeprägt. Lediglich vier Studierende berichten, dass sie außerhalb der Universität Kontakt mit dem Arduino hatten. Alle diese Erfahrungen stammen aus dem Informatikunterricht oder Projektwochen.

### 3. Inwiefern halten die Studierenden den Einsatz digitaler Messwerterfassung in Demonstrations- bzw. Schülerexperimenten für sinnvoll?

Zur Beantwortung dieser Frage werden die Stellungnahmen der Studierenden aus dem Prä-Fragebogen zu folgenden Aussagen betrachtet:

- „Im Physikunterricht lernen die Schülerinnen und Schüler mehr, wenn sie Messungen „per Hand“ (also ohne den Einsatz eines Computers) vornehmen.“
- „Für Demonstrationsexperimente, die vom Lehrer durchgeführt werden, bietet sich der Einsatz von Computer-Messwerterfassung an.“
- „Für Schülerexperimente bietet sich der Einsatz von Computer-Messwerterfassung an.“
- „Es ist wichtig, dass Schülerinnen und Schüler den Umgang mit der Computer-Messwerterfassung lernen.“

Etwa die Hälfte der Studierenden sieht den Einsatz von Computer-Messwerterfassungssystemen dann als positiv an, wenn das System einen Mehrwert für die Erarbeitung des physikalischen Inhalts bietet. Das Messwerterfassungssystem wird in diesen Fällen also eher als Mittel zum Zweck angesehen. Als Argumente werden dabei Zeitersparnis, Reduzierung der Komplexität der Messergebnisse, Zugang zu per Hand nicht erfassbaren Werten, genauere Messwerte und übersichtliche Darstellungen genannt.

Zwölf Studierende sind der Ansicht, dass Schülerinnen und Schüler in jedem Fall mehr lernen, wenn sie Messungen „per Hand“ vornehmen. Insbesondere kritisieren sie dabei, dass das Messsystem für die Schülerinnen und Schüler eine „Black-Box“ darstelle.

Zehn Studierende führen in ihren Erläuterungen zumindest in Ansätzen an, dass bei der Arbeit mit dem Computer zusätzlich (digitale) Kompetenzen oder zusätzliche Fähigkeiten erworben werden könnten.

In Bezug auf den Einsatz in Demonstrationsexperimenten lassen sich drei Begründungsarten erkennen: Etwa die Hälfte der Studierenden bewerten den Einsatz in Demonstrationsexperimenten positiv, da die Messungen schnell gehen würden, die Ergebnisse für alle sichtbar seien, viele Daten erfasst werden könnten oder hohe Genauigkeiten erreicht würden. Etwa ein Viertel sieht den Einsatz nur dann als positiv an, wenn eine händische Messung nicht möglich ist. Ebenso viele Studierende stehen dem Einsatz in Demonstrationsexperimenten grundsätzlich kritisch gegenüber, da das Messverfahren für die Schülerinnen und Schüler nicht nachvollziehbar sei, Computer

ablenken könnten, eine größere Distanz zum Experiment entstehen würde und nicht viel gezeigt werden könnte.

Zum Einsatz von Computer-Messwerterfassungssystemen in Schülerexperimenten lassen sich drei Begründungsarten erkennen. Sechs Studierende können sich den Einsatz auf Grund von nicht ausreichenden Rahmenbedingungen, wie z.B. zu wenigen PCs oder Sensoren nicht vorstellen. Lediglich vier Studierende sehen den Einsatz grundsätzlich kritisch, da die Schülerinnen und Schüler überfordert seien und der physikalische Inhalt in den Hintergrund rücke. Etwa drei Viertel der Studierenden halten den Einsatz unter bestimmten Bedingungen für geeignet. Genannt werden dabei: Die Schülerinnen und Schüler besitzen bereits Vorwissen zum Umgang mit dem Messsystem, es handelt sich um Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II, es handelt sich um Schülerinnen und Schüler kleiner Jahrgangsstufen, es bleibt genug Zeit für die Themen aus dem Lehrplan, das wissenschaftliche Arbeiten steht im Vordergrund oder die Geräte & Programme sind einfach zu bedienen.

