

Differenzierte Heimexperimente mit dem Smartphone
– Entwicklung in einem Seminar im Physik-Lehramtsstudium –

**Leif Broßmann*, Florian Bauer*, Julius Grabs*⁺, Marie Böwe*, Simon Becher*,
Bastian Miersch*⁺, Kevin Gebhardt*⁺, Florian Kuß*⁺, Stefanie Czempel⁺,
Bärbel Kracke⁺, Holger Cartarius***

*AG Fachdidaktik der Physik und Astronomie, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 07743 Jena,

⁺Lehrstuhl Pädagogische Psychologie, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 07743 Jena
holger.cartarius@uni-jena.de

Kurzfassung

In einem Seminar im Physik-Lehramtsstudium der Friedrich-Schiller-Universität Jena werden Smartphone-Experimente mit drei verschiedenen, differenzierten Arbeitsblättern zur Anleitung konzipiert. Diese sollen so gestaltet sein, dass in der Regel nicht auf eine physikalische Gerätesammlung zurückgegriffen werden muss, sondern die Versuche als Heimexperimente durchgeführt werden können. Dieser Ansatz wurde durch eine Kooperation zwischen Pädagogischer Psychologie und Physikdidaktik entwickelt und entstand im Teilprojekt Inklusion systematisch implementieren (Isi) des QLB-Projekts PROFJL². In diesem Artikel werden die Lehrveranstaltungen an der Universität und Arbeiten von Studierenden aus dem Seminar vorgestellt. Als Beispiel dienen zwei Experimente zum Fadenpendel und zum Druck. Beide werden mit ihren drei im Anforderungsniveau differenzierten Aufgabenstellungen präsentiert.

1. Einleitung

Die Vorbereitung auf Differenzierung im Unterricht gehört heute zu den Selbstverständlichkeiten des Lehramtsstudiums. Von Seiten der KMK werden sie in den Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften [1] und in den ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken [2] gefordert. Der Physikunterricht kennt verschiedene Formen der inneren Differenzierung, darunter z.B. Arbeitsblätter in verschiedenen Varianten, selbstdifferenzierte Lernumgebungen mit Wahlmöglichkeiten für die Schülerinnen und Schüler, unterschiedliche Hilfen in Experimentieraufträgen oder die geeignete Zusammensetzung von Lerngruppen [3]. Besondere Aufmerksamkeit erfahren Aufgaben mit gestuften Hilfen [4],[5], Differenzierungsmatrizen [6],[7], Kompetenzraster [8] oder die interessenbezogene Gruppenarbeit [9].

Sollen Experimente differenziert bearbeitet werden, bietet es sich an, diese mit möglichst geringem Materialaufwand durchzuführen, sodass sie von den Lernenden selbständig durchgeführt werden können. Bestens geeignet dafür sind Versuche mit dem Smartphone, dessen vielfältige Sensoren sich anbieten, um einfache physikalische Experimente durchzuführen. Die App phyphox bietet dafür z.B. eine einfach zu bedienende Oberfläche, die bereits eigene Experimentierideen zur Verfügung stellt [10]. Viele Erweiterungsmöglichkeiten wie das Einbeziehen eigener Sensormodule [11] oder die drahtlose Übertragung von Daten erweitern das Spektrum der möglichen Experimente ständig [12].

Diese Möglichkeit möchten wir in dieser Arbeit aufgreifen. Der Fokus des Beitrags liegt auf dem Aspekt der Inklusion im Physik-Lehramtsstudium, wie sie im Teilprojekt Inklusion systematisch implementieren (Isi) des QLB-Projekts PROFJL² [13] an der Friedrich-Schiller-Universität Jena entstanden ist. Im Rahmen des Seminars „Digitales Lernen und Lehren in der Werkstattschule Jena“ der pädagogischen Psychologie wurde auf Initiative der teilnehmenden Studierenden eine Website entwickelt, die sich zum Ziel gesetzt hat, differenzierte Heimexperimente zu verschiedenen Themengebieten des Physikunterrichts anzubieten, die mit dem Smartphone und wenigen haushaltsüblichen Gegenständen durchführbar sind. Dies wird durch eine Lehreinheit in einem Seminar der Physikdidaktik fortgeführt, in der geeignete Versuche vorgestellt werden.

