

## **Implementation modularer Smartphone-Experimente im Physikunterricht**

**Marija Herdt, Heidrun Heinke**

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

### **Kurzfassung**

Viele Lehrkräfte verfolgen bei der Implementation von Unterrichtsinnovationen an Schulen eine steinbruchartige und pragmatische Nutzung von zur Verfügung gestellten Unterrichtsmaterialien. Mit einem alternativen Implementationsansatz wird dem Rechnung getragen, um so die Akzeptanz für Innovationen nachhaltig zu erhöhen. Dies wird am Beispiel der kostenfreien App phyphox für den Physikunterricht der Sekundarstufe I umgesetzt, die den Einsatz von Smartphones und Tablets als mobile Messinstrumente ermöglicht. Zur breiten Implementation von Smartphone-Experimenten im schulischen Kontext wurden ein Unterrichtskonzept und Begleitmaterialien entwickelt, die in Kooperation mit Lehrkräften weiterentwickelt und in der Schulpraxis getestet werden. Das Unterrichtskonzept beinhaltet eine Einführungsstunde, welche durch einen modularen Lernzyklus Einblicke in die verschiedenen Sensoren des Smartphones und deren Nutzbarkeit in Experimenten liefert. Zusätzlich werden den Lehrkräften low-cost Experimentiersets bereitgestellt, welche Arbeitsblätter, Lehrkräftehandreichungen sowie das experimentelle Zubehör in Klassenstärke zu zahlreichen Schülerexperimenten aus verschiedenen lehrplanrelevanten Inhaltsfeldern enthalten. Diese können die Lehrkräfte nach eigenem Ermessen in ihren Unterricht integrieren. Der Ansatz soll einen niederschwelligen Zugang zu einem breiteren unterrichtlichen Einsatz digitaler Messwerterfassung unter Nutzung von Smartphones ermöglichen. Eine Studie soll zeigen, inwiefern dieser Ansatz erfolgreich ist.

### **Abstract**

When implementing teaching innovations in schools, many teachers take a piecemeal and pragmatic approach to using the provided teaching materials. An alternative implementation approach considers this challenge in order to sustainably increase the acceptance of innovations. This is implemented through the example of the free phyphox app, which supports secondary school physics lessons by turning smartphones into mobile measuring instruments. For the widespread implementation of smartphone experiments in schools, a teaching concept and accompanying materials have been developed. These are being further refined in collaboration with teachers and tested in real classroom settings. The teaching concept includes an introductory lesson using a modular learning cycle that provides insights into various smartphone sensors and their applicability in experiments. In addition, teachers are provided with low-cost experiment kits, containing worksheets, teacher handouts and experimental accessories for class-sized groups. These kits support numerous student experiments from different curriculum-relevant content areas, and teachers can integrate them into their lessons as needed. The approach aims to offer easy access to a broader use of digital data acquisition in the classroom using smartphones. A study aims to show to what extent this approach is successful.

## **1. Motivation**

### **1.1 Status quo der Implementationsforschung**

Wenn es darum geht, neue Unterrichtskonzepte in der Schule nachhaltig zu implementieren, wird der Prozess oft von verschiedenen Hindernissen begleitet, beispielsweise von einem hohen wahrgenommenen Aufwand, fehlenden Ressourcen oder einer fehlenden Passung zum Schulalltag. So neigen Lehrkräfte dazu, Innovationen pragmatisch zu nutzen und nur bestimmte Merkmale der vorgeschlagenen, teilweise komplexen Konzepte herauszugreifen. Außerdem bevorzugen sie explizite Anleitungen, die sich an curricularen Vorgaben orientieren. Zu diesen Ergebnissen

kommen ein Vergleich von 47 Implementierungsstudien unterschiedlicher Schulstufen und -typen aus Europa und den USA (vgl. Breuer et al., 2020) und eine Untersuchung des Zusammenspiels verschiedener Einflussfaktoren auf die Implementierung eines Unterrichtskonzepts zur Quantenmechanik in der Oberstufe (vgl. Breuer et al., 2022).

Auf diese Erkenntnisse kann mit einem symbiotischen Implementationsansatz (vgl. Gräsel & Parchmann, 2004) reagiert werden. Nach diesem Ansatz arbeiten unterschiedliche Experten an der Entwicklung und Umsetzung einer pädagogischen Innovation, was bedeutet, dass auch Lehrkräfte in die Gestaltung von Unterrichtskonzepten und -materialien durch Hoch-

schulen sowie in ihre Verbreitung integriert werden. Durch eine langfristige Zusammenarbeit und mehrfache Erprobungen und Revisionsschleifen wird eine Optimierung der Unterrichtsinnovation ermöglicht. Eine solche Kooperation wird auch deshalb als positiv beurteilt, weil es durch den Erfahrungsaustausch der Akteure zu einer Kompetenzerweiterung und Reflexion des Unterrichts kommt.

