

## Digitale Messwerterfassung im Kontext digitaler Bildung

- Einstellungen von Physiklehrkräften -

Christopher Kurth\*, Daniel Walpert\*, Rita Wodzinski\*

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

### Kurzfassung

Gemäß des Strategiepapiers der KMK „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK, 2016) ist die Vermittlung digitaler Kompetenzen integrativer Bestandteil der Unterrichtsfächer. Der Physikunterricht kann dazu in besonderem Maße durch den Einsatz von digitalen Messwerterfassungssystemen (DMES) beitragen. Lehrkräfte stehen den DMES teilweise kritisch gegenüber, so dass Möglichkeiten der Verknüpfung mit digitalem Lernen ungenutzt bleiben. Um einen genauen Einblick in die Argumente von Lehrkräften für und gegen den Einsatz von DMES zu erhalten, wurden die Einstellungen von neun Physiklehrkräften in Interviews erhoben, welche mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet wurden. Zentrale Ergebnisse dieser Untersuchung werden im Beitrag dargestellt.

Mit dem Einsatz von Arduinos für die Messwerterfassung kann die Förderung von digitalen Kompetenzen im Physikunterricht in einer Weise umgesetzt werden, die auch den Einstellungen und Erwartungen der Lehrkräfte zu DMES gerecht wird. Konkrete Umsetzungsideen wurden sowohl für den Physikunterricht als auch die universitäre Lehramtsausbildung entwickelt. Diese werden ebenfalls im Beitrag vorgestellt.

### 1. Ausgangslage

In den letzten Jahren hat die Bedeutung der Digitalisierung in zahlreichen Bereichen wie beispielsweise dem sozialen Austausch, den öffentlichen Medien oder der Industrie stark zugenommen. Sie spielt somit nicht nur im gegenwärtigen Alltag der Schülerinnen und Schüler, sondern auch in ihrem späteren Arbeitsleben eine bedeutende Rolle. Damit sich Schülerinnen und Schüler in dieser digitalen Welt zurechtfinden, diese kritisch hinterfragen und mitgestalten können, benötigen sie digitale Kompetenzen. Bereits im Jahr 2016 hat die Kultusministerkonferenz ein Strategiepapier zur „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK, 2016) verfasst, in dem Ziele der digitalen Bildung formuliert werden und deren Bedeutung durch den 2018 geschlossenen Digitalpakt nochmals untermauert wird. Eine zentrale Idee ist die Verankerung digitaler Bildung als integrativer Bestandteil in allen Fächern.

Im Hinblick auf den naturwissenschaftlichen Unterricht können die Kompetenzen insbesondere im Rahmen von technischem Problemlösen, dem bedarfsgerechten Einsatz von digitalen Werkzeugen und dem Erkennen und Verstehen von grundlegenden Prinzipien der digitalen Welt gefördert werden (KMK, 2016). Ein Beispiel dafür ist die vertiefte Auseinandersetzung mit der digitalen Messwerterfassung.

Untersuchungen zeigen jedoch, dass die digitale Erfassung von Messwerten noch kein fester Bestandteil des Physikunterrichts ist und eine Ausnahme bei der Unterrichtsgestaltung darstellt. Ein wöchentlicher Einsatz von DMES im Unterricht findet nur durch einen geringen Anteil der befragten Lehrkräfte statt, während am häufigsten angegeben wurde, dass diese

Art der Datenerfassung einmal in mehreren Monaten verwendet wird. Von etwa einem Fünftel aller befragten Lehrkräfte wurden noch nie Messwerte digital erfasst (Wenzel & Wilhelm, 2015).