Zunächst stellen wir in Abschnitt 2 die Form der Experimente vor, die in dieser Arbeit entwickelt werden. In Abschnitt 3 gehen wir darauf ein, wie die Entwicklungsarbeit in die Lehrveranstaltungen eingebettet ist, aus denen heraus das Projekt entstand. Beispiele für zwei Experimente werden in Abschnitt 4 gegeben. In Abschnitt 5 fassen wir die zentralen Erfahrungen zusammen und geben einen Ausblick auf die weitere geplante Entwicklung.

2. Vorschläge zu differenzierten Heimexperimenten mit dem Smartphone

Ziel dieser Arbeit ist es, Versuchsideen rund um das Smartphone oder Tablet der Lernenden frei verfügbar bereitzustellen, wobei die Anleitungen zu den

Versuchen im Anforderungsniveau differenziert sein sollen. Die Experimente sind so gestaltet, dass auch fachfremde Lehrkräfte die Lerneinheit durchführen können oder im besten Fall sogar auf die Anwesenheit einer Lehrkraft verzichtet werden kann. Entsprechend besteht die Zielsetzung in Heimexperimenten.

Um dieses Vorhaben digital umsetzen zu können, werden bearbeitbare PDF-Dokumente erstellt. Diese können direkt im Browser am PC ausgefüllt oder ausgedruckt und handschriftlich bearbeitet werden.

Zur einfachen Verfügbarkeit werden die Experimente über eine eigene Website angeboten [14], die mit den Themen Optik, Mechanik, Akustik, Wärmelehre und Elektrizitätslehre in fünf große Bereiche der Schulphysik mit weiteren Unterkategorien unterteilt ist. Als zusätzliche Aspekte stellt sie die Komponenten des Smartphones vor. Kurze Erklärungen und Links zu externen Quellen helfen, die bereits erstellten Experimente einzuordnen und den Lernenden den eigenständigen Erwerb der benötigten Fähigkeiten zu ermöglichen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Website ist der Lehrerbereich. Dort finden Lehrkräfte eine Übersicht aller Inhalte, um schnell entscheiden zu können, ob sie diese Materialien im Unterricht verwenden möchten. Die angegebenen Lernziele zu jedem Versuch sind dabei ein wichtiges Kriterium.

3. Einbettung in Lehrveranstaltungen

Die Projektidee ist mit zwei Lehrveranstaltungen verknüpft, die zur Lehre im Lehramtsstudium Physik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena gehören.

3.1. Projektentwicklung in einem Seminar der Pädagogischen Psychologie

Erste Schritte in der Projektentwicklung wurden im Seminar „Digitales Lernen und Lehren in der Werkstattschule Jena“, das sich intensiv mit der Integration digitaler Medien in den Unterricht auseinandersetzt, unternommen. Es gehört zum bildungswissenschaftlichen Begleitstudium im Lehramtsstudium, ist dort ein wählbares Vertiefungsseminar im Pflichtmodul „Vertiefung in die bildungswissenschaftlichen Kompetenzbereiche“ und wird vom Lehrstuhl Pädagogische Psychologie angeboten. Studierende, die am Seminar teilnehmen, haben das ausführliche Schulpraxissemester im Lehramtsstudium nach dem Jenaer Modell bereits durchlaufen und somit schon erste Praxiserfahrungen im eigenen Unterrichten gesammelt.

Im Seminar ermöglicht eine Zusammenarbeit mit der Werkstattschule Jena den Studierenden, in Gruppenarbeit verschiedene digitale Lerneinheiten für Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen fünf und sechs zu entwickeln. Dabei formulieren die Lehrkräfte einen Bedarf. Die Studierenden erarbeiten digitale Lösungen und reflektieren abschließend die Ergebnisse gemeinsam mit den Lehrkräften. Als zusätzliches Ziel wird formuliert, dass die Lerneinheiten auch von fachfremden Lehrkräften durchgeführt

werden können oder im besten Fall sogar ohne zwingende Anwesenheit einer Lehrkraft funktionieren.