In der hier vorgestellten Studie soll die Strategie der symbiotischen Implementation am Beispiel einer Einbettung von Smartphone-Experimenten in den Physikunterricht umgesetzt werden. Dabei werden nachfolgend unter der Bezeichnung Smartphone-Experimente sowohl Experimente mit einem Smartphone als auch mit einem Tablet verstanden, bei denen auf die Daten geräteinterner Sensoren als digital erfasste Messwerte zurückgegriffen wird. Zur Implementation solcher Experimente werden neben Unterrichtskonzeptionen mit Arbeitsblättern und Lehrkräftekreichungen auch Sets mit kostengünstigem Experimentiermaterial zur Verfügung gestellt.

## 1.2 Smartphone-Experimente

Smartphones (und Tablets) sind bereits ein elementarer Bestandteil des Alltags, besonders bei Jugendlichen. 93 % bzw. 59 % der Zwölf- bis 19-Jährigen in Deutschland besaßen 2024 ein eigenes Smartphone bzw. Tablet (vgl. JIM<sup>1</sup>-Studie, 2024, S. 7). Ähnlich fallen die Werte bei der Angabe einer täglichen oder mehrfachen Nutzung pro Woche aus (vgl. ebd., S. 14). Auch in der Schule werden digitale Endgeräte vermehrt genutzt. An 39 % bzw. an 44 % der Gymnasien wird ein Smartphone bzw. Tablet täglich oder mehrmals pro Woche verwendet (vgl. JIM-Studie, 2023, S. 59).

Speziell für den naturwissenschaftlichen Unterricht kann die Verwendung von Smartphones und Tablets gewinnbringend sein. Hierfür kommen entsprechend dem DiKoLAN-Modell<sup>2</sup> u.a. Einsatzmöglichkeiten in den Kompetenzbereichen Messwert- und Datenerfassung sowie Datenverarbeitung in Frage (vgl. Becker et al., 2020). In diesen werden Fähigkeiten beschrieben, die in Bezug auf die Nutzung digitaler Werkzeuge und die Weiterverarbeitung und Analyse ihrer erfassten Daten als Basiskompetenzen gelten. Auch der Medienkompetenzrahmen NRW sieht vor, „[v]erschiedene digitale Werkzeuge und deren Funktionsumfang [zu] kennen, aus[zu]wählen sowie diese kreativ, reflektiert und zielgerichtet ein[zu]setzen“ (Medienberatung NRW, 2020).

Smartphone-Experimente bergen demnach ein großes und vielfältiges didaktisches Potenzial für den (Physik-)Unterricht und bieten zusätzlich vielfältige Möglichkeiten, diesen durch die Verknüpfung mit der Lebenswelt der SuS<sup>3</sup> ansprechender zu gestalten. Für

diese Zwecke soll die App phyphox verwendet werden.

Phyphox (für „physical phone experiments“) ist eine im Jahr 2016 an der RWTH Aachen entwickelte kosten- und werbefreie App für Android und iOS, mit der über die Sensoren von Smartphones und Tablets (z. B. Beschleunigungssensor, Barometer, Gyroskop) physikalische Messdaten erfasst und ausgewertet werden können. Über die sowohl numerische als auch grafische Auswertung lässt sich die App für vielfältige Experimente im Bildungskontext nutzbar machen (vgl. Staacks, 2018a).

So können Nutzer:innen Rohdaten auslesen, vorgefertigte Experimente durchführen oder eigene Versuche im Web-Editor erstellen. Mit letzterem lässt sich der Schwierigkeitsgrad der Durchführung und Auswertung der Experimente an die Lerngruppe anpassen. Auch kann der Fokus beim Experimentieren von der Auswertung der Daten auf die Versuchsdurchführung selbst verlegt werden. Funktionen wie eine Fernsteuerung über den Webbrower eines zweiten Gerätes oder eine Zeitäutomatik erleichtern zudem die Durchführung der Experimente. Ziel der App ist es, wissenschaftliches Arbeiten niedrigschwellig zu vermitteln und das Interesse an Naturwissenschaften durch die Nutzung eines Alltagsgegenstandes (zum Teil in Alltagskontexten) zu fördern (vgl. Staacks, 2018b).