Weiterhin wird auch deutlich, dass der Computereinsatz und die damit verbundene Messwerterfassung oft in Form von Demonstrationsexperimenten durch die Lehrkräfte stattfindet. Schülerinnen und Schüler haben hingegen nur selten die Möglichkeit, sich mit der digitalen Messwerterfassung im Physikunterricht auseinanderzusetzen (Wilhelm & Trefzger, 2010). Die DMES wird von Lehrkräften oft als „Werkzeug“ verstanden, welches zur Anwendung kommt, aber nicht als eigener Unterrichtsgegenstand betrachtet wird. Inwieweit der Erwerb digitaler Kompetenzen durch die beschriebene Einsatzweise wirklich bei den Schülerinnen und Schülern gefördert wird, ist fraglich.

Neben der Einsatzhäufigkeit hat vermutlich auch die Zielsetzung, mit der digitale Messwerterfassungen durch Lehrkräfte eingesetzt werden, einen Einfluss auf die Entwicklung der digitalen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler. Ursachen und Beweggründe, die aus Sicht der Lehrkräfte für bzw. gegen den Einsatz von digitalen Messwerterfassungen sprechen, wurden in einer Studie erhoben, welche im Folgenden vorgestellt wird.

## 2. Forschungsfragen und Untersuchungsdesign

Im Rahmen einer unveröffentlichten Abschlussarbeit (Walpert, 2018) wurden neun leitfadengestützte Experteninterviews mit Physiklehrkräften durchgeführt. Das Ziel dieser Untersuchung bestand darin, die Einstellungen von Lehrkräften zum Einsatz digitaler (und manueller) Messwerterfassung im Physikunterricht zu erheben und, anknüpfend an die gewonnenen Ergebnisse, Explikationen für die schulische und universitäre Lehre abzuleiten.

Die zentralen Forschungsfragen, die im Mittelpunkt der Untersuchung standen, lauten:

F1: Welche Gründe sprechen aus Perspektive der Physiklehrkräfte für und gegen den Einsatz von digitaler Messwerterfassung im Unterricht?

F2: In welchen Aspekten sehen Lehrkräfte den Mehrwert bei der Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen?

F3: Auf welcher Ebene (Rahmenbedingungs-, Schüler- oder Lehrerebene) argumentieren die Lehrkräfte?

Auf Grundlage vorangegangener Forschungsergebnisse (Cerajewski, Zöpfl & Tewes, 2018) und den genannten Forschungsfragen wurde ein dreigliedriger Interviewleitfaden entwickelt. Im ersten Interviewabschnitt sollten allgemeine Gründe für und gegen den Einsatz von DMES gesammelt und erläutert werden. Nachfolgend bewerteten die Lehrkräfte fiktive Stellungnahmen zur manuellen und digitalen Messwerterfassung (ausbalanciert, in alternierender Reihenfolge). Im dritten Interviewabschnitt wurden die Lehrkräfte zu eigenen Erfahrungen mit DMES im Unterricht befragt, wobei der Schwerpunkt auf aufgetretenen Schwierigkeiten und den gewonnenen Vorteilen lag, die sich durch den Einsatz der DMES im Unterricht ergaben. Außerdem wurden Einsatzmöglichkeiten und Themengebiete erfragt, bei denen DMES eingesetzt wurden.

Die transkribierten Interviews wurden induktiv mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring, 2010) ausgewertet und die Aussagen der Lehrkräfte zu Subkategorien zusammengefasst. Durch eine deskriptive Datenauswertung der Kategorienhäufigkeiten unter Berücksichtigung der Argumentationsebenen konnte ein Ranking der von den Lehrkräften genannten Argumente erstellt werden. Aus einer Gegenüberstellung und einem quantitativen Vergleich der Kategorienhäufigkeiten wurden die nachfolgend beschriebenen Ergebnisse abgeleitet.

## 3. Ergebnisse der Untersuchung

Zunächst werden drei Argumentationsebenen vorgestellt, auf denen die Lehrkräfte ihre Einstellungen begründen. Im Anschluss wird ausgeführt, auf welcher Ebene die Lehrkräfte Gründe für und gegen den Einsatz der digitalen Messwerterfassung sehen, und es wird ein detaillierter Einblick in die am häufigsten genannten Argumente gegeben.