Die Voraussetzungen definierten die daraus entstandene Projektidee zu differenzierten Smartphone-Experimenten. Eine Projektgruppe, die vorwiegend aus Lehramtsstudierenden mit Physik in der Fachkombination bestand, stellte sich die Frage: „Wieviel Wissenschaft steckt in meinem Handy?“ Die Antwort auf diese Frage erfolgte in Form von vier Versuchsanleitungen zu verschiedenen Experimenten rund um das Smartphone oder Tablet der Lernenden, die als Basis für die erstellte Website dienen.

3.2. Weiterentwicklung in der Physikdidaktik

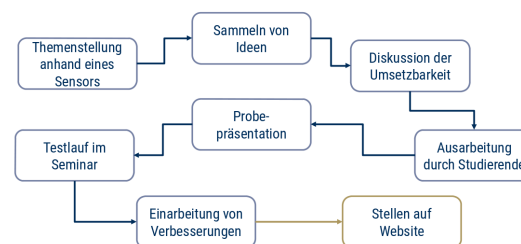


Abb. 1: Ablauf des Entstehungsprozesses neuer differenzierter Arbeitsblätter für Experimente mit dem Smartphone im Seminar.

Ziel von Isi ist es, Themen der Inklusion systematisch in allen Fächern des Lehramtsstudiums an der Universität Jena zu implementieren. Digitale Smartphone-Experimente bieten hier eine ideale Schnittstelle zu einem physikdidaktischen Pflichtseminar, das im vierten Semester des Lehramtsstudiums Physik angeboten wird. Es ist Bestandteil des Moduls Fachdidaktik Physik I und findet vor dem Praxissemester statt. Studierende, die es besuchen, kennen bereits alle Grundlagen der Physikdidaktik aus einer vorherigen Vorlesung und haben die erste Hälfte des Praktikums Physikalische Schulerperimente, in der sämtliche Themen der Sekundarstufe I abgedeckt werden, durchlaufen.

Im Seminar haben die Studierenden die Gelegenheit, verschiedene digitale Lehrmittel durch die Erstellung einer eigenen Lerneinheit zu erproben. Bei der Wahl von Smartphone-Experimenten besteht die Aufgabe darin, differenzierte Arbeitsblätter zu entwickeln, die den in Abschnitt 2 vorgestellten Kriterien entsprechen. Als Leitfaden für die Differenzierung dient die nach Anforderungsbereichen sortierte Liste der KMK zu Operatoren für die naturwissenschaftlichen Fächer [15].

Der Ablauf in der Erstellung ist in Abb. 1 wiedergegeben. Um die Kreativität der Studierenden in der Umsetzung zu fördern, wird Ihnen als Themenstellung kein Experiment und keine physikalische Fragestellung gegeben, sondern ein Sensor genannt, zu dem ein Experiment entstehen soll. Dazu sammeln sie zunächst eigene Ideen, diskutieren diese mit der betreuenden Person und arbeiten anschließend das

Experiment zusammen mit den Arbeitsblättern aus. Zunächst wird das Ergebnis in einer Probepräsentation der betreuenden Person vorgestellt, anschließend erfolgt, ggf. nach einer Überarbeitung, ein Testlauf, in dem alle anderen Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Seminars die Arbeitsblätter und das Experiment durchführen. Mit den Rückmeldungen, die hier aufkommen, erfolgt eine finale Adaption der Experimente, die anschließend auf der Website zur Verfügung gestellt werden, damit alle Lehrkräfte Zugang dazu erhalten. Auf diesem Weg erfolgt auch die Bereitstellung der Experimente für die Lehrkräfte der Werkstattschule, die ursprünglich an der Entwicklung beteiligt waren.

4. Beispiele für Experimente

Erstmals wurde das Seminarkonzept der Physikdidaktik im Sommersemester 2022 aufgegriffen. Entsprechend der in Abschnitt 3.2 vorgestellten Aufgabenstellung wurden zwei Sensoren als Ziel gesetzt. Dies waren der Beschleunigungs- und der Drucksensor. Die differenzierten Experimente wurden dann in Partnerarbeit erstellt. Zunächst wird auf die Aufgabenstellung zum Beschleunigungssensor eingegangen, an dem das Konzept ausführlich erläutert wird.