Die App ist seit ihrer Entwicklung in der Hochschullehre im Einsatz, wurde aber frühzeitig auch in zahlreichen Schulen genutzt. Darauf deuten u.a. die Installationszahlen hin, wonach phyphox bereits auf über neun Millionen Geräten (Stand Mai 2025) installiert wurde. Insbesondere die 4 Millionen sogenannten Volumeninstallationen, die seit September 2021 für iOS-Geräte separat ausgewiesen werden, sind ein Indiz dafür, dass phyphox auf vielen Schultablets vorhanden und somit als Standard-App im Bildungssystem angekommen ist. Sie schränken aber gleichzeitig auch die Verlässlichkeit der Aussagen zum Umfang des Einsatzes von phyphox deutlich ein. Aus der Öffentlichkeitsarbeit z.B. auf Bildungsmessen oder von Lehrkräftefortbildungen wissen wir, dass phyphox häufig bekannt ist, aber trotzdem nicht zwingend genutzt wird, da einigen Lehrkräften ein niederschwelliger Zugang fehlt. Diese Beobachtungen haben die hier vorgestellten Entwicklungen motiviert.

## 2. Ein niederschwelliger Zugang zu Smartphone-Experimenten mit dem phyphox:kit

Für einen niederschwelligen Zugang zu einem unterrichtlichen Einsatz von Smartphones und Tablets als Experimentiermedium unter der Nutzung der App phyphox wurde ein Set von Materialien entwickelt, das sich an SuS ab der Mittelstufe richtet. Diese Materialien umfassen:

---

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

<sup>2</sup> DiKoLAN – Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften

<sup>3</sup> SuS – Schülerinnen und Schüler

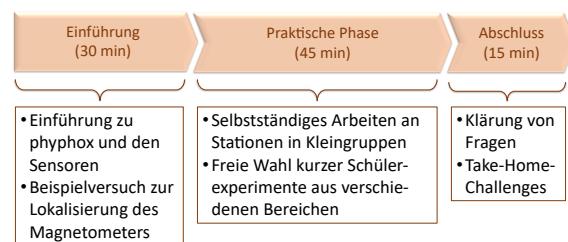
- das Konzept für eine 90-minütige Einführungsstunde zum Kennenlernen der App und zur Schulung des Umgangs mit ihr,
- 15 modulare Arbeitsblätter zu exemplarischen Experimenten in verschiedenen, meist lehrplanrelevanten physikalischen Inhalten mitsamt entsprechendem didaktischen Begleitmaterial wie Tipp- und Lösungskarten,
- wesentliche Teile des experimentellen Zubehörs zur Durchführung der Einführungsstunde und der weiteren Experimente, das in Klassensätzen zur Verfügung gestellt wird,
- eine Lehrkräftehandreichung, mit der sich Lehrkräfte einen Überblick über die Experimente und die ergänzenden Materialien verschaffen können.

Alle Bestandteile a) bis d) werden als sogenanntes phyphox:kit<sup>4</sup> zusammengefasst.

Ausgehend von der Annahme, dass Smartphone-Experimente den Physikunterricht in vielfältiger Weise bereichern können, ist das Ziel des phyphox:kits, die Hürden bei der Implementation von Smartphone-gestützten Experimenten zu minimieren und ihren breiten Einsatz in Schulen zu fördern. Nachfolgend werden die einzelnen Bestandteile des phyphox:kits erneut detaillierter vorgestellt.

## 2.1 Einführungsstunde

Die Einführungsstunde bietet einen niederschwelligen Einstieg in das Experimentieren mit Smartphones und Tablets unter Verwendung der App phyphox. Dabei stehen der Umgang mit der App und das Kennenlernen verschiedener Sensoren im Vordergrund. Die Einführung hat eine Dauer von 90 Minuten und ist in drei Phasen unterteilt (s. Abb. 1):



**Abb. 1:** Übersicht zum Ablauf der Einführungsstunde im phyphox:kit. Quelle: Eigene Darstellung.

### 1. Theoretische Einführung (ca. 30 min.):

In dieser Phase lernen die SuS den Umgang mit der App phyphox kennen, indem verschiedene Anwendungsmöglichkeiten der App im Alltag vorgestellt werden. Außerdem werden die in Smartphones typischerweise verbauten Sensoren behandelt, auf die phyphox zur Messwertaufnahme zugreifen kann, so-

wie deren Funktionen im Alltag erläutert. Abschließend wird gemeinsam anhand eines Beispielversuchs zur Lokalisierung des Magnetfeldsensors am eigenen Gerät die grundsätzliche Bedienung der App erarbeitet.