Die Aussagen der Lehrkräfte lassen sich in drei Argumentationsebenen einteilen. Zum einen führen die Lehrkräfte Argumente an, in denen sie den Fokus auf den Kompetenzerwerb oder mögliche Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler bei der Messung legen. Diese Argumente wurden der „Ebene der Schülerinnen und Schüler“ zugeordnet. Etwa gleich viele Aussagen beziehen sich auf die unmittelbare Arbeit der Lehrkräfte mit der digitalen Messwerterfassung. Diese Argumente wurden der „Ebene der Lehrerinnen und Lehrer“ zugeordnet.

In einem Teil der Argumente führen die Lehrkräfte für sie nicht oder nur begrenzt beeinflussbare unterrichtliche oder schulische Rahmenbedingungen an, welche für oder gegen den Einsatz von digitaler Messwerterfassung sprechen. Diese Argumente wurden der „Ebene der Rahmenbedingungen“ zugeordnet.

Auf der Ebene der Lehrerinnen und Lehrer bewerten die befragten Lehrkräfte die digitale Messwerterfassung fast ausschließlich positiv. Auf dieser Ebene werden 10 unterschiedliche Gründe genannt, die für die digitale Messwerterfassung sprechen. Alle neun Lehrkräfte geben an, dass die einfache Darstellung ein Vorteil der digitalen Messwerterfassung ist. Jeweils acht Lehrkräfte heben positiv hervor, dass eine große Anzahl an Messwerten erfasst werden kann und dafür wenig Zeit im Unterricht benötigt wird. Des Weiteren werden die hohe Genauigkeit und die einfachen Auswertungsmöglichkeiten von jeweils sieben Lehrkräften positiv gewertet. Demgegenüber benennen sieben Lehrkräfte den hohen Zeitbedarf in der Vorbereitung und sechs Lehrkräfte die komplexe Bedienung als negative Aspekte der digitalen Messwerterfassung.

Im Hinblick auf den Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler bewerten die befragten Lehrkräfte die digitale Messwerterfassung eher negativ. Insbesondere benennen jeweils mindestens sechs Lehrkräfte die Intransparenz der Messung (Black-Box-Charakter), die komplexe Bedienung, die Vernachlässigung händischer Arbeitsweisen und die komplexe Versuchsanordnung als negative Aspekte. Positiv werden lediglich der einfache Umgang mit den Messgeräten und die starke Fokussierung auf den fachlichen Inhalt durch Ausblenden des Messprozesses gesehen. Als letztes Argument wurde von zwei Lehrkräften der Kompetenzerwerb mit digitalen Medien genannt.

Im Hinblick auf die Rahmenbedingungen äußern die Lehrkräfte fast ausschließlich Argumente, die gegen den Einsatz von digitaler Messwerterfassung sprechen. Lediglich drei Lehrkräfte geben an, dass ihnen ausreichend Geräte zur digitalen Messwerterfassung zur Verfügung stehen und sie diese gerne einsetzen. Demgegenüber sehen sechs Personen die ungenügende Anzahl an Geräten als Nachteil an.

Weiterhin bemängeln acht Lehrkräfte die hohen Anschaffungskosten. Jeweils sechs Lehrkräfte führen

technische Schwierigkeiten und die fehlende IT-Infrastruktur als Grund für die Vermeidung des Einsatzes von DMES an.

#### 4. Arduino zur Messwerterfassung

Neben den Messwerterfassungssystemen der Lehrmittelhersteller bieten einige in den letzten Jahren entwickelte Ansätze die Möglichkeit, Messwerte im Physikunterricht digital zu erfassen.

Viele dieser Ansätze legen einen besonderen Fokus auf geringe Anschaffungskosten. Beispielsweise können Schülerinnen und Schüler durch die große Verbreitung von Smartphones mittels Apps, welche die Sensoren des Smartphones auslesen, Messwerte ohne Kostenaufwand aufnehmen. Ein bekanntes Beispiel ist die App „Phyphox“, die explizit auf den Einsatz des Smartphones in physikalischen Experimenten hin entwickelt bzw. optimiert wurde (Staacks, 2018).