Acht Studierende sind der Ansicht es sei nicht wichtig, dass Schülerinnen und Schüler den Umgang mit Computer-Messwerterfassungssystemen erlernen. Als Begründungen werden angeführt, dass sich Technik ändere, „analoge“ Messwerterfassung wichtiger sei oder die Fähigkeit für das spätere Leben nicht wichtig sei. Interessanterweise sind dies die Studierenden, die den Einsatz in Schülerexperimenten auf Grund der Rahmenbedingungen ablehnen. Sieben Studierende finden es für eine bestimmte Schülergruppe, z.B. Oberstufenschüler oder Leistungskurschüler, relevant. 23 Studierende stimmen der Aussage uneingeschränkt zu. Sie betonen dabei, dass Fähigkeiten erworben werden, die im späteren (Arbeits-)Leben gebraucht würden.

Zusammenfassend lassen sich zwei Ziele für das didaktische Experimentierpraktikum ableiten:

Die Mehrheit der Studierenden erachtet es für wichtig, dass Schülerinnen und Schüler den Umgang mit digitaler Messwerterfassung erlernen, um Fähigkeiten für das weitere Leben zu erwerben. Die gleichen Studierenden führen jedoch bei den ersten drei Aussagen fast ausschließlich Argumente an, die sich auf die Auswirkungen des Computer-Messwerterfassungssystems auf das Erlernen physikalischer Inhalte beziehen. Messwerterfassungssysteme werden hier eher als Mittel zum Zweck angesehen. Das Erlernen von digitalen Kompetenzen wird dort nur vereinzelt genannt. Das Vermitteln „wissenschaftlichen Denkens“, „kennenzulernen, wie Wissenschaftler arbeiten“ und „zu lernen, mit apparativen Schwierigkeiten umzugehen“ (Welzel et al., 1998, S. 34) wird von keinem Studierenden benannt. Hieraus lässt sich eine Zielsetzung für das didaktische Experimentierpraktikum ableiten: Die Studierenden sollen das Erlernen von überfachlichen Kompetenzen, im vorliegenden Fall von digitalen Kompetenzen, als ein

eigenständiges Ziel von (Physik-)Unterricht erkennen. Sie sollen zudem reflektieren, inwiefern mit Computer-Messwerterfassungen ein Bild davon vermittelt werden kann, wie Wissenschaftler arbeiten. Falls möglich sollen Einsatzmöglichkeiten für die Sekundarstufe I und Grundkurse aufgezeigt werden.

Eine Minderheit erachtet es für nicht wichtig, dass Schülerinnen und Schüler den Umgang mit Computer-Messwerterfassungssystemen erlernen. Die gleichen Studierenden führen bei den anderen Aussagen überwiegend an, dass die Rahmenbedingungen Schülerexperimente nicht zulassen würden, bei „händischer“ Messung mehr gelernt würde und die Verwendung in Demonstrationsexperimenten intransparent sei und einen „Black-Box“-Charakter besitze. Die Kausalitätsrichtung bleibt an dieser Stelle offen. Gerade diese Studierendengruppe stellt für die Konzeption der Experimente im didaktischen Experimentierpraktikum eine Herausforderung dar. Eine Änderung in der wahrgenommenen Relevanz für das spätere Leben der Schülerinnen und Schüler wird kaum erreichbar sein. Ansatzpunkte sind das Aufzeigen von kostengünstigen Umsetzungsmöglichkeiten in Schülerexperimenten und transparenten Messverfahren.

Die beiden letzten Forschungsfragen lassen sich leider auf Grund der geringen Zahl an Post-Fragebögen (10 Fragebögen) nicht beantworten. Im Ausblick wird auf Tendenzen eingegangen, die in den wenigen Fragebögen erkennbar sind.

#### 4. Einbettung der Experimente in das didaktische Experimentierpraktikum

Auf Grundlage der Erkenntnisse der ersten Fragebogenrunde wurden Experimente unter Verwendung des Arduinos für das didaktische Experimentierpraktikum konzipiert, um den Vorbehalten der Studierenden zu begegnen. Dabei wurden folgende Leitprinzipien verfolgt:

- Geringe Materialkosten, damit die Versuche auch in Schülerexperimenten umsetzbar sind.
- Einfache Gestaltung der Versuchsaufbauten und der Sketche, um die Transparenz zu erhöhen.
- Anregung zur Auseinandersetzung mit digitalen Kompetenzen als überfachliche Kompetenz.
- Möglichst Experimente, die auch in der Sekundarstufe I umsetzbar sind.