### 2. Praktische Phase (ca. 45 min.):

Der Schwerpunkt der Einführungsstunde liegt auf der praktischen Phase, in der die SuS einen modularen Lernzirkel durchlaufen. In Kleingruppen durchlaufen sie selbstständig verschiedene Stationen, die sie frei auswählen und in ihrem eigenen Tempo bearbeiten können. Die bereitgestellten Experimente stellen die Bandbreite an Sensoren vor und sollen das Interesse der Lernenden wecken. Da sie vor allem verschiedene Optionen für Smartphone-Experimente dokumentieren sollen, sind sie inhaltlich nicht aufeinander abgestimmt. So wird es den SuS ermöglicht, die vielfältigen Funktionen der App kennenzulernen und erste praktische Erfahrungen im Umgang mit dieser zu sammeln.

### 3. Abschluss (ca. 15 min.):

Wegen des Lernzirkelcharakters und der inhaltlichen Heterogenität der einzelnen Experimente ist keine klassische Sicherung für die Stunde vorgesehen. Stattdessen werden offen gebliebene Fragen beantwortet. Außerdem werden den SuS sogenannte „Take-Home-Challenges“ mit auf den Weg gegeben, um sie dazu zu motivieren, in ihrer Freizeit die Welt außerhalb des Fachraumes mit einem für praktisch Jede:n verfügbaren mobilen Messgerät zu erforschen. Die im Rahmen der Challenges entstandenen Ergebnisse können von den SuS in den nächsten Unterrichtsstunden präsentiert werden.

Die Einführungsstunde kam bereits mehrfach zum Einsatz: Sie ist mit über 300 SuS aus den Jahrgangsstufen 7 bis 10 erprobt worden und wurde auch in diversen Lehrkräftefortbildungen vorgestellt und mit Lehrkräften diskutiert. Die Einführung erhielt dabei sowohl seitens der SuS als auch der Lehrkräfte positives Feedback (vgl. Herdt, 2024). Von Lehrkräften selbst ist die Einführungsstunde bisher jedoch noch nicht systematisch eingesetzt worden. Um dies zukünftig zu ermöglichen, wird eine kommentierte Präsentation sowie ein Ablaufplan im phyphox:kit zusammen mit dem wesentlichen experimentellen Material für die Lernzirkelstationen (siehe Abschnitt 2.4) zur Verfügung gestellt.

## 2.2 Arbeitsblätter zu den Experimenten

Im phyphox:kit sind Vorschläge und Materialien für insgesamt 16 Smartphone-Experimente für den Physikunterricht der Sekundarstufe I enthalten, wovon 14 Schülerexperimente sind, die lehrplanrelevanten<sup>5</sup> Inhalten zugeordnet werden können. Zwei weitere Experimente orientieren sich nicht an curricularen

<sup>4</sup> Der vollständige Name des Materialsets heißt „phyphox:kit Basis Physik v1“. Es wird aber der Einfachheit halber hier als phyphox:kit bezeichnet.

<sup>5</sup> Am Beispiel der Kernlehrpläne Physik für die Sekundarstufe I an Gymnasien und Gesamtschulen in NRW

Vorgaben, werden aber durch ihren spielerischen und motivierenden Charakter für den Einsatz im Lernzirkel der Einführungsstunde empfohlen.

Folgende Inhaltsfelder werden im phyphox:kit abgedeckt (hier exemplarisch nach dem Kernlehrplan Physik für Gymnasien in NRW, vgl. MSW NRW, 2019), wobei die Zahl in Klammern die Anzahl der beigefügten Experimente für das entsprechende Inhaltsfeld angibt:

- a) Elektrischer Strom und Magnetismus (1)
- b) Schall (5)
- c) Licht (1)
- d) Sterne und Weltall (2)
- e) Bewegung, Kraft und Energie (3)
- f) Druck und Auftrieb (2)

Die Arbeitsblätter sind simpel gehalten mit vielen anschaulichen Grafiken und beschränken sich auf maximal zwei Seiten. Lehrkräfte haben ihr übersichtliches und ansprechendes Layout positiv bewertet. Die Arbeitsblätter sind mit Creative-Commons-Lizenzen versehen und werden den Lehrkräften in editierbarer Version zur Verfügung gestellt.