Andere Ansätze basieren überwiegend auf dem Raspberry Pi (Fösel, 2017) oder dem Arduino, für welche auf Grund ihrer großen Verbreitung zahlreiche Dokumentationen, Beispiele und Anleitungen sowohl in verschiedenen Onlinequellen als auch in Zeitschriften wie beispielsweise dem „Make: Magazin“ zu finden sind. Im Gegensatz zum Smartphone entstehen hierbei zwar höhere Anschaffungskosten, diese liegen jedoch deutlich unterhalb der Kosten der Komponenten der Lehrmittelhersteller.

Auch wenn die hohen Kosten und die damit verbundene geringe Anzahl an verfügbaren Geräten ein Nachteil der digitalen Messwerterfassung mittels der Systeme der Lehrmittelhersteller ist, den auch viele Lehrkräfte benennen, greift eine ausschließliche Fokussierung auf geringe Kosten zu kurz. Insbesondere auf der Ebene der Schülerinnen und Schüler benennen die Lehrkräfte Nachteile, wie die komplexe Versuchsanordnung, die komplexe Bedienung oder die Intransparenz, welche die digitale Messwerterfassung aus ihrer Sicht mit sich bringt. Diese Aspekte sollten bei der Entwicklung von alternativen Ansätzen ebenfalls berücksichtigt werden. Gleichzeitig sollten die Vorteile wie die hohe Genauigkeit, die hohe Anzahl an Messwerten und die einfache Darstellung der Messwerte nicht verloren gehen.

Im Hinblick auf die Förderung der digitalen Kompetenz kommen weitere zu berücksichtigende Merkmale hinzu. Die Förderung von Kompetenzen, „die für eine aktive, selbstbestimmte Teilhabe in einer digitalen Welt erforderlich sind“ (KMK, 2016, S. 12) soll „integrativer Teil der Fachcurricula aller Fächer“ (KMK, 2016, S. 12) sein. Ein Kompetenzbereich, der gerade im Rahmen der digitalen Messwerterfassung im Physikunterricht adressiert werden kann, ist das „Problemlösen und Handeln“. Darunter fallen unter anderem die Fähigkeiten, „Funktionsweisen und grundlegende Prinzipien der digitalen Welt [zu] kennen und [zu] verstehen“, „algorithmische Strukturen in genutzten digitalen Tools [zu] erkennen und [zu] formulieren“ und „eine strukturierte, algorithmische

Sequenz zur Lösung eines Problems [zu] planen und [zu] verwenden“ (KMK, 2016, S. 18). Bezogen auf die Lehrkräfte erfordert dies die Integration von Aktivitäten in den Physikunterricht, „in denen Lernende technische Probleme identifizieren und lösen oder technisches Wissen kreativ auf neue Situationen übertragen“ (Redecker, 2017a, 2017b). Unter diesem Gesichtspunkt besitzen die Ansätze auf Grundlage des Raspberry Pi oder des Arduino Vorteile gegenüber den Systemen der Lehrmittelhersteller oder Smartphone-Apps auf, da Nachvollziehen und Modifizieren der algorithmischen Strukturen überhaupt erst möglich bzw. mit einem deutlich geringeren Aufwand verbunden sind.

Unserer Ansicht nach ist der Arduino am ehesten dazu geeignet, die genannten Anforderungen zu erfüllen. Ein mit der Arduino-Plattform kompatibles Board ist für unter 10 € zu erhalten. Typische für den Unterricht ausreichende Sensoren und zusätzliche Komponenten wie ein SD-Karten-Modul oder ein Bluetooth-Modul kosten jeweils weniger als 5 €. Beispielsweise ist eine „Messbox“ mit zwei Temperatursensoren, Bluetooth-Modul und SD-Karten-Modul für etwa 25 € zu realisieren.

