



Beschreibung des Projektes „Verstärkung von Selbstlernprozessen durch selbstständiges Experimentieren und Analysieren mit dem smarten Physiklabor“ von PD Dr. Frank Stallmach und Dr. Peter Rieger (Bereich Didaktik der Physik)

Kurzbeschreibung der Projektidee

Smartphones und andere mobile Rechner sind aus dem Leben der Studierenden und Lehrkräfte nicht mehr wegzudenken. Diese mobilen Geräte verfügen zum Sichern Ihrer Funktionalität und Bedienerfreundlichkeit i. d. R. über eine ausgereifte physikalische Messtechnik, die auf internen digitalen Sensoren beruht und mit der Hilfe von Apps genutzt werden kann. Damit eignen sich solche Geräte nicht nur als Kommunikationsmedium. Wie eine Reihe von fachdidaktischen Veröffentlichungen und aktuelle Tagungen belegen, können sie auch als mobiles, smartes Physiklabor genutzt werden, um Gesetzmäßigkeiten und physikalische Effekte selber zu erfahren, zu „entdecken“ bzw. in Experimenten zu überprüfen.

Ziel unseres auf der Ebene des Studiengangs Staatsexamen Lehramt Physik (Gymnasium, Oberschule und Förderschule) angesiedelten Projektes ist es, zukünftigen Physiklehrern die modernen Möglichkeiten des mobilen, smarten Physiklabors im problem- bzw. forschungsorientierten physikalischen Lernen und Lehren sowohl während der Fach- als auch in der Fachdidaktik-Ausbildung kompetenzorientiert zu vermitteln. Im Rahmen dieses Antragszeitraumes werden deshalb die Module Experimentalphysik - Mechanik und ihre mathematischen Methoden (kurz EP1), Grundlagen des Unterrichtens (FD2) und Physik Lernen und Lehren (FD4) so weiterentwickelt, dass die Studierenden unter Nutzung ihres persönlichen smarten Physiklabors bzw. einer entsprechenden Basisausrüstung im Bereich Didaktik der Physik in die Lage versetzt werden, physikalische Experimente eigenständig zu planen, durchzuführen, die gewonnenen Daten zu bewerten und zu analysieren sowie ihre Ergebnisse fachgerecht zu interpretieren, zu diskutieren und zu dokumentieren. Insbesondere in den beiden Fachdidaktik-Modulen erweitert sich das Projektziel um die Entwicklung der digitalen und didaktischen Kompetenzen der zukünftigen Physiklehrer, die für den erfolgreichen Einsatz dieser modernen digitalen Medien in der jeweiligen Schulform unter Beachtung der Heterogenität der Klassenzusammensetzungen und Schulausrüstungen notwendig sind.

Die Idee zur Nutzung von smarten Physiklaboren und Tablets in der Fachdidaktik-Ausbildung stammt aus einer Initiative von Physik-Lehramtsstudierenden, die sich durch ihre Tätigkeit am Schülerforschungszentrum *almaLab* der Universität Leipzig intensiv mit moderner digitaler Messtechnik auseinandergesetzt haben. Mit der Umsetzung dieses Vorhabens werden im Mechanik-Modul die bisher üblichen physikalisch/mathematischen Rechenaufgaben durch entsprechende komplexere Problemstellungen zur Bearbeitung mit dem eigenen mobilen smarten Physiklabor teilweise ersetzt. Für die Umsetzung der Ziele der beiden Fachdidaktik-Module werden neue Aufgabenstellungen und Experimente mit dem smarten Physiklabor entwickelt.

Problemstellung

Digitale Medien mit ihren „Werkzeugen“ sollen zukünftig integraler Bestandteil jedes MINT-Faches sein. Studierende weisen durch ihre Heterogenität bezüglich ihres schulischen Vorwissens oft Schwierigkeiten auf, Experimente zu planen, durchzuführen und ihre Beobachtungen mit geeigneten digitalen Messverfahren aufzuzeichnen, auszuwerten und zu diskutieren. Außerdem fehlt den Studierenden sehr häufig eine stringente Motivation für die Auseinandersetzung mit komplexen physikalischen Problemen.

Unser Projekt soll bei den Studierenden im Staatsexamensstudiengang Lehramt Physik über die eigenständige Bearbeitung einer Auswahl von Problemstellungen und Experimenten mittels des smarten Physiklabors ein besseres Verständnis für das Erfassen, Herangehen, Bearbeiten und Vermitteln physikalischer Probleme schaffen und gleichzeitig die Studienmotivation stärken.

Durch die eigenständige Arbeit mit der automatischen Datenaufzeichnung mit dem smarten Physiklabor, wobei mikromechanische und optische Sensoren, Temperatur- und Druck- und Magnetfeldsensoren sowie die Kamera (z.B. für die Methode der Videoanalyse) zum automatischen Messen physikalischer Vorgänge genutzt werden, erwarten wir eine kognitive Effektivierung der Physikausbildung, da die Belastung durch die Konzentration auf die eigentliche Messwertaufnahme entfällt. Somit steht deutlich mehr kognitives Potenzial für das grundlegende physikalische Problem und dessen Lösung zur Verfügung. Die kognitiven Anforderungen zur Datenauswertung, Interpretation und Präsentation werden sich folglich erhöhen.

Der gezielte Einsatz des smarten Physiklabors und den zugehörigen Physik-Apps können im Studium und in der Schule komplizierte und langwierige Messungen mit externen Sensoren ersetzen. Die digitale Messwerterfassung und -darstellung mittels Sensoren und Apps schafft gleichzeitig eine realitätsnahe und problembezogene Lernumgebung. Das kleine smarte Physiklabor, das mittlerweile fast jeder besitzt, wird dabei helfen, die Physik in den Alltag hineinzubringen und somit das Gefühl und die Freude für Physik wieder zu etablieren.

Lern- und Kompetenzziele

Ziel unseres Projektes ist es, bei den Studierenden in erster Linie das Konzeptverständnis in der Physik zu stärken. Durch die Arbeit mit neuen Medien, hier in Form digitaler Sensoren und der Verwendung von Physik-Apps auf dem eigenen Smartphone bzw. auf Tablets wird ein neuer und umfassender Zugang zu den Denk- und Arbeitsweisen der Physik geboten. Des Weiteren werden die Studenten fit gemacht im Umgang mit mobiler, digitaler Datentechnik. Sie werden dafür sensibilisiert, was mit modernen Messmethoden und Vernetzung möglich wird. Die Studierenden erarbeiten sich unter Anleitung der Lehrkräfte die Schritte von den aus Vorlesungen und Lehrbüchern theoretisch vorgestellten Modellen hin zu Realmodellen, die mit den smarten Physiklabors gemessen werden. Die Studenten erkennen, unter welchen Bedingungen die Modellkurven tatsächlich zu den Realproblemen passen.

Unser Ansatz mit dem smarten Physiklabor ermöglicht den Studierenden eine Auseinandersetzung mit physikalischen Inhalten auf moderne Art und Weise an realen Problemstellungen mit variierendem Schwierigkeitsgrad. Während des Lern- und Bildungsprozesses erlangen die Studierenden die folgenden Kompeten-

zen bzgl. des Einsatzes moderner digitaler Methoden beim physikalischen Experimentieren und Lehren.

Die Studierenden:

- verstehen die Prinzipien der digitalen Sensoren im smarten Physiklabor und entdecken die Möglichkeiten seines Einsatzes in der Lehre.
- sind in der Lage, das smarte Physiklabor für eigenständiges Experimentieren zum Lösen physikalischer Aufgaben zu nutzen.
- erkennen die Vor- und Nachteile beