

## Konzipierung und Erprobung einer Einführung in das Experimentieren mit der App phyphox

Marija Herdt\*, Maria Hinkelmann\*, Heidrun Heinke\*

\*I. Physikalisches Institut IA, RWTH Aachen University  
Sommerfeldstraße 16, 52074 Aachen  
herdt@physik.rwth-aachen.de

### Kurzfassung

Die App phyphox dient als mobiles Messinstrument und wird vermehrt in der Lehre eingesetzt. Sie findet aber auch bei außerschulischen MINT-Aktivitäten vielfältige Anwendungen. Im Rahmen einer Masterarbeit wurde ein vierwöchiger Kurs für eine MINT-AG im außerschulischen Bereich konzipiert, welcher in insgesamt sechs Stunden einen Einstieg in das Experimentieren mit phyphox bietet. Dieser Kurs soll möglichst motivierend und niederschwellig gestaltet sein und richtet sich an Schüler:innen der Jahrgangsstufen 7-10. Jeder der vier Bausteine fokussiert ein anderes Thema, das mit phyphox-Experimenten untersucht wird. Der erste Baustein besteht aus einem modularen Lernzirkel mit sechs Stationen und liefert Einblicke in die verschiedenen Sensoren des Smartphones und deren Nutzbarkeit in physikalischen Experimenten. In weiteren Bausteinen werden das Inhaltsfeld Akustik am Beispiel einer Flaschen-Panflöte behandelt und das Fadenpendel untersucht. Bei der Erprobung mit ca. 250 Schüler:innen hat sich gezeigt, dass insbesondere die 90-minütige einführende Lerneinheit auch im regulären Physikunterricht breite Einsatzmöglichkeiten finden kann. Die Konzeption der Kurs-Bausteine, ihre Erprobung und Weiterentwicklung im Rahmen des Design-Based Research-Ansatzes werden im Beitrag vorgestellt.

### 1. Motivation

Kinder und Jugendliche wachsen in einer Welt mit voranschreitender Digitalisierung auf und mobile Endgeräte sind aus ihrem Alltag nicht mehr wegzudenken: 99% der 12- bis 19-jährigen Jugendlichen haben in ihrem Haushalt Zugang zu einem Smartphone, 96% besitzen sogar ein eigenes Gerät, welches von 98% täglich oder mehrmals pro Woche genutzt wird (vgl. JIM<sup>1</sup>-Studie 2023, S. 5, S. 7, S. 13).

Diese Entwicklung hat auch die schulische Lehre erreicht: Bereits an 44% der Gymnasien wird ein Tablet und an 39% ein Smartphone täglich oder mehrmals pro Woche im Unterricht eingesetzt (vgl. ebd., S. 59). Mit dem Einsatz von mobilen Endgeräten kann die Medienkompetenz und dabei speziell der reflektierte und zielgerichtete Umgang mit verschiedenen digitalen Werkzeugen geschult werden (vgl. Medienberatung NRW 2020).

Der MINT<sup>2</sup>-Bereich kann besonders von dieser Entwicklung profitieren, da das schwindende Interesse an den MINT-Fächern (vgl. Anger et al. 2023, S. 4), das oft in der Mittelstufe zu beobachten ist, durch das vorhandene Interesse an den erweiterten Möglichkeiten digitaler Medien gemindert oder aufgefangen werden kann.

Als digitales Werkzeug für das Experimentieren in physikalischen Kontexten bietet sich die App phyphox an, welche die Messdaten der in Smartphones integrierten Sensoren ausliest und verarbeitet (vgl.

Staacks 2018a, Staacks 2018b). Die Nutzung eines Alltagsgegenstandes in authentischen Kontexten aus der Lebensrealität von Kindern und Jugendlichen in naturwissenschaftlichen Experimenten kann sie dazu motivieren, sich mit den Inhalten auseinanderzusetzen. Vor diesem Hintergrund ist ein Kurs mit einer niederschweligen Einführung in die App phyphox im Rahmen eines außerschulischen Projekts namens „Labs on Tour“ (vgl. Hinkelmann et al. 2023) für MINT-interessierte Schüler:innen vorrangig aus den Jahrgangsstufen 7 bis 9 entwickelt worden (vgl. Herdt 2023).