### 2.3 Didaktisches Begleitmaterial

Das didaktische Begleitmaterial zu den Experimenten umfasst folgende Elemente:

a) Lehrkräftehandreichung:

Die Handreichung dient Lehrkräften zur Orientierung über das phyphox:kit als Ganzes. Sie beinhaltet neben einer kurzen Erklärung, was phyphox ist, eine Übersicht über das bereitgestellte Material sowie über die Experimente, deren Inhalte kurz beschrieben werden. Weiter enthält sie Sicherheitshinweise und Handlungsempfehlungen zu den einzelnen Versuchen sowie die Einordnung der Experimente in die KMK<sup>6</sup>-Bildungsstandards und die Inhaltsfelder der Kernlehrpläne. Außerdem gibt die Handreichung Aufschluss über die Einführungsstunde.

b) Tipps:

Um Differenzierungsmöglichkeiten zu ermöglichen, stehen zu einigen Arbeitsblättern Tippkarten zur Verfügung. Der Umgang mit diesen ist den Lehrkräften überlassen.

c) Lösungen:

Zu Arbeitsblättern, in denen eine (Beispiel-)Lösung sinnvoll ist, wird auch diese in Form von Karten bereitgestellt. Auch hier können die Lehrkräfte nach eigenem Ermessen entscheiden, ob sie eine zentrale Sicherungsphase in ihre Unterrichtsstunde einbauen oder ob die SuS ihre Ergebnisse selbstständig überprüfen.

d) Sensor-Steckbriefe:

Steckbriefe zu den von phyphox genutzten Sensoren sollen den Lehrkräften ermöglichen, Einblicke in die technischen Details sowie die Funktionsweisen der Sensoren zu erhalten. Außerdem können diese an interessierte SuS ausgehändigt werden. Die Steckbriefe werden laufend überarbeitet.

### 2.4 Experimentelles Zubehör

Zusätzlich zu den Arbeitsblättern und dem Begleitmaterial zu den Experimenten wird auch das wesentliche benötigte experimentelle Zubehör bereitgestellt. Dieses ist in Klassenstärke vorhanden, sodass bis zu 32 SuS in Partner- oder Gruppenarbeit an einem Experiment arbeiten können. Außerdem enthält das phyphox:kit Ersatzmaterial zu verschleißanfälligtem Zubehör wie Maßbänder. Alle Materialien sind kostengünstige Alltagsgegenstände, die im Notfall ersetzt bzw. ergänzt werden können. Der Gesamtpreis eines phyphox:kits beläuft sich auf etwa 100 € (Stand Mai 2025).

### 3. Studiendesign

In einer fachdidaktischen Studie soll untersucht werden, inwiefern mithilfe des phyphox:kits die breite Implementierung von Smartphone-Experimenten in den Physikunterricht der Sekundarstufe I unterstützt werden kann. Dabei kommt ein Design-Based-Research-Ansatz zum Tragen (vgl. Reinmann, 2017). Die Studie geht dabei folgenden übergeordneten Fragen nach:

1. Welche Hindernisse treten bei der Einführung von Smartphone-Experimenten in den Physikunterricht auf und wie können diese überwunden werden?
2. Wie hoch ist die Akzeptanz von Smartphone-Experimenten bei Physiklehrkräften und wie kann sie nachhaltig gesteigert werden?

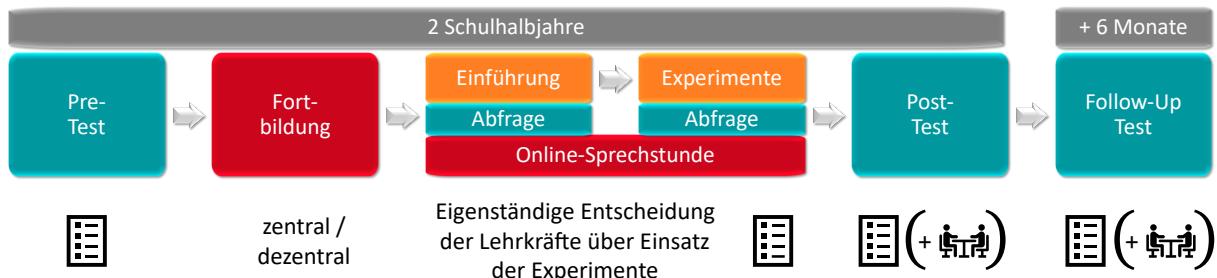
Das Studiendesign ist dabei im Sinne der symbiotischen Implementationsstrategie in mehrere Schritte unterteilt. Zunächst schließt es Lehrkräfteworkshops ein, in denen Prototypen erprobt, Rückmeldungen gesammelt und weitere, für die Schulpraxis relevante Anforderungen gemeinsam definiert werden. Zudem umfasst das Studiendesign die Implementationsstudie selbst mitsamt einer Pilot- und Hauptstudie.