Im Gegensatz zu den Messsystemen der Lehrmittelhersteller oder Smartphone-Apps besteht die Möglichkeit, die Messalgorithmen zumindest in Teilen zu analysieren oder zu modifizieren und somit einen Einblick in die „Black-Box“ zu erhalten.

Eine Möglichkeit, den von den Lehrkräften genannten Nachteilen des hohen Zeitbedarfs in der Vorbereitung und der komplexen Bedienung zu begegnen, ist die Bereitstellung von Begleitmaterial, in dem alle Schritte zum Aufbau und zur Bedienung erläutert werden. Die Lehrkräfte müssen sich also nicht mit Anleitungen auseinandersetzen, in denen allgemeine Grundlagen des Arduinos beschrieben werden, sondern können sich direkt mit dem Arduinoeinsatz im Physikunterricht befassen.

Im Rahmen des Projekts Phyduino (*Physik mit dem Arduino*) werden an der Universität Kassel zum einen Versuche und multimediale Anleitungen für die universitäre Lehre entworfen, in denen sich Lehramtsstudierende je nach Vorwissen in unterschiedlicher Tiefe mit dem Arduinoeinsatz im Physikunterricht auseinandersetzen können. Zum anderen werden Messexperimente aus dem Physikunterricht mit dem Arduino umgesetzt und Begleitmaterial zur Anleitung der Lehrkräfte erstellt. Beide Bereiche werden im Folgenden kurz vorgestellt.

##### 4.1. Arduino in der Lehramtsausbildung

Alle Physik-Lehramtsstudierende besuchen im Verlauf ihres Studiums an der Universität Kassel vier didaktische Experimentierpraktika zu den Themengebieten Mechanik, E-Lehre, Wärme & Energie und Optik, in denen sie unter anderem Erfahrungen mit Messwerterfassungssystemen sammeln können. Die Erfahrung zeigt, dass einige Studierenden diesen Systemen skeptisch gegenüberstehen. Dabei decken sich

die genannten Argumente inhaltlich zu einem großen Teil mit den zuvor genannten Argumenten der Lehrkräfte.

Im Rahmen einer kleinen Evaluationsstudie (Kurth & Wodzinski, 2018) wird untersucht, inwieweit die Auseinandersetzung mit dem Arduino dazu beiträgt, die Einstellungen der Studierenden gegenüber dem Einsatz von digitaler Messwerterfassung zu verändern. Die ursprüngliche Planung sah vor, dass die Studierenden in Abhängigkeit von ihrem Vorwissen zum Arduino zwischen zwei Versuchsversionen wählen können und den Versuch auf Grundlage einer kurzen schriftlichen Anleitung durchführen. Zusätzlich sollten sie sich selbstständig Hintergrundwissen zum Arduino, den verwendeten Sensoren und einige elementare Grundlagen der verwendeten Programmiersprache aneignen.

Im ersten Durchgang stellte sich heraus, dass auf Grund der relativ kurzen Zeit, die für den Versuch und die Vorbereitung zur Verfügung steht, keine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Arduino stattfand. Insbesondere die selbstständige Recherche von Informationen zum Arduino und den verwendeten Sensoren gestaltete sich trotz oder gerade wegen der zahlreichen online verfügbaren Tutorials schwierig, da diese den Umgang mit dem Arduino zunächst an für die Studierenden irrelevanten Projekten, wie beispielsweise dem Blinken einer LED oder dem Ansteuern eines Motors, verdeutlichen, bevor die Aufnahme von Messwerten mit Sensoren wie beispielsweise dem Ultraschallsensor thematisiert wird. Ein Überspringen der ersten Teile des Tutorials ist dabei oft nicht möglich, da das Wissen im Verlauf des Tutorials kumulativ aufgebaut wird.