### 2. Die App „phyphox“

phyphox steht für „physical phone experiments“ und ist eine kostenfreie App für Android und iOS zur flexiblen Messwertaufnahme mit Smartphones und Tablets. Sie nimmt Daten mit den Sensoren des Geräts (Beschleunigungssensor, Magnetometer, Gyroskop etc.) auf und macht diese durch numerische und graphische Auswertungen für vielfältige Experimente nutzbar. Dabei kann einerseits auf die Rohdaten der Sensoren zugegriffen werden, es ist aber auch möglich, vorgefertigte Experimentkonfigurationen z. B. zu einem Federpendel durchzuführen und dabei spezielle Abhängigkeiten zu untersuchen. Außerdem können neue Experimentkonfigurationen selbst erstellt oder bestehende angepasst werden. Über ein zweites Endgerät kann das Experiment auch mittels Fernzugriff gesteuert werden (vgl. Staacks et al.

<sup>1</sup> JIM – Jugend, Information, Medien

<sup>2</sup> MINT – Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik

2018b, S. 36). Die App wird seit 2016 im universitären Lehrbetrieb eingesetzt und wurde später auch auf den schulischen Kontext ausgeweitet. Sie soll den Lernenden einen einfacheren Zugang zum wissenschaftlichen Arbeiten bieten, aber auch ihre Motivation für die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Inhalten steigern.

Die App phyphox kann dabei nicht nur auf die Daten der geräteinternen Sensoren von Smartphones und Tablets zugreifen, sondern auch die Messdaten externer Sensormodule über Bluetooth Low Energy in Experimente einbinden. Dies bietet verschiedene Vorteile, die z.B. den Zugang zu neuen Messgrößen, zu präziseren Messdaten oder eine kompaktere und/oder robustere Messsensorik umfassen (vgl. Dorsel 2020, Dorsel 2022). An der RWTH Aachen sind diverse externe Sensorboxen (vgl. Dorsel 2023) entwickelt worden. Hierzu gehört ein Sensormodul, das als sogenannte „Satellitenbox“ im Wesentlichen über vergleichbare Sensoren wie viele Smartphones verfügt, jedoch robuster ist und besser in Versuchsaufbauten integriert werden kann. Zusätzlich können Sensoren wie der Luftdrucksensor verwendet werden, welche nicht in allen Smartphones und Tablets verbaut sind. Weitere Sensormodule sind eine E-Lehre-Box, eine Wärmelehre-Box, eine Distanz-Box zur Messung von Entfernungen oder eine Messmodul zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Konzentration, wobei Letzteres als Selbstbausatz entwickelt wurde und von Schüler:innen ab Jahrgangsstufe 6 erfolgreich zusammengebaut und in Betrieb genommen wurde (vgl. Dorsel 2022, Dorsel 2023). Wie oben bereits erwähnt, lassen sich alle diese Sensorboxen einfach über die Bluetooth Low Energy Schnittstelle mit einem mobilen Endgerät mit der App phyphox verbinden.

### 3. Das Projekt „Labs on Tour“

„Labs on Tour“ ist Teil eines Verbundprojekts der RWTH Aachen University mit der StädteRegion Aachen und den Vereinigten Unternehmerverbänden (VUV) Aachen zur MINT-Interessenförderung von Jugendlichen im Freizeit- und Nachmittagsbereich (Hinkelmann et al. 2023). Dabei werden an verschiedenen Schulen in der Städteregion Aachen MINT-

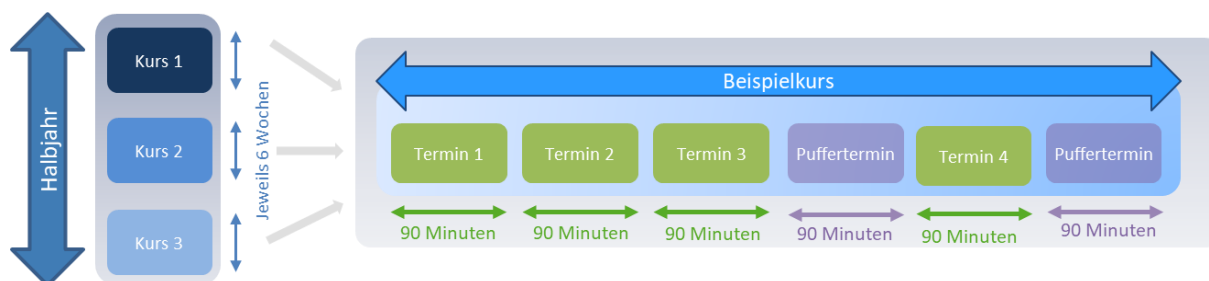
AGs<sup>3</sup> angeboten, die ihren Fokus nicht auf die Vermittlung von fachlichem Wissen, sondern auf die Steigerung der Motivation von Schüler:innen für MINT-Themen, den Abbau von Hemmschwellen und die Vermittlung von Freude an Naturwissenschaften legen (vgl. Hinkelmann et al. 2023, S. 439).