Das didaktische Experimentierpraktikum besteht aus vier Teilen, die jeweils eines der Themen Mechanik, E-Lehre, Wärme & Energie oder Optik abdecken. In jedem Teil werden drei bis vier Experimente durch Studierendenteams bearbeitet. Jeweils eines dieser Experimente wurde durch ein Experiment ersetzt, in dem die Arbeit mit dem Arduino im Vordergrund steht. Die Bearbeitung des Experiments dauert inklusive Vor- und Nachbereitung etwa acht Stunden. Der erste Durchgang fand im Wintersemester 2017/2018 statt. Dabei stellte sich heraus, dass vielen

Studierenden die selbstständige Recherche von Informationen zum Arduino trotz oder wegen der zahlreichen online Tutorials schwerfiel. Die Tutorials zu den ersten Schritten beziehen sich häufig auf für das Experiment irrelevante Kontexte, wie z.B. das Blinken einer LED oder das Ansteuern eines Motors. Ein späterer Einstieg in die für das Experiment relevanten Themen ist aufgrund des kumulativen Aufbaus der Tutorials nicht möglich. Aus diesem Grund wurden ab dem Wintersemester 2018/2019 selbst erstellte Tutorials eingesetzt, in denen die für die Experimente relevanten Inhalte, wie z.B. Auslesen eines Ultraschallsensors, Erfassen einer Temperatur oder Bestimmen einer Spannung von Anfang an im Fokus stehen, ohne Vorwissen zum Arduino oder dessen Programmierung vorauszusetzen. Das Tutorial besteht aus text-, bild- und videobasierten Anleitungen, welche die Studierenden vor dem Experimentieren durcharbeiten.

#### 5. Experimente aus dem didaktischen Experimentierpraktikum

Der prinzipielle Aufbau der Experimente ist in allen Themenbereichen (Mechanik, E-Lehre, Wärme & Energie und Optik) identisch. Auf Grund der heterogenen Voraussetzungen der Studierenden ist jedes Experiment in ein Grundexperiment, was jeder bearbeitet und drei Vertiefungsexperimente, aus denen eines ausgewählt wird, unterteilt. Im Grundexperiment ist das Anforderungsniveau bewusst geringgehalten. Es wird ein fertiger Sketch durch die Studierenden auf den Arduino aufgespielt, und die Versuchsdurchführung ist detailliert vorgegeben. Im Grundexperiment sollen die Studierenden einen Einblick bekommen, wie der Arduino zur Aufnahme von Messwerten verwendet werden kann, ohne sich mit der Programmierung auseinandersetzen zu müssen.

##### 5.1. Grundexperimente

Bevor auf die Vertiefungsversuche eingegangen wird, werden im Folgenden alle vier Grundexperimente vorgestellt, um das Potenzial des Arduinos und der verwendeten Sensoren zu verdeutlichen.

#### Mechanik Grundexperiment Schwingungsanalyse

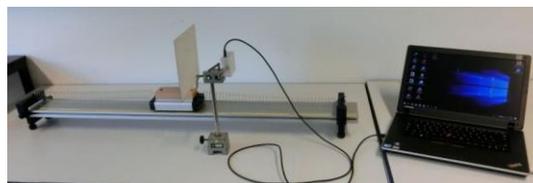


Abb.1: Aufbau Schwingungsanalyse

Mit einem Ultraschallsensor (HC-SR04) wird die Laufzeit des Schalls zu einem Wagen und zurück gemessen. Der Wagen bildet zusammen mit zwei Federn einen horizontalen Federschwinger. Aus der Laufzeit wird unter Verwendung der Schallgeschwindigkeit der Abstand des Wagens berechnet und ausgegeben.