Um sowohl dem Problem der sehr begrenzten Zeit als auch den für die Versuche unpassenden Tutorials zu begegnen, wurde im Wintersemester 2018/2019 damit begonnen, zu den Versuchen passende multimediale Tutorials zu erstellen, in welche die Studierenden schnell einen Überblick über den Arduino und dessen Programmierung erhalten können. Die Besonderheit dieser Tutorials liegt dabei darin, dass der Fokus direkt zu Beginn auf der Aufnahme von Messwerten liegt. Da die Studierenden unterschiedliches Vorwissen bzw. Interessen mitbringen, gliedert sich jeder Versuch in einen Grundversuch, den jede Gruppe bearbeitet, und drei Vertiefungsversuche mit unterschiedlicher Gewichtung. Die Studierenden können zwischen einem Vertiefungsversuch, in dem der Fokus auf der fachlichen Vertiefung liegt und der Arduino nicht modifiziert werden muss, einem Versuch, in dem der Arduino geringfügig umprogrammiert werden muss und einem Versuch, in dem weitreichende Änderungen an der Programmierung des Arduino vorgenommen werden müssen, wählen.

Wie ursprünglich angedacht (Kurth & Wodzinski, 2018) wird weiterhin untersucht, inwieweit die Auseinandersetzung mit dem Arduino dazu beiträgt, die

Einstellungen der Studierenden gegenüber dem Einsatz von digitaler Messwerterfassung zu verändern.

#### 4.2. Arduino im Physikunterricht

Unserer Erfahrung nach verursacht die Entwicklung eines Aufbaus zur Aufnahme von Messwerten mit dem Arduino einigen Aufwand. Dies reicht von der Auswahl geeigneter Sensoren, über die Konstruktion von geeigneten Haltevorrichtungen bis hin zur Optimierung des Messaufbaus. Die dafür benötigte Zeit steht sicherlich nicht vielen Lehrkräften zur Verfügung. Um den Zeitbedarf der Vorbereitung zu reduzieren und die Komplexität für die Lehrkräfte zu reduzieren, werden an der Universität Kassel Experimente entwickelt und so dokumentiert, dass sie nach einer kurzen allgemeinen Einführung zum Umgang mit dem Arduino nachgebaut werden können. Dabei wird darauf geachtet, dass nur kostengünstige und käuflich erwerbbar Materialien verwendet werden und keine zeitaufwändigen Modifikationen an dem Material vorgenommen werden müssen. Für kostengünstige, individuelle und trotzdem einfach zu realisierende Bauteile hat sich der zunehmend auch an Schulen vorhandene 3D-Drucker als gewinnbringend erwiesen. Falls für einen Aufbau Teile benötigt werden, die entweder nicht oder nur teuer erworben werden können, werden Druckvorlagen bereitgestellt. Um die Auswertung des Versuchs zu erleichtern, werden zudem ggf. Excel-Vorlagen erstellt.

Anhand eines Experiments zur Aufnahme des Interferenzbildes eines Doppelspaltes wird im Folgenden ein Einblick in das Potenzial des Arduino zur Messwertaufnahme gegeben (die vollständige Anleitung steht unter [www.phyduino.de](http://www.phyduino.de) zur Verfügung).

Im Kern besteht der Aufbau aus einem Lichtsensor, der mittels einer gedruckten Halterung auf einem Messwagen befestigt wird (Abbildung 1). Der Messwagen wird während der Datenaufnahme mittels Schrittmotor bewegt (Abbildung 2). Sowohl der Lichtsensor als auch der Schrittmotor werden mit dem Arduino verbunden.

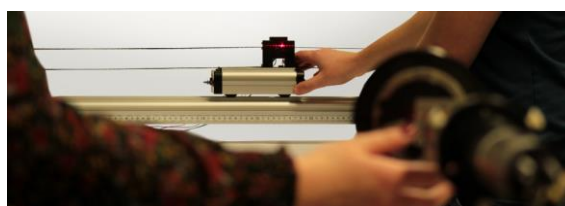


Abb. 1: Messwagen mit montiertem Helligkeitssensor.

Zum Nachbau stehen vollständige Materiallisten und Vorlagen für alle zu druckenden Teile zur Verfügung.