Das Angebot besteht aus drei thematisch verschiedenen Kursen pro Schulhalbjahr. Jeder Kurs beinhaltet vier 90-minütige Einheiten, die innerhalb eines sechswöchigen Zeitslots stattfinden und meist auf den Inhalten von Angeboten von Schülerlaboren der RWTH Aachen basieren und sich somit vom Schulunterricht unterscheiden. Eine Übersicht über das Konzept von „Labs on Tour“ ist in Abbildung 1 dargestellt. Die AG richtet sich im Regelfall an MINT-interessierte Schüler:innen der Jahrgangsstufen 7 bis 9, in Ausnahmen auch an die Jahrgangsstufe 10. Die Gruppenzusammensetzung ist dabei klassen- und auch jahrgangsstufenübergreifend, was sich auf die Gruppendynamik auswirkt und eine breite Heterogenität bedeutet. Bei der Konzipierung eines Kurses für „Labs on Tour“ ist darauf zu achten, dass „alle Aktivitäten möglichst zum Mitmachen und Ausprobieren anregen“ (ebd., S. 441). Besonders selbstständige und freie Arbeit, in der eigene Projekte zum Mitnehmen entwickelt werden können, wird von Schüler:innen willkommen geheißen. Auf dieser Grundlage ist für „Labs on Tour“ ein einsteigsfreundlicher Kurs zur App phyphox und zu ihren verschiedenen Anwendungen konzipiert worden, welcher den Schüler:innen besonders Möglichkeiten zum Nachmachen und weiteren Erforschen und Entdecken physikalischer Phänomene in ihrem Alltag bietet.

### 4 Inhalte des konzipierten Kurses

Ziel des Kurses ist es, Schüler:innen insbesondere im Bereich Physik mit Hilfe der App phyphox zum Experimentieren zu motivieren und ihr Interesse daran zu stärken.

Jede der vier Einheiten folgt der selben grundlegenden Struktur: Nach einem ca. 30-minütigen interaktiven Theorieteil, der gestützt durch eine Präsentation als Einführung in den behandelten Themenbereich dient, erfolgt eine praktische Phase, in der die Schü-



**Abb. 1:** Konzept der MINT-AG und ausgewählte Beispiellernen von Labs on Tour mit Inhalten aus den Schülerlaboren. Innerhalb von einem Halbjahr werden 3 Kurse aus verschiedenen Fachgebieten angeboten, die in einem Zeitraum von jeweils sechs Wochen mit vier Terminen zu je 90 Minuten stattfinden. Quelle: Abbildung nach Hinkelmann et al. 2023, S. 441.

<sup>3</sup> AG – Arbeitsgemeinschaft

ler:innen in etwa 45 min verschiedene, teils selbst gewählte Versuche durchführen. Dadurch können die Schüler:innen in einem großen Anteil der Kurszeit aktiv und selbstständig arbeiten. Teilweise findet zum Schluss eine Sicherung mit einer Dauer von ungefähr 15 min statt. Außerdem werden den Schüler:innen am Ende weiterführende Aufgaben als sogenannte „Challenges“ präsentiert, die sie dazu animieren sollen, sich mit der App phyphox und damit zugänglichen physikalischen Fragestellungen im Alltag weiter auseinanderzusetzen und ihre Umwelt zu erforschen.

Die einzelnen Einheiten werden als Kurs-Bausteine bezeichnet, da ihre Reihenfolge, bis auf den ersten Baustein A, beliebig gewählt werden kann. Bisher sind drei Bausteine vollständig konzipiert und bereits erprobt worden, die in dem Beitrag beschrieben werden. Darüber hinaus gibt es einige Ideen für weitere Bausteine, die ebenfalls nachfolgend skizziert werden.