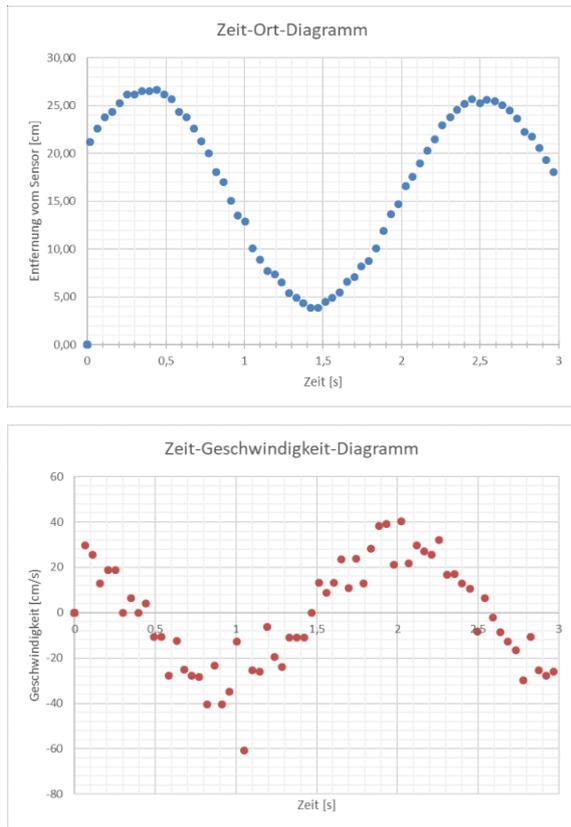


Abb.2: Ergebnisse Schwingungsanalyse

Auf Grund der Messgenauigkeit ergeben sich für das Zeit-Geschwindigkeitsdiagramm bereits sichtbare Abweichungen vom idealen Verlauf. Das Zeit-Beschleunigungs-Diagramm weist zu große Abweichungen auf, als dass es sinnvoll interpretiert werden könnte.

### E-Lehre Grundexperiment Laden und Entladen eines Kondensators

Im Grundexperiment zur E-Lehre wird der Spannungsverlauf beim Laden und Entladen eines Kondensators aufgenommen. Da der Arduino an seinen Eingängen lediglich Spannungen bis 5 V erfassen kann, wird ein Spannungsteiler verwendet (Abbildung 3 oben) und die Gesamtspannung durch den Arduino berechnet. Alternativ kann die Ladespannung auf 5 V begrenzt werden.

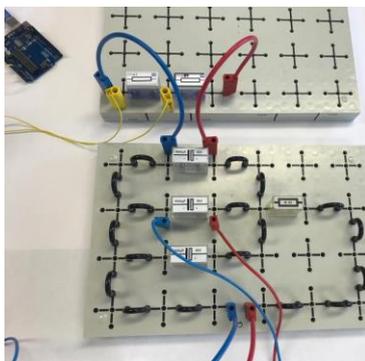


Abb.3: Aufbau Laden und Entladen Kondensator

Um die Zeitdauer des Ladens und Entladens zu verlangsamen, den Prozess nachvollziehbarer zu gestalten und Auswirkungen von Messfehlern zu minimieren, haben sich Werte von **10 kΩ** und **3000 μF** als sinnvoll erwiesen.

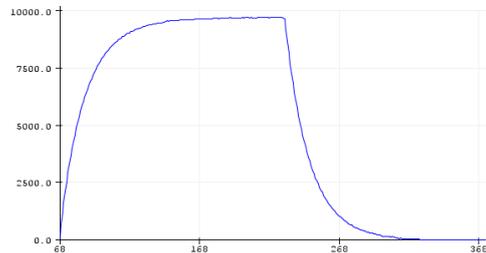


Abb.4: Lade- und Entladevorgang (U in mV, t in s)

### Wärme & Energie Grundexperiment Schmelzen & Sieden

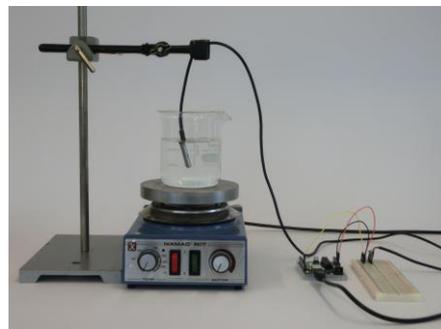


Abb.5: Aufbau Schmelzen & Sieden

An den Arduino wird ein Temperatursensor (DS18B20) angeschlossen, welcher die Temperatur von Eiswasser in einem Becherglas misst. Das Eiswasser wird auf einer Heizplatte erhitzt und ein Magnetrührer sorgt für eine möglichst gleichmäßige Temperatur. Das Ergebnis der Messung ist in Abbildung 6 dargestellt. Bei der Zugabe von mehr Eis zu Beginn ist das Plateau bei 0° C deutlicher ausgeprägt.