Für die eigentliche Versuchsdurchführung wird der Arduino mit einem Notebook verbunden und der vorbereitete Sketch (so nennt sich ein „Programm“ für den Arduino) auf den Arduino geladen.

Im Anschluss kann der Messwagen durch Eingaben in der Arduino-Programmierung vorwärts und rückwärts bewegt werden, um den Wagen optimal zu

positionieren. Außerdem kann die Messung gestartet werden.

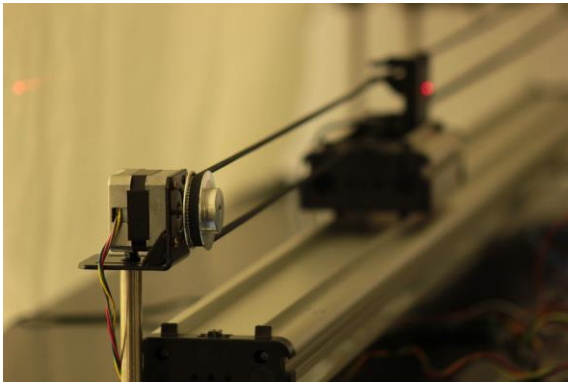


Abb. 2: Schrittmotor mit Zahnriemen zur Steuerung des Messwagens.

Die Messwerte werden über den seriellen Monitor in Textform ausgegeben (Abbildung 3). Diese können im Anschluss in eine Excel-Vorlagendatei kopiert werden. In dieser Datei können auch alle Werte zur Bestimmung des theoretischen Intensitätsverlaufs eingetragen werden. Das Ergebnis einer Messung (0,1 mm Spaltbreite; 0,25 mm Spaltabstand) ist in Abbildung 4 dargestellt.

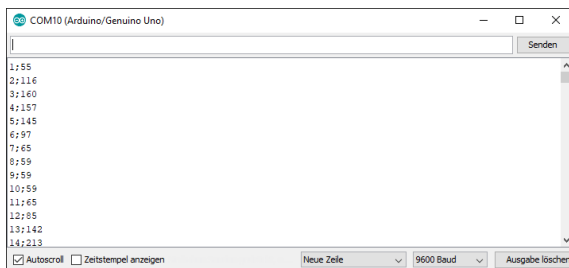


Abb. 3: Ausgabe des seriellen Monitors in der Arduino IDE.

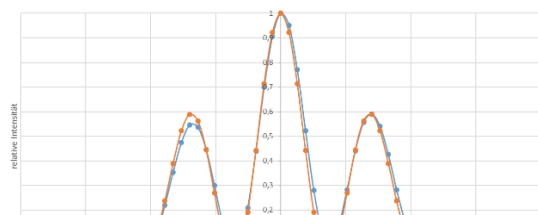


Abb. 4: Vergleich der aufgenommenen Intensitäten (blau) mit den theoretisch ermittelten Intensitäten (orange).

Wie zu erkennen ist, weichen die gemessenen Werte nur unwesentlich von den theoretischen Werten ab. Die größte Ursache für Ungenauigkeiten liegt in der Breite des Lichtsensors (etwa 1,5 mm). Für schulische Zwecke ist die Genauigkeit völlig ausreichend. Der Sketch zur Ansteuerung des Schrittmotors und zum Auslesen des Lichtsensors ist bewusst einfach gehalten, so dass interessierte Schülerinnen und Schüler diesen Sketch als Ausgangspunkt für kleine Modifikationen oder eigene Projekte nutzen und in diesem Rahmen ihre digitale Kompetenz erweitern können.