#### 4.1 Baustein A: phyphox und die nutzbaren Sensoren

Im ersten Baustein erfolgt in Form eines modularen Lernzirkels eine Einführung in die App phyphox und in eine Auswahl von Sensoren, die von der App ausgelesen werden können.



Abb. 2: Lokalisierung des Magnetfeldsensors im Smartphone.

Der Baustein beginnt mit der Demonstration verschiedener Möglichkeiten, wie phyphox eingesetzt werden kann, und dem Sammeln von in Smartphones integrierten Sensoren in der Schülergruppe. Am Beispiel des Magnetfeldsensors wird anschließend der Umgang mit der App präsentiert, indem die Schüler:innen den Sensor in ihrem Endgerät mit Hilfe eines Magneten und eines Eisennagels lokalisieren (s. Abb. 2). Diese Einführung findet in der gesamten Gruppe von bis zu 30 Schüler:innen statt und dauert ca. 30 min. Danach begeben sich die Schüler:innen in Kleingruppen zu bis zu sechs zur Verfügung stehenden Stationen, die sie zur Bearbeitung frei wählen.

Die Stationen behandeln unterschiedliche Inhalte und greifen auf verschiedene Sensoren der Smartphones zu. So können die Schüler:innen die Geschwindigkeit

eines Aufzugs messen, die Drehgeschwindigkeit eines Fidget-Spinners bestimmen, Magnetfelder in ihrer Umgebung untersuchen oder ihren eigenen Puls sowie ihren Hörbereich mit dem Smartphone bestimmen. In diesem Baustein liegt der Fokus darauf, einen ersten Einblick in die App zu gewähren und den Umgang mit ihr zu üben. Im Sinne der Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (vgl. Deci & Ryan 1993) werden zur Steigerung der Motivation der Schüler:innen an den Stationen einfache, gleichwohl fordernde Aufgaben bearbeitet (Kompetenzerleben). Außerdem suchen sich die Schüler:innen als Kleingruppe (soziale Zugehörigkeit) die Stationen, die sie bearbeiten möchten, selbst aus (Autonomie). Aus diesem Grund wurde auf eine gemeinsame Sicherung verzichtet. Jedoch werden den Schüler:innen am Ende weiterführende Aufgaben (Challenges) für zu Hause präsentiert, die diese bei Interesse bis zum nächsten AG-Termin bearbeiten können.

#### 4.2 Baustein B: phyphox und Musik

Im Baustein B wird Physik mit Musik verbunden, indem die Schüler:innen eine „Flaschen-Panflöte“ (s. Abb. 3), bei ersten Durchführungen „Flaschen-Xylophon“ genannt, als Musikinstrument mit Hilfe von phyphox stimmen und als Gruppe ein Musikstück einüben.



Abb. 3: Eine Flaschen-Panflöte.

Zu Beginn wird als Vorbereitung auf den praktischen Teil eine Einführung zum Thema Akustik gegeben. Hier werden die Schallentstehung und -ausbreitung behandelt sowie das Verständnis hinter den unterschiedlichen Tonhöhen und Frequenzen wiederholt. Letzteres wird mit Hilfe eines kurzen Schülerversuchs beim Schwingen unterschiedlich langer Lineale verdeutlicht. Der physikalische Hintergrund wird anschließend durch einen musikalischen Input bezüglich der Noten und ihrer Benennungen ergänzt.

Mit diesen Grundlagen sollen die Schüler:innen dann unter Nutzung von phyphox die Flaschen-Panflöte erstellen, welche aus mehreren Flaschen mit unterschiedlichen Füllständen besteht. Beim Pusten über den Flaschenhals entsteht ein Ton, dessen Frequenz mit Hilfe der App bestimmt werden kann. Als Kleingruppe studieren die Schüler:innen schließlich ein bekanntes Lied auf ihrer Flaschen-Panflöte ein, welches

sie den anderen Kleingruppen vorspielen. Diese müssen das Lied erraten. Erneut schließt die Einheit mit zusätzlich vorgestellten Challenges, hier im Bereich Akustik, ab.

#### 4.3 Baustein C: phyphox und die Schaukel

Baustein C behandelt die Untersuchung von Einflüssen auf die Schwingung eines Fadenpendels im Kontext einer Schaukel.