4.1. Fadenpendel mit dem Beschleunigungssensor

Der Beschleunigungssensor hat eine besonders große Relevanz für den Unterricht in Thüringens Sekundarstufen I und II: Experimente am und mit dem Fadenpendel können laut dem Thüringer Lehrplan sowohl in der Sekundarstufe I im Themenbereich „Bewegungen, Kräfte und Erhaltungssätze“ als auch in der Sekundarstufe II im Zuge der Behandlung von „Schwingungen und Wellen“ diskutiert und durchgeführt werden. Die hier vorgestellte Planung richtet sich somit nach Thüringer Standards, folgt diesen aber keinesfalls so strikt, als dass die entstandenen Arbeitsblätter nicht auch problemlos in anderen Bundesländern genutzt werden können.

4.1.1. Aufbau der Arbeitsblätter

Alle drei Varianten der Arbeitsblätter folgen demselben Aufbau: Zunächst wird in Form des Titels und mithilfe eines Satzes das Ziel der Blätter formuliert. Somit wissen die Schülerinnen und Schüler von Beginn an, was sie mit der Bearbeitung des Arbeitsblattes erreichen und lernen werden. Es folgt eine Liste benötigter Geräte und Materialien, die essenziell zur Bearbeitung sind, sowie in allen Fällen ein Hinweis zur besseren Bearbeitung, falls Partnerarbeit möglich ist.

Hierbei ist wichtig, zu betonen, dass selten ein konkreter Gegenstand, sondern oftmals nur eine gewisse Eigenschaft, die der letztlich verwendete Gegenstand besitzen muss, sowie ein diese Eigenschaft besitzender Beispielgegenstand genannt sind. Dies lässt den Bearbeitenden eine gewisse Wahlfreiheit, steigert somit das Autonomieerleben und damit auch die Motivation beim Arbeiten [3].

Den Kern der Arbeitsblätter stellen die Aufgaben dar. Jedes Blatt beginnt mit der Wiederholung des schematischen Aufbaus eines Fadenpendel-Experiments, um diesen den Schülerinnen und Schülern wieder ins Gedächtnis zu rufen. Hierbei ist es wichtig, dass die Aufgabe die Bearbeitenden mit Blick auf ihr Leistungsniveau vor nur geringe Herausforderungen stellt und mit hoher Wahrscheinlichkeit eine korrekte Bearbeitung erlaubt, damit sie mit dem schematischen Aufbau des Fadenpendel-Experiments vertraut werden und zudem durch die korrekte Beantwortung Kompetenz erleben. So sind in der geringsten Anforderung lediglich die Begriffe Stativ, Faden und Pendelkörper in eine schematische Skizze einzutragen. In der mittleren Anforderung müssen nun bereits Kenngrößen und zugehörige Formelzeichen einander zugeordnet werden und die Symbole dann in eine vorgegebene Skizze eingetragen werden. In der höchsten Anforderung muss die Skizze ohne Vorgaben erstellt und mit den Symbolen beschriftet werden.

Es folgt ein Abschnitt zur Aufnahme von Messwerten, der mit einigen Anmerkungen zum hier konkret zu verwendenden Versuchsaufbau und dem Schildern der Durchführung beginnt. Besonders die Durchführungen unterscheiden sich von Blatt zu Blatt teils stark, da immer andere Einflussgrößen untersucht werden und somit auch andere Messwerte aufgenommen werden sollen. Wird in der geringsten Anforderung die Periodendauer für drei verschiedene Fadenlängen gemessen, kommen in der mittleren Anforderung die Variation der Masse und der Anfangsauslenkung hinzu. Die jeweils anderen Größen sollen dabei konstant gehalten werden. Die Messung mit phyphox wird im Arbeitsblatt der höchsten Anforderung um die manuelle Aufnahme der Schwingungsdauer mit einer Stoppuhr ergänzt. Beide Messergebnisse werden zudem mit der theoretischen Erwartung für die gegebene Fadenlänge, die zunächst zu berechnen ist, verglichen.