## 5. Ausblick

Aktuell werden weitere Aufbauten entwickelt und dokumentiert. Um dem von den Lehrkräften geäußerten Wunsch der einfachen Bedienung nachzukommen, werden zudem „Messboxen“ entwickelt und dokumentiert, welche nach dem Zusammenbau möglichst unkompliziert im Physikunterricht eingesetzt werden können (siehe Abbildung 5). Die Ansteuerung der Messboxen wird mittels einer von uns entworfenen App vorgenommen. Die Kommunikation zwischen Smartphone und Arduino findet über einen Bluetooth-Adapter statt. Aufgenommene Messwerte werden zum einen auf einer SD-Karte in der Messbox gespeichert, zum anderen direkt in der App ausgegeben. Vorerst ist neben der Temperaturmessbox eine Mechanikmessbox zur Aufnahme von Abständen, Beschleunigungen und Drücken geplant.

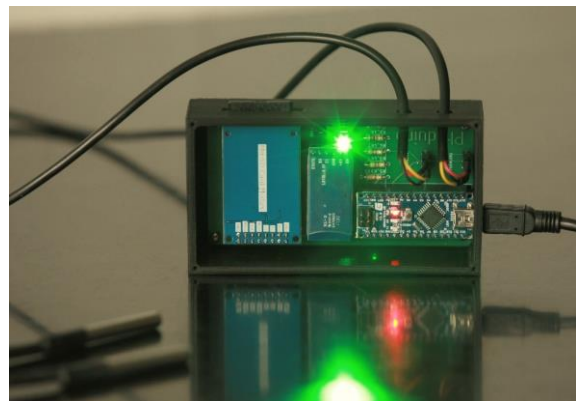


Abb. 5: Messbox mit angeschlossenen Temperatursensoren.

Im Schuljahr 2019/2020 werden in zwei Schulklassen Erfahrungen mit dem Zusammenbau der Messboxen durch Schülerinnen und Schüler und dem Einsatz der Boxen im Unterricht gesammelt. Die Ergebnisse zum Einsatz der Arduinos in der Lehramtsausbildung werden voraussichtlich Ende 2019 vorliegen.

## 6. Literatur

- Cerajewski, R., Zöpfl, C. & Tewes, M. (2018). Computerunterstützte Datenerfassung im Physikunterricht. Eine Umfrage der Fachgruppe Physik des T<sup>3</sup>-Lehrerfortbildungsnetzwerks. In B. Barzel & G. Heckmann (Hrsg.), *Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht im Zeitalter der Digitalisierung* (S. 80–109).
- Fösel, A. (2017). Low Cost - High Fun. Messwerterfassung mit dem Raspberry Pi. *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 0. Zugriff am 21.05.2019. Verfügbar unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/788/932>

- KMK. (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Zugriff am 21.05.2019. Verfügbar unter [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2018/Strategie\\_Bildung\\_in\\_der\\_digitalen\\_Welt\\_idF.\\_vom\\_07.12.2017.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF._vom_07.12.2017.pdf)
- Kurth, C. & Wodzinski, R. (2018). Messwerterfassung mit dem Arduino in der Lehramtsausbildung. *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 0*. Zugriff am 21.05.2019. Verfügbar unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/842/982>
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11., aktualisierte und überarb. Aufl.* Weinheim: Beltz.
- Redecker, C. (2017a). *Digitale Kompetenz Lehrender*, European Union. Zugriff am 21.05.2019. Verfügbar unter [https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/digcompe\\_du\\_leaflet\\_de-2018-09-21pdf.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/digcompe_du_leaflet_de-2018-09-21pdf.pdf)
- Redecker, C. (2017b). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Staaacks, S. (2018). Smartphone-Experimente mit der App "phyphox". *Plus Lucis*, (3), 40–42.
- Walpert, D. (2018). *Einstellungen von Physiklehrkräften zum Einsatz von digitalen Messwerterfassungssystemen im Unterricht*. unv. Examensarbeit. Universität Kassel, Kassel.
- Wenzel, M. & Wilhelm, T. (2015). Erhebung zum Einsatz Neuer Medien bei Physik-Gymnasiallehrern. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 0*. Verfügbar unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/601/737>
- Wilhelm, T. & Trefzger, T. (2010). Erhebung zum Computereinsatz bei Physik-Gymnasiallehrern. *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 0*. Verfügbar unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/109>