**Abb. 4:** Ein Fadenpendel mit einem Smartphone als schwingende Masse.

Zuerst werden Beispiele verschiedener Fadenpendel aus dem Alltag der Schüler:innen gesammelt. Danach wird besprochen, wie ein Pendel physikalisch beschrieben werden kann, wobei besonders auf die Periodendauer eingegangen wird. In der praktischen Phase stellen die Schüler:innen Hypothesen auf, welche Faktoren einen Einfluss auf die Periodendauer einer Schaukel haben, und untersuchen anschließend experimentell die Abhängigkeiten der Periodendauer von der Masse, der Fadlänge und der Größe der Auslenkung (s. Abb. 4). Ihre Ergebnisse werden gemeinsam in der Sicherung besprochen und Schlüsse zu den Ausgangshypothesen gezogen. Zum Schluss werden die Schüler:innen dazu aufgefordert, eine reale Schaukel auf einem Spielplatz in ihrer Freizeit mit phyphox zu untersuchen.

#### 4.4 Weitere mögliche Bausteine

Es sind bereits drei Kurs-Bausteine ausgearbeitet worden. Obgleich für die Ausgestaltung eines Moduls von „Labs on Tour“ nur vier Bausteine notwendig wären, soll mit einer größeren Vielfalt von Bausteinen für Betreuer:innen und/oder die Schüler:innen der Freiraum geschaffen werden, aus einem Material-Pool je nach Bedarf, Interesse und Kenntnisstand der Schüler:innen eine Auswahl treffen zu können. Es wird erwartet, dass diese Vorgehensweise motivationsförderlich wirkt.

So können beispielsweise in Anlehnung an Bouquet et al. (vgl. Bouquet et al. 2020) unterschiedliche Wege zur Bestimmung einer Höhe oder analog der Erdbeschleunigung behandelt werden. Damit soll

aufgezeigt werden, wie vielfältige Wege bei der Lösung eines experimentellen Problems gewählt werden können. Gleichzeitig werden physikalisches Wissen vermittelt sowie insbesondere die Kreativität der Schüler:innen bei der Planung und Durchführung von Experimenten gefördert.

Analog zu Baustein C ist auch die Untersuchung der Einflüsse verschiedener Größen auf die Periodendauer eines Federpendels umsetzbar. Hier können Alltagsgegenstände wie ein Haargummi als Federpendel zum Einsatz kommen, um den Alltagsbezug der physikalischen Phänomene noch sichtbarer zu machen. Ein Baustein zum Federpendel kann entweder ergänzend zum Baustein C zum Fadenpendel eingesetzt werden, so dass man auf gemeinsame physikalische Grundlagen zurückgreifen kann. Beide Bausteine können aber auch alternativ den Schüler:innen im Sinne der Möglichkeit der autonomen Entscheidung der Lernendengruppe und damit der Motivationsförderung zur Wahl gestellt werden.

phyphox bietet zudem durch die in Abschnitt 2 beschriebene Möglichkeit des Einsatzes externer Sensorboxen weitere vielfältige Zugänge zu Schülerexperimenten. Deshalb kann eine Einführung in solche externen Sensormodule in Kombination mit der Behandlung spezieller Themen passend zu einem gewählten Sensormodul eine Vielzahl an Möglichkeiten zu neuen Kurs-Bausteinen eröffnen. Insbesondere lässt sich so auch ein fächerübergreifender Baustein konzipieren, der beispielsweise Inhalte der Physik und Biologie oder aus dem Bereich Sport miteinander verbindet.

## 5. Einsatz und Evaluation

### 5.1 Rahmenbedingungen der Erprobung

Der gesamte Kurs bzw. Teile davon wurde(n) in unterschiedlichen Lernsettings erprobt. Baustein A ist mit 13 Gruppen von insgesamt 259 Schüler:innen der Jahrgangsstufen 7 bis 10 erprobt worden: Drei Erprobungen haben dabei im Rahmen von „Labs on Tour“ stattgefunden, zwei Durchführungen fanden in Ferienangeboten statt, während acht Gruppen den Baustein im unterrichtlichen Kontext bearbeitet haben. Auf diesen Baustein ist in der Erprobung ein Fokus gesetzt worden, da dieser die Grundlage des Kurses darstellt und besonders wichtig für eine Einführung in das Experimentieren mit der App phyphox darstellt. In dieser Erprobung hat sich auch ergeben, dass der Baustein A nach Meinung der involvierten Lehrkräfte ebenso breite Einsatzmöglichkeiten im Physikunterricht bietet.