Es schließt sich die Auswertung der Werte an, die entweder als qualitative Aussage mittels Lückentext (geringste Anforderung), Multiple-Choice-Format (mittlere Anforderung) oder im in der höchsten Anforderung unter anderem quantitativ als Berechnung erfolgt. Die beiden Arbeitsblätter der höheren Anforderungsniveaus stellen zudem noch eine Energiebetrachtung an, das Blatt im höchsten Anforderungsniveau führt durch das Aufstellen einer Hypothese zum Einfluss der Masse des Pendelkörpers auf die Schwingungsdauer des Pendels zudem noch Methoden des wissenschaftlichen Arbeitens ein.

Um die wichtigsten bei der Bearbeitung erhaltenen Aussagen festzuhalten und damit den Kreis zum anfangs formulierten Lernziel zu schließen, befindet sich am Ende jedes Blattes ein Merkkasten, dessen Inhalte in Form eines Lückentextes noch von den Bearbeitenden ergänzt werden muss. Dieser ist jedoch erneut so formuliert, dass die richtigen Lösungen leicht gefunden werden können. Damit werden Fehler in der Sicherung der zentralen Aussage vermieden

und den Schülerinnen und Schülern zum Abschluss abermals mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Gefühl des Kompetenzerlebens vermittelt.

4.1.2. Messvorgang



Abb. 2: Versuchsaufbau zum Pendel aus einem Smartphone, einer Plastiktüte mit Zip-Verschluss und einem Schlüsselband.

Die Messung mit dem Smartphone macht der Beschleunigungssensor möglich. Die von ihm aufgenommenen Daten können beispielsweise mittels der App phyphox verarbeitet, ausgelesen und dem Nutzer dann zur Verfügung gestellt werden. Diese Anwendung wird auch im Zuge der benötigten Geräte und Materialien als Voraussetzung zur Bearbeitung der Blätter genannt. Sollte es beim Umgang mit der App dennoch Probleme geben, kann auf eine entsprechende Anleitung zurückgegriffen werden. Das Durchlesen dieser Anleitung wird den Bearbeitenden vor dem Start empfohlen.

Um die Versuche auch zu Hause durchführen zu können, mussten geeignete Beispielmateriale gefunden werden, die als Stativ, Faden und Pendelkörper dienen können und zu Hause zur Verfügung stehen (könnten). Als Pendelkörper muss wegen der Messwertaufnahme das Smartphone dienen, als Faden etwa ein Schlüsselband. Beide Gegenstände können beispielsweise mittels einer Plastiktüte, in die das Smartphone gelegt wird, miteinander verbunden werden, wobei sicherzustellen ist, dass die App auch von außen – also durch die Tüte hindurch – bedient werden kann (siehe Abb. 2). Die zuvor erwähnte zweite Person kann nun dabei helfen die Messung zu starten und möglichst simultan das selbstgebaute Pendel schwingen zu lassen. Die App phyphox bietet zudem die Möglichkeit, auch alternative Vorgehensweisen zu wählen.

4.1.3. Arten der Differenzierung

Wenngleich der Einsatz des Smartphones beim Bearbeiten aller drei Arbeitsblätter im Wesentlichen identisch erfolgt, heben sich diese mit Blick auf ihr

jeweiliges Anforderungsniveau klar voneinander ab. Die Differenzierung erfolgt also mit Blick auf das Leistungsvermögen der Bearbeitenden.

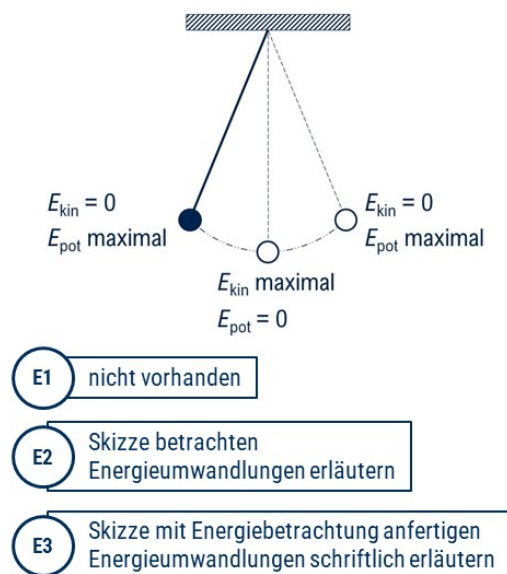


Abb. 3: Skizze zur Energieumwandlung mit den Aufgaben E1-E3 in den drei Anforderungsbereichen.