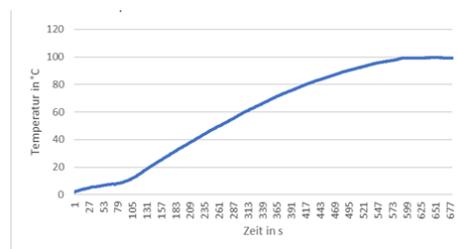


Abb.6: Zeit-Temperatur Diagramm

Es wird bewusst ein gering isoliertes Gefäß verwendet, um Raum für Beobachtungen (z.B. abflachende Kurve, Abweichung der Wärmekapazität vom Literaturwert) und Optimierungen zu lassen.

### Optik Grundexperiment Interferenz am Gitter

Mittels des Lichtsensors GY30 wird in diesem Experiment das durch ein Gitter erzeugte Interferenzbild untersucht. Der Lichtsensor wird dazu per Hand nacheinander in den Maxima positioniert, so dass die

relativen Intensitäten bezogen auf das nullte Maximum bestimmt und mit der Theorie abgeglichen werden können.



Abb.7: Aufbau Interferenz am Gitter

## 5.2. Vertiefungsexperimente

Zu jedem Grundexperiment gibt es drei Vertiefungsexperimente mit unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen.

Im jeweils ersten Vertiefungsexperiment werden die Anforderungen im physikalischen Bereich erhöht, während die Anforderungen an den Umgang mit dem Arduino vergleichbar zum Grundexperiment bleiben. Dazu wird der Sketch aus dem Grundversuch unverändert verwendet. Die Herausforderung liegt hier im komplexeren physikalischen Inhalt.

Im zweiten Vertiefungsexperiment arbeiten die Studierenden geringfügige Änderungen in den Sketch aus dem Grundversuch ein. Die Komplexität des physikalischen Inhalts wird nur leicht gesteigert, um den Bearbeitungsaufwand vergleichbar mit dem ersten Vertiefungsexperiment zu halten.

Im dritten Vertiefungsexperiment liegt der Fokus vollständig auf der vertieften Auseinandersetzung mit der Programmierung des Arduino. Die Studierenden nehmen größere Variationen oder Ergänzungen am Sketch des Grundexperiments vor. Der physikalische Inhalt wird aus dem gleichen Grund wie zuvor möglichst einfach gehalten.

Exemplarisch werden drei Vertiefungsexperimente vorgestellt.

### Mechanik Vertiefungsexperiment 1 Fallbewegungen

Ausgehend von der Entfernungsmessung im Grundversuch erarbeiten die Studierenden im ersten Vertiefungsversuch ein Experiment zur Untersuchung von Fallbewegungen. Der Sketch muss hier nicht verändert werden. Stattdessen liegt der Schwerpunkt der Auseinandersetzung auf dem Aufbau und der Auswertung passender Experimente. Herausforderungen bestehen hier in der Wahl geeigneter Gegenstände (Variation der Luftreibung aber trotzdem erfassbar durch den Sensor) und der Auswertung (Berücksichtigung des Anfangsabstands, der Gegenstandsgröße bei mehrmaligem Hochspringen eines Balls, Darstellung der Messwerte in Excel).