Baustein B ist in 2 Gruppen (1x „Labs on Tour“, 1x Ferienangebot) mit 16 Schüler:innen durchgeführt worden. Baustein C wurde bisher in einer Gruppe von 9 Schüler:innen im Rahmen von „Labs on Tour“ eingesetzt.

Nach jedem Termin wurde ein Feedback-Bogen mit den offenen Fragen „Was hat dir an diesem Termin (nicht) gut gefallen?“ ausgefüllt und mit Hilfe der



qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz untersucht (vgl. Kuckartz 2016). Aus den Antworten sind induktiv Kategorien gebildet worden, denen die einzelnen Codiersegmente zugeordnet wurden. Ausgehend von der Anzahl an Codiersegmenten je Kategorie konnten so Schlüsse aus den Erprobungen gezogen werden. Diese Schlüsse sind in die Weiterentwicklung der Kurs-Bausteine in mehreren Überarbeitungszyklen nach dem Design-Based Research-Ansatz (vgl. Reinmann 2017) eingeflossen.

## 5.2 Erkenntnisse aus der Erprobung

Aus den Erprobungen konnten vielfältige Erkenntnisse besonders zum Baustein A gezogen werden. Aufgrund der geringen Stichprobe bei der Erprobung der Bausteine B und C sind Ergebnisse hierzu mit Bedacht zu betrachten.

Insgesamt war das Feedback zu den Kurs-Bausteinen positiv. Dies wird unter anderem an der mittleren Anzahl an geschriebenen Wörtern im Feedback deutlich, die für das positive Feedback deutlich höher ist als für das negative (je nach Baustein liegt der Faktor zwischen 1,7 und 3). Es besteht insbesondere ein hohes Interesse seitens der Schüler:innen an den vorgestellten Inhalten. In einem Projekt oder Ferienangebot, das sich an MINT-interessierte Schüler:innen richtet und den Fokus auf Interessenförderung legt, ist ein eher positives Feedback diesbezüglich zu erwarten gewesen. Da aber insbesondere der Kurs-Baustein A nicht nur im außerschulischen Bereich durchgeführt wurde, sondern zum Großteil im unterrichtlichen Kontext mit sehr heterogenen Klassen, ist diese Erkenntnis besonders bemerkenswert. Hier kann davon ausgegangen werden, dass zu einem gewissen Grad eine Motivierung stattgefunden hat, sodass es vielversprechend erscheint, mindestens diesen Kurs-Baustein genauso umfassend im Unterricht einzusetzen. Auch von den Lehrkräften kam eine positive Resonanz bezüglich eines möglichen Einsatzes im Unterricht.

Von den Schüler:innen wurden zudem der hohe Grad der Selbstständigkeit im Kurs und der hohe Anteil an praktischer Arbeit positiv bewertet, genauso wie die Vielfalt der gewählten Themen und Experimente.

Teilweise traten jedoch (Verständnis-)Probleme auf und ein hoher Schwierigkeitsgrad ist zurückgemeldet worden. Dieses Feedback wurde in die neuen Versionen der Arbeitsblätter eingearbeitet.

Des Weiteren wurde ein Wunsch nach einer Sicherung geäußert. Deshalb wurden Lösungsblätter zu den einzelnen Stationen des Kurs-Bausteins A erstellt.

Schließlich wurde das Flaschen-Xylophon aufgrund der irreführenden Namensgebung bezüglich der vorgesehenen Spielweise des Musikinstruments in Flaschen-Panflöte umbenannt.

## 6. Ausblick

Der konzipierte Kurs, der als Einführung in das Experimentieren mit phyphox dienen soll, hat sich mit

seinen einzelnen Bausteinen nicht nur im außerschulischen, sondern auch im unterrichtlichen Kontext als erfolgreich erwiesen. Aus diesem Grund wird insbesondere der Kurs-Baustein A in Zukunft genauer ausgearbeitet und sein Einsatz untersucht. Der Baustein bietet durch die freie Wahl der Stationen und das Arbeiten in Kleingruppen ein hohes Maß an Selbstbestimmung und sozialer Zugehörigkeit, was eine positive Wirkung auf die Motivation bei Schüler:innen im Physikunterricht erwarten lässt. Inwiefern diese Erwartung erfüllt wird, soll in Zukunft gezielt untersucht werden. Deshalb wird der modulare Lernzirkel mit zusätzlichen Stationen erweitert, sodass den Schüler:innen eine größere Auswahl zur Verfügung steht, und es werden weitere Erprobungen folgen.