In den Arbeitsblättern kommen quantitative und qualitative Differenzierungen zum Einsatz. Als Beispiele gehen wir auf die Aufgabe zur Energieumwandlung ein (siehe Abb. 3). Bezüglich ihr wird quantitativ differenziert, indem sie im Arbeitsblatt mit dem niedrigsten Niveau gar nicht vorkommt, um die Anzahl der zu bearbeitenden Aufgaben zu reduzieren und in diesem Arbeitsblatt den Fokus ganz auf die qualitative Untersuchung der Abhängigkeit der Periodendauer von der Fadenlänge zu setzen.

Die beiden anderen Blätter enthalten eine Aufgabe zur Energieumwandlung – jedoch in qualitativ differenzierter Form: Während das Blatt mittleren Anforderungsniveaus eine vorgegebene, beschriftete Skizze zu kinetischer und potentieller Energie an den Umkehrpunkten und in der Ruhelage zeigt, mit deren Hilfe dann die Energieumwandlungen schriftlich erläutert werden sollen, müssen Schülerinnen und Schüler, die das Blatt des höchsten Anforderungsniveaus bearbeiten, diese Skizze zunächst noch selbst anfertigen und anschließend erläutern. Sie müssen sich also mehr Gedanken zu dem Sachverhalt machen und tiefgründiger darüber nachdenken. Zudem zeigt sich hier auch wieder eine quantitative Differenzierung, da offensichtlich auch eine reine Mehrarbeit durch die zusätzliche Aufgabenstellung entsteht.

4.1.4. Möglichkeiten für weitere Differenzierungen

Weitere Möglichkeiten der Differenzierung bietet beispielsweise das Betrachten eventueller Ungenauigkeitsquellen: Wie können wir beim Experimentieren die Reibung am Aufhängpunkt verringern? Wie können wir den Versuchsaufbau anpassen, um die

Schwingung weiter zu idealisieren? Lernende können durch die Arbeitsblätter dazu angeleitet werden, sich diese und weitere Fragen zu stellen, somit ihr physikalisches Verständnis auf die Probe zu stellen und es schließlich zu vertiefen.

Um die Arbeitsblätter noch weiter auf die einzelnen Schülerinnen und Schüler abzustimmen, würde sich zudem eine Art Baukastensystem eignen, um die Aufgaben modular zusammensetzen zu können. Dies sollte jedoch von einer Lehrperson übernommen werden, um die Schülerinnen und Schüler trotz oder gerade wegen der Differenzierung auch durch Forderung fördern zu können.

4.2. Waage mit dem Drucksensor



Abb. 4: Veranschaulichung des Versuchsaufbaus der Luftpolster-Waage mit Alltagsgegenständen, wie sie in den Arbeitsblättern zu finden ist.

Das Experiment zum Drucksensor hat das Ziel des Baus einer Luftpolster-Waage, mit der insbesondere die Allseitigkeit des Drucks gut thematisiert werden kann. Neben dem Smartphone werden nur eine luftdichte Plastiktüte mit Zip-Verschluss, ein Stück Pappe und verschiedene Alltagsgegenstände zum Ausmessen und Wiegen benötigt.

Die eigentliche Experimentieranleitung ändert sich für die einzelnen Bereiche gar nicht oder kaum und soll nur kurz angerissen werden: Zum Bau der Luftpolster-Waage sollen Schülerinnen und Schüler ihr Smartphone in die luftdichte Plastiktüte legen und diese aufpusten (siehe Abb. 4). Werden nun Gegenstände auf das entstandene „Luftkissen“ gelegt, wird das Volumen komprimiert, wodurch der Druck steigt. Diese Änderung kann durch den Drucksensor des Smartphones registriert und angezeigt werden.

Als Besonderheit in diesem Experiment ist anzumerken, dass vier verschiedene Arbeitsblätter zur quantitativen und qualitativen Differenzierung entwickelt wurden. Im zweiten Anforderungsbereich liegen zur feineren Differenzierung zwei Arbeitsblätter vor. Musterlösungen sind zu allen Exemplaren vorhanden. Sie dienen entweder zur Selbstkontrolle oder zur Kontrolle durch entsprechende Lehrpersonen.