### 3.1 Lehrkräfteworkshops

Gemäß des symbiotischen Implementationsansatzes wird das phyphox:kit in enger Zusammenarbeit mit Physiklehrkräften entwickelt. Dazu wird das konzipierte Kit mit allen zugehörigen Materialien in Lehrkräfteworkshops vorgestellt. Die Lehrkräfte können dabei alle Bereiche des Kits sichten und Feedback geben, welches beispielsweise in Form von schriftlichen

---

<sup>6</sup> KMK – Kultusministerkonferenz



**Abb. 2:** Übersicht über den geplanten Ablauf der Implementationsstudie. Quelle: Eigene Darstellung.

Kommentaren auf den Arbeitsblättern oder dem Begleitmaterial gesammelt wird. Auch zur Einführungsstunde werden bestimmte Aspekte wie der Inhalt, die Struktur und die Umsetzungsmöglichkeiten in der Schulpraxis thematisiert. Mit Hilfe von Fragebögen werden außerdem die Einschätzungen der Lehrkräfte zu zwei Aspekten erfasst. Sie betreffen einerseits die wesentlichen Inhalte des phyphox:kits und vor allem das experimentelle Zubehör. Andererseits werden die Gestaltung der Sensor-Steckbriefe sowie der Umfang der Thematisierung der Funktionsweise der Sensoren hinterfragt. Zusätzlich werden zu gezielteren Fragen bezüglich der einzelnen Bereiche des phyphox:kits Antworten in Form eines Padlets gesammelt und in einer offenen Diskussionsrunde besprochen.

Der geplante Ablauf des Workshops hat sich bereits bei einer ersten Durchführung bewährt. Das Feedback aus diesem ersten und einem weiteren Workshop wird gesichtet und die entsprechenden Materialien werden so angepasst, dass die Änderungen bereits in die Pilotierung der Implementationsstudie einfließen können. Im Verlauf der Pilotierung soll mindestens ein weiterer Workshop stattfinden, in dem die teilnehmenden Lehrkräfte ihre Erfahrungsberichte zum ersten praktischen Einsatz im Unterricht teilen können.

### 3.2 Implementationsstudie

Die Studie befasst sich mit der Implementation von Smartphone-Experimenten in den Physikunterricht mithilfe des phyphox:kits und hat sowohl in der Pilotstudie als auch in der Hauptstudie eine Dauer von zwei Schulhalbjahren.

Die Pilotstudie findet an etwa 20 Schulen statt, wobei der Schwerpunkt auf Schulen aus NRW liegt. Sie beginnt zum Start des Schuljahrs 2025/26 und soll der Testung der Materialien und des Studiendesigns dienen. An einer Schule können eine oder mehrere Lehrkräfte an der Studie teilnehmen. Dies wird als wichtige Variable erfasst.

In der Hauptstudie soll das phyphox:kit an weitere etwa 60 Schulen versendet und die Studie dabei auf weitere Bundesländer ausgeweitet werden. Die Hauptstudie beginnt zum zweiten Halbjahr desselben Schuljahres 2025/26 und ist somit mit der Pilotstudie zeitlich verschränkt. Die Entscheidung für diesen Startzeitpunkt wurde in intensiver Abwägung von Pro- und Contra-Argumenten gefällt.

Für diesen Startzeitpunkt sprach, dass so schneller eine breitere Beteiligung von mehr Schulen in verschiedenen Bundesländern erreicht wird. Die thematische Vielfalt der bereitgestellten Materialien ermöglicht nach unserer Einschätzung auch eine Einführung im laufenden Schuljahr. Da die Hauptstudie ebenfalls zwei Schulhalbjahre abdecken soll, kann durch den Start eines neuen Schuljahres während der Durchführung der Studie unter Umständen auch die Einführungsstunde des Kits häufiger durchgeführt werden.