Außerdem sollen zukünftig Lehrkräfte bezüglich ihrer Einstellung zu Smartphone-Experimenten im Unterricht vor und nach einer derartig niederschweligen Einführung befragt werden. Dabei interessiert insbesondere, ob das Erleben des Lernzirkels und der damit verbundenen Vielfalt von Smartphone-Experimenten zu einem möglichen Wandel in der Akzeptanz solcher Experimente führen kann. In Verbindung damit lässt sich nach dem unterrichtlichen Einsatz der Einführung in Smartphone-Experimente die Häufigkeit der Nutzung von Smartphone-gestützten Experimenten im Verlauf eines Schuljahres festhalten.

## 7. Literatur

- Anger, C; Betz, J. & Plünnecke, A. (2023). MINT-Frühjahrsreport 2023. MINT-Bildung stärken, Potenziale von Frauen, Älteren und Zuwandernden heben. Gutachten für BDA, Gesamtmetall und MINT Zukunft schaffen. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft.
- Bouquet, F.; Bobroff, J.; Kolli, A. & Organtini, G. (2020). 61 ways to measure the height of a building: an introduction to experimental practices. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.11606>.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik, 39 (2), S. 223-238. Weinheim/Basel: Beltz Juventa. DOI: <https://doi.org/10.25656/01:11173>.
- Dorsel, D.; Krampe, A.; Staacks, S.; Heinke, H. & Stampfer, C. (2020). phyphox als Visualisierungstool für Sensordaten aus Arduino-gestützten Messmodulen. PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung, 1, S. 305-308. Abgerufen am 22.05.2024 von <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1051>.
- Dorsel, D.; Staacks, S.; Heinke, H.; Stampfer, C.; Kuhn, J. & Wilhelm, T. (2022). Visualisierung von Messdaten eigener Sensormodule mit phyphox. In: Physik in unserer Zeit, 53 (3), S. 151-152. DOI: <https://doi.org/10.1002/piuz.202270310>.

- Dorsel, D. (2023). Entwicklung der Nutzbarkeit externer Sensoren bei Smartphone-Experimenten und deren Einsatz in naturwissenschaftlichen Experimenten. Dissertation. II. Physikalisches Institut IIA der RWTH Aachen University.
- Herdt, M. (2023). Konzipierung und Erprobung eines Kurses mit phyphox-Experimenten im außerschulischen Bereich. Masterarbeit. I. Physikalisches Institut IA der RWTH Aachen University.
- Hinkelmann, M.; Heinke, H. & Winkens, T. (2023). Labs on Tour. MINT-Angebote im Nachmittags- und Freizeitbereich. PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung, 1(1), S. 439-444. Abgerufen am 22.05.2024 von <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1394>.
- JIM-Studie; Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2023). JIM-Studie 2023 - Jugend, Information, Medien. Abgerufen am 11.12.2023 von [https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2022/JIM\\_2023\\_web\\_final\\_kor.pdf](https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2022/JIM_2023_web_final_kor.pdf).
- Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim und Basel: Beltz Juventa.
- Medienberatung NRW (2020). Medienkompetenzrahmen NRW. Abgerufen am 18.12.2023 von [https://medienkompetenzrahmen.nrw/fileadmin/pdf/LVR\\_ZMB\\_MKR\\_Rahmen\\_A4\\_2020\\_03\\_Final.pdf](https://medienkompetenzrahmen.nrw/fileadmin/pdf/LVR_ZMB_MKR_Rahmen_A4_2020_03_Final.pdf).
- Reinmann, G. (2017). Design-based Research. In: Schemme, D. & Novak, H. (Hrsg.). Gestaltungsorientierte Forschung – Basis für soziale Innovationen. Erprobte Ansätze im Zusammenwirken von Wissenschaft und Praxis, S. 49-61. Bielefeld: Bertelsmann.
- Staacks, S.; Hütz, S.; Heinke, H. & Stampfer, C. (2018a). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. In: Physics Education, 53. DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e>.
- Staacks, S.; Heinke, H. & Stampfer, C. (2018b). Smarte Experimente. In: Physik Journal, 17 (11), S. 35-38. Weinheim: WILEY-VCH.