Im ersten Anforderungsbereich besteht die Hauptaufgabe im Aufnehmen der Messdaten, dies soll als bildliche Darstellung geschehen. Zudem soll eine kurze Beschreibung der beobachtbaren Ereignisse erfolgen. Eine mögliche Abgabe, wie sie Schülerinnen und

Schüler für das erste Arbeitsblatt tätigen könnten, ist in Abb. 5 verdeutlicht.

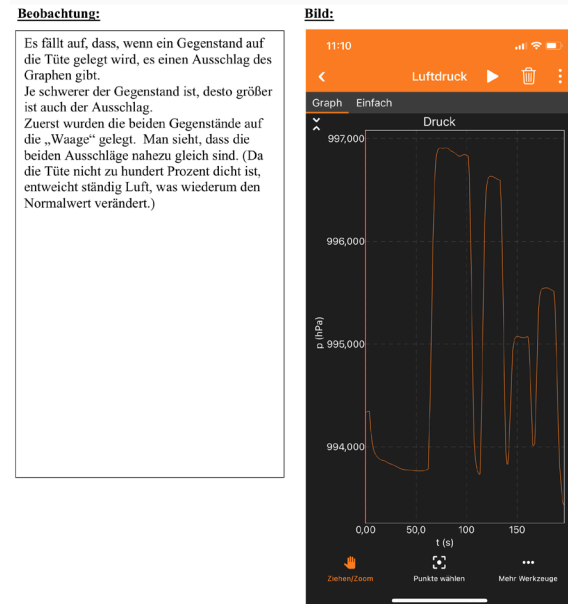


Abb. 5: Auszug aus der zu Anforderungsbereich 1 bereitgestellten Musterlösung.

Im zweiten Anforderungsbereich, welcher, wie bereits erwähnt, zwei Arbeitsblätter umfasst, soll schrittweise eine Transferleistung eingeführt werden. Neben den bereits im geringsten Anforderungsniveau genannten Aufgaben kommt nun der Umgang mit der Mathematisierung hinzu. Im ersten Arbeitsblatt des zweiten Anforderungsniveaus ist die benötigte Gleichung bereits nach der Masse umgestellt. Die Schülerinnen und Schüler müssen nur noch die gemessenen Zahlenwerte einsetzen und anschließend die berechneten Massen in eine vorgefertigte Tabelle eintragen. Im zweiten Arbeitsblatt wird von den Lernenden erwartet, dass sie den Zusammenhang zwischen Masse und Gewichtskraft auszunutzen wissen, um diesen in die Gleichung für den Druck einzusetzen. Anschließend sollen sie mit den gemessenen Werten die gesuchten Massen berechnen und in die eigens dafür vorgegebene Tabelle eintragen.

Der dritte Anforderungsbereich richtet sich an die leistungsstärkeren Schülerinnen und Schüler. Entsprechend werden weniger Hilfestellungen zum Verständnis der Aufgaben und der Experimentieranleitung gegeben, ohne jedoch dabei die Praktikabilität des Versuchs zu gefährden. Ebenso wird darauf verzichtet, Hinweise und Ansätze im Umgang mit mathematischen Formeln zu geben. Hauptanforderung des letzten Arbeitsblattes ist die Herleitung der benötigten Gleichungen und das Interpretieren der aufgenommenen Messwerte. Außerdem soll spielerisch überprüft werden, wie sich eine geringfügige Änderung der Versuchsanordnung auf die Messwerte auswirkt, da während des Experimentierens auffallen sollte, dass mit der zur Berechnung der Masse benötigten Auflagefläche nicht die Grundfläche des gemessenen Gegenstands gemeint ist, sondern die

Fläche der untergelegten Pappe. Schülerinnen und Schüler sind angehalten, durch variieren der Pappe Einflüsse auf die Genauigkeit der Luftpolster-Waage zu messen und neben einer idealen Pappengröße auch eine Erklärung für das Phänomen zu finden.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen von zwei Lehrveranstaltungen im Lehramtsstudium Physik an der Universität Jena ist eine Website entstanden, auf der nach und nach differenzierte Anleitungen für Heimexperimente, die mit dem Smartphone oder Tablet durchführbar sind, zur Verfügung gestellt werden. Begleitet werden die Themen von Lehrenden aus der pädagogischen Psychologie und der Physikdidaktik. Erste Experimente stehen zur Verfügung. Weitere entstehen durch die Verstärkung des Projekts in einem Seminar in der Physikdidaktik.