Gegen den frühen Startzeitpunkt der Hauptstudie sprach, dass die unterschiedlichen Rahmenbedingungen für die Pilot- und Hauptstudie im Sinne der Variablenkontrollstrategie verhindern können, dass die erhobenen Daten gemeinsam ausgewertet werden können. Zudem baut das jetzige Studiendesign darauf, dass bereits in der frühen Phase der Pilotstudie hinreichend viel hilfreiches Feedback von ihren Teilnehmer:innen gesammelt werden kann, so dass dieses noch für die Finalisierung der Materialien der Hauptstudie berücksichtigt werden kann. Dieses Argument wird aber durch die Vorarbeiten aus den vorbereitenden Lehrkräfte-Workshops abgemildert und kann zudem mit einer agilen Projektführung, die im Bedarfsfall auch noch die nachträgliche Änderung oder Ergänzung von Materialien ermöglicht, weiter abgeschwächt werden. Der schwerwiegendste Punkt war aus unserer Perspektive, dass beim Start der Hauptstudie die Ergebnisse der Pilotstudie zur Untersuchung der Akzeptanz der Smartphone-Experimente bei Physik-Lehrkräften noch nicht vorliegen und deshalb auch das Datenerhebungsinstrument noch nicht optimiert werden kann. Dieser Aspekt soll durch ein Mixed-Method-Design aufgefangen werden.

Der geplante Verlauf der Studie ist in Abbildung 2 dargestellt und wird im Folgenden beschrieben:

#### a) Pre-Test:

Zu Beginn wird den Lehrkräften ein Pre-Test vorgelegt, in welchem die bisherigen Erfahrungen mit und die Akzeptanz von Smartphone-Experimenten gemäß dem Technology Acceptance Model (TAM) erfragt werden. Unter anderem wird dabei die wahrgenommene Nützlichkeit (Perceived Usefulness) und Bedienerfreundlichkeit (Perceived Ease of Use) der Technologie – in diesem Fall der Smartphones oder Tablets in Kombination mit der App phyphox als digitale Messgeräte – abgefragt. Außerdem werden Fra-

gen bezüglich der Einstellung zur Nutzung (Attitude Towards Usage) sowie die subjektiv gemessene Verhaltensabsicht (Behavioral Intention to Use) gestellt (vgl. Schorr, 2020).

b) Fortbildung:

In der Studie besteht für viele Lehrkräfte die Möglichkeit einer Fortbildung, in der sie das phyphox:kit mitsamt der Einführungsstunde kennenlernen können. Diese kann zentral oder auf Anfrage von Schulen in einigen Fällen auch dezentral stattfinden. Ein Teil der teilnehmenden Lehrkräfte wird nicht an Fortbildungen teilnehmen können, so dass die Lehrkräfte hinsichtlich der Fortbildungen in vier Kategorien eingeteilt werden können: (i) Fortbildungsteilnehmer:innen von Schulen, an denen mehrere Lehrkräfte an einer (i.d.R. dezentralen) Fortbildung teilgenommen haben, (ii) Fortbildungsteilnehmer:innen, die als einzige Lehrkraft ihrer Schule an einer Fortbildung teilgenommen haben, (iii) weitere Lehrkräfte von Schulen, von denen mindestens eine Lehrkraft an einer Fortbildung teilgenommen hat, (iv) Lehrkräfte von Schulen, von denen niemand an einer Fortbildung teilgenommen hat.

c) Einführung & Abfrage:

Die an der Studie beteiligten Lehrkräfte sollen zeitnah die Einführungsstunde in ihren Klassen durchführen, damit die SuS mit dem Umgang mit phyphox vertraut gemacht und auf den Einsatz von Smartphone-Experimenten im Unterricht vorbereitet werden. Die Lehrkräfte werden um ein kurzes Online-Feedback zur Durchführung der Einführungsstunde gebeten.

d) Experimente & Abfrage:

Den Lehrkräften stehen dann über die Dauer von zwei Schulhalbjahren die verschiedenen Experimente im phyphox:kit zur Verfügung, sodass sie über einen längeren Zeitraum die Möglichkeit haben, diese nach ihrer freien Wahl einzusetzen. Ein Einsatz wird dabei neben personalen Faktoren der Lehrkraft auch von äußeren Faktoren wie der zu unterrichtenden Klassenstufe und dem Schulcurriculum abhängen. Sobald ein Experiment im Unterricht durchgeführt wurde, sollen die Lehrkräfte auch hier eine kurze Online-Abfrage ausfüllen, in welcher Feedback zum Einsatz des Experiments im Unterricht erbeten wird.

e) Online-Sprechstunde:

Während der zwei Schulhalbjahre können Lehrkräfte Online-Sprechstunden wahrnehmen, in welchen sie Fragen bezüglich der Elemente im phyphox:kit stellen können. Dies betrifft sowohl die Einführungsstunde als auch die einzelnen Experimente.

f) Post-Test:

Am Ende der zwei Schulhalbjahre werden die Lehrkräfte gebeten, einen Post-Test auszufüllen.