### E-Lehre Vertiefungsexperiment 2 Photovoltaik

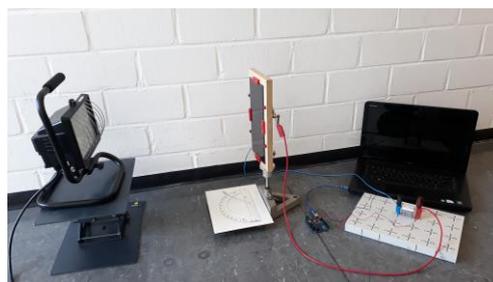


Abb.8: Aufbau Vertiefungsexperiment Photovoltaik

Im zweiten Vertiefungsexperiment zur E-Lehre modifizieren die Studierenden den Sketch aus dem Grundversuch so, dass aus der Spannung und einem bekannten Widerstand die Leistung bestimmt werden kann. Anwendung findet diese Messung bei einer PV-Zelle, die aus verschiedenen Winkeln beleuchtet wird, um den Sonnenverlauf an einem Tag nachzubilden. Auf einen MPP-Tracker wurde verzichtet, um Diskussionsmöglichkeiten für die Studierenden zu ermöglichen. Bei der Bearbeitung dieses Experiments setzen sich die Studierenden mit der Definition von Variablen, mathematischen Berechnungen durch den Arduino und der Modifikation der Ausgabe auseinander.

### Wärme & Energie Vertiefungsexperiment 3 Temperaturregelung

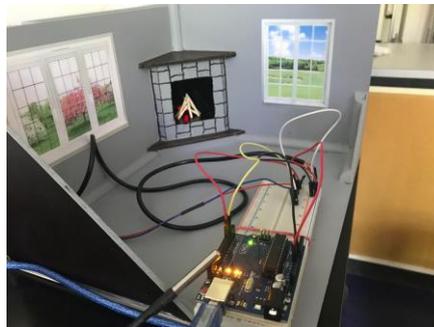


Abb.9: Vertiefungsexperiment Temperaturregelung

In diesem Versuch erweitern die Studierenden den Sketch aus dem Grundversuch so, dass eine Heizungssteuerung veranschaulicht werden kann. Da eine „echte“ Temperaturregelung auf Grund der geringen Leistungen in der Experimentierzeit nur schwer zu erproben wäre, wird die Heizung durch eine LED veranschaulicht, die bei sinkender Temperatur heller leuchtet. Unterschreitet die gemessene Temperatur einen bestimmten Wert, beginnt die LED im Kamin zu leuchten. Je niedriger die Temperatur ist, desto heller leuchtet die LED. Die Anforderung an die Studierenden besteht bei diesem Vertiefungsexperiment also im tieferen Verständnis des Sketches des Grundexperiments, der Ansteuerung einer LED und dem Einbinden von Bedingungen.

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

45 Studierende wurden mittels Fragebögen zu ihrem Vorwissen zu Computer-Messwerterfassungssystemen, ihren Programmierkenntnissen und ihren Sichtweisen zum Einsatz von Computer-Messwerterfassungssystemen in Demonstrations- und Schülerexperimenten befragt.

Die Mehrheit der Studierenden findet es wichtig, dass Schülerinnen und Schüler den Umgang mit Computer-Messwerterfassungssystemen erlernen. Das häufigste genannte Argument ist die Relevanz der dabei erworbenen Fähigkeiten für das spätere (Berufs-)Leben. Gleichzeitig beziehen sich die von diesen Studierenden genannten Chancen von Computer-Messwerterfassungssystemen fast ausschließlich auf das verbesserte Lernen physikalischer Inhalte. Digitale Kompetenzen werden nur vereinzelt angeführt.

Etwa ein Sechstel der befragten Studierenden sehen keinen Mehrwert in der Verwendung von Computer-Messwerterfassungssystemen. Kritisiert werden vor allem der Black-Box-Charakter und die geringe Verfügbarkeit von Computern und Sensoren. Außerdem halten sie es nicht für wichtig, dass Schülerinnen und Schüler den Umgang mit Computer-Messwerterfassungssystemen erlernen.

Die Studierenden halten den Einsatz von Computer-Messwerterfassungssystemen in Demonstrationsexperimenten mehrheitlich für geeignet. In Schülerexperimentierphasen wird die Eignung überwiegend an Bedingungen wie die Jahrgangsstufe oder den Leistungsstand geknüpft.

Auf Grundlage der Ergebnisse wurden Experimente für das didaktische Experimentierpraktikum entwickelt, in denen mit Hilfe des Arduinos Messwerte aufgenommen werden. Dabei wurden auf geringe Kosten, hohe Transparenz des Messprozesses, Umsetzbarkeit in der Sekundarstufe I und Anregungen zur Auseinandersetzung mit digitalen Kompetenzen geachtet.