Erste Schritte sind getan. Fernziel ist jedoch, eine reichhaltige Sammlung an Experimenten für das Smartphone oder Tablet zu erstellen, für die durchgängig im Anforderungsniveau differenzierte Experimente vorliegen. Für die Zukunft ist daher geplant, die Website stärker auf das Erstellen und Nutzen von differenzierten Versuchsanleitungen auszurichten. Hierzu liegt bereits eine Anleitung mit Hilfestellungen vor, die das Erstellen von bearbeitbaren PDF-Dateien erleichtert. Darüber hinaus werden weitere Anleitungen, z.B. zur Implementation von Differenzieren, erarbeitet. Diese Anleitungen sollen externen Interessierten ermöglichen, differenzierte Versuchsanleitungen zu erstellen. Dadurch können Physiklehrkräfte auf diese Anleitungen zugreifen, sie anwenden und gegebenenfalls verbessern.

6. Literatur

- [1] Sekretariat der Kultusministerkonferenz (2019): Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2002, i. d. F. vom 16.05.2019). URL: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf. (Stand 5/2023)
- [2] Sekretariat der Kultusministerkonferenz (2019): Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019). URL: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf (Stand: 5/2023)
- [3] R. Wodzinski (2022): Differenzierung im Fokus: Physikunterricht für alle Schülerinnen und Schüler gestalten. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, Heft 189/190, S. 90.
- [4] R. Wodzinski (2013): Lernen mit gestuften Hilfen. *Physik Journal* 12(3), 45-49.
- [5] R. Wodzinski, L. Stäudel (2009): Aufgaben mit gestuften Hilfen für den Physikunterricht. Friedrich-Verlag, Seelze.
- [6] A. Sasse, U. Schulzeck (2013): Differenzierungsmatrizen als Modell der Planung und Reflexion inklusiven Unterrichts – zum Zwischenstand in einem Schulversuch. In: A. Jantowski (Hrsg.): *Thillm.2013 – Gemeinsam leben. miteinander lernen*. Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien (Thillm), Bad Berka.
- [7] A. Sasse, U. Schulzeck (Hrsg.) (2021): *Inklusiven Unterricht planen, gestalten und reflektieren*. Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn.
- [8] S. Bresler (2007): Mit Kompetenzrastern Unterricht planen und bewerten: Erfahrungen aus einer Unterrichtssequenz zum Thema „Wolkenbildung“ in einer 9. Realschulklasse. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, Heft 99/100, S. 32.
- [9] R. Hepp (2007): Vielfalt in Projekten: Differenzierung durch interessenbezogene Gruppenarbeit. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, Heft 99/100, S. 32.
- [10] S. Staacks, H. Heinke, C. Stampfer (2018): Smarte Experimente. *Physik Journal* 17(11), 35-38.
- [11] D. Dorsel, et al. (2022): Visualisierung von Messdaten eigener Sensormodule mit phyphox. *Physik in unserer Zeit* 53(3), 151-152.
- [12] D. Dorsel, et al. (2023): Sensordaten drahtlos zur Smartphone-App phyphox übertragen und grafisch auswerten. *MNU Journal*, 76(1), 36-43.
- [13] Webpage von ProfJL²: <https://www.profjl.uni-jena.de/> (Stand 5/2023)
- [14] Webpage „Wie smart ist dein Phone?“: <https://www.wissenschaft-im-handy.de/> (Stand: 5/2023)
- [15] Sekretariat der Kultusministerkonferenz (2013): Operatoren für die naturwissenschaftlichen Fächer (Physik, Biologie, Chemie) an den Deutschen Schulen im Ausland. URL: <https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Bildung/Auslandsschulwesen/Kerncurriculum/Auslandsschulwesen-Operatoren-Naturwissenschaften-02-2013.pdf> (Stand 5/2023)

Danksagung

PROFJL² wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsinitiative Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.