Dieser ist ähnlich zum Pre-Test aufgebaut und soll etwaige Änderungen in der Akzeptanz von Smartphone-Experimenten festhalten. Außerdem besteht die Möglichkeit, sich für ein Interview zu melden, um weitere Details über die Erfahrungen mit dem phyphox:kit mitzuteilen.

g) Follow-Up Test:

Etwa sechs Monate nach Studienende werden die Lehrkräfte der Schulen erneut kontaktiert und um das Ausfüllen eines Follow-Up Tests gebeten. Die phyphox:kits verbleiben bis (mindestens) dahin in den Schulen. Mit dem Test wird die Nachhaltigkeit der (erwarteten) Implementation von Smartphone-Experimenten im Physikunterricht erfragt. Auch hier wird es die Möglichkeit zur Teilnahme an einem Interview geben.

#### 4. Erste Rückmeldungen

Das bisher bei Bildungsmessen und in Fortbildungen bzw. einem Workshop erhaltene Feedback von Lehrkräften bestätigt, dass Lehrkräfte gerne Innovationen einsetzen würden, ihnen aber die benötigte Zeit zum Einarbeiten in ein neues Medium selbst oder zum Entwickeln von eigenen Unterrichtsmaterialien zu diesem fehlt. Außerdem ist die Bereitschaft, die auch bei low-cost Experimenten noch notwendigen Materialien in teils spärlich ausgestatteten Physiksammelungen selbstständig zusammenzusuchen oder zu beschaffen, angesichts vielfältiger Herausforderungen des Schulalltags häufig begrenzt. Deshalb hat das Konzept des phyphox:kits als kostengünstiges „ready-to-use“ Experimentierset einen positiven Eindruck bei Lehrkräften hinterlassen. Bisher haben bereits über 80 Schulen deutschlandweit Interesse am Kit selbst und an der Teilnahme an der Studiebekundet.

#### 5. Literatur

Becker, S.; Bruckermann, T.; Finger, A.; Huwer, J.; Kremser, E.; Meier, M.; Thoms, L.-J.; Thyssen, C. & von Kotzebue, L. (2020). DiKoLAN: Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften. Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen. Abgerufen am 06.06.2025 von <https://dikolan.de/>.

Breuer, J.; Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2020). Implementation und Nutzung von Unterrichtsmaterialien im schulischen Unterricht. Eine Bestandsaufnahme der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer. In: PhyDid A – Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 19 (1), p. 12-22.

Breuer, J.; Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2022). Nutzungsverhalten von Lehrkräften bei der Implementierung einer physikdidaktisch innovativen Unterrichtskonzeption. ZfDN 28, 1 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1007/s40573-022-00138-5>.

Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004): Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. In: Unterrichtswissenschaft, 32

- (3), S. 196-214. DOI: <https://doi.org/10.25656/01:5813>.
- Herdt, M.; Hinkelmann, M. & Heinke, H. (2024). Konzipierung und Erprobung einer Einführung in das Experimentieren mit der App phyphox. In: PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung, 1 (1), p. 243-248.
- JIM-Studie; Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2023). JIM-Studie 2023 - Jugend, Information, Medien. Abgerufen am 06.06.2025 von [https://mpfs.de/app/uploads/2024/10/JIM\\_2023\\_web\\_final\\_kor.pdf](https://mpfs.de/app/uploads/2024/10/JIM_2023_web_final_kor.pdf).
- JIM-Studie; Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2024). JIM-Studie 2024 - Jugend, Information, Medien. Abgerufen am 13.05.2025 von [https://mpfs.de/app/uploads/2024/11/JIM\\_2024\\_PDF\\_barrierearm.pdf](https://mpfs.de/app/uploads/2024/11/JIM_2024_PDF_barrierearm.pdf).
- Medienberatung NRW (2020). Medienkompetenzrahmen NRW. Abgerufen am 06.06.2025 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).
- MSW NRW; Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2019). Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen – Physik. 1. Auflage. Düsseldorf: Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen.
- 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.
- Schorr, A. (2020). Skala zur Erfassung der Digitalen Technologieakzeptanz – Weiterentwicklung zum testtheoretisch geprüften Instrument (Scale for measuring digital technology acceptance. Further development and testing of the scale based on classical testing theory). In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hg.), Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch? 66. Kongress für Arbeitswissenschaft (S. 1-7). Dortmund: GfA-Press.
- Staacks, S.; Heinke, H. & Stampfer, C. (2018a). Smarte Experimente. In: Physik Journal, 17 (11), S. 35-38. Weinheim: WILEY-VCH.
- Staacks, S.; Hütz, S.; Heinke, H. & Stampfer, C. (2018b). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. In: Physics Education, 53. DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e>.