Inwiefern die Bearbeitung der Experimente eine Änderung in den studentischen Sichtweisen bewirkt, wurde mit einem zweiten Fragebogen erhoben. Auf Grund der geringen Anzahl an Post-Fragebögen sind hier jedoch nur Tendenzen abzusehen.

Zwei der zehn Studierenden haben im Prä-Fragebogen angegeben, Schülerinnen und Schüler würden bei der Messwertaufnahme „per Hand“ mehr lernen als bei der Verwendung eines Computer-Messwerterfassungssystems. Während einer der beiden im Post-Fragebogen bei seiner Meinung bleibt, gibt der andere an, dass beim Einsatz des Arduinos „viel gelernt“ werden könne und mehr Möglichkeiten für Experimente bestehe als bei der Aufnahme per Hand. Alle zehn Studierenden geben im Post-Fragebogen an, dass das Erlernen des Umgangs mit Computer-Messwerterfassungssystemen sehr relevant für die Schülerinnen und Schüler sei. Zwei dieser Studierenden haben dies im Prä-Fragebogen noch verneint. Es scheint also prinzipiell möglich zu sein, die Sichtweisen der

Studierenden in diesem Punkt weiterzuentwickeln. Neun von zehn Studierenden können sich den Einsatz des Arduinos in ihrem späteren Physikunterricht vorstellen. Der Student, der sich das nicht vorstellen kann, begründet dies mit fehlendem Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten.

Das Programmieren des Arduinos im Physikunterricht wird eher in einfachen Modifikationen oder dem Erstellen einfacher Sketche gesehen. Darüber hinaus wird der fächerübergreifende Unterricht mit dem Fach Informatik als Ort genannt, in dem das Programmieren stattfinden kann.

Inwiefern die Sichtweisen zum Einsatz in der Sekundarstufe I oder in Grundkursen beeinflusst wurden, lässt sich auf Grund der geringen Anzahl an Fragebögen leider nicht sagen.

Im Rahmen des didaktischen Experimentierpraktikums haben die Studierenden einen Einblick in die Arbeit mit dem Arduino gewinnen können. Die Begleitung der Vorbereitung in Form des Tutorials und die Differenzierung der Versuche erleichtert zwar den Einstieg, jedoch führt dies nicht unbedingt zum Aufbau grundlegender (Programmier-)Fertigkeiten. Schon die Einbindung eines neuen Sensors würde wahrscheinlich ohne eine detaillierte Anleitung eine Überforderung darstellen. Aus diesem Grund werden im Projekt Phyduino ([www.phyduino.de](http://www.phyduino.de)) Anleitungen für den Aufbau und die Messungen mit typischen Sensoren erstellt und den Studierenden und Lehrkräften zur Verfügung gestellt.

## 7. Literatur

- Börlin, Johannes; Labudde, Peter (2014): Practical work in physics instruction. An opportunity to learn? In: Hans E. Fischer, Peter Labudde, Knut Neumann und Jouni Viiri (Hg.): *Quality of Instruction in Physics. Comparing Finland, Switzerland and Germany*. 1. Aufl. s.l.: Waxmann Verlag GmbH, S. 111–127.
- Kurth, Christopher; Walpert, Daniel; Wodzinski, Rita (2019): Digitale Messwerterfassung im Kontext digitaler Bildung. In: *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung (1)*, S. 297–302. Online verfügbar unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/download/965/1087>, zuletzt geprüft am 25.05.2020.
- Tesch, Maike; Duit, Reinders (2004): Experimentieren im Physikunterricht. Ergebnisse einer Videostudie. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 10, S. 51–69. Online verfügbar unter [ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/2004/3.Tesch\\_Duit\\_051-070.pdf](ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/2004/3.Tesch_Duit_051-070.pdf), zuletzt geprüft am 15.05.2020.
- Welzel, Manuela; Haller, Kerstin; Bandiera, Milena; Hammelev, Dorte; Koumaras, Panagiotis; Niedderer, Hans et al. (1998): Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. Ergebnisse einer europäischen Umfrage. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 4 (1), S. 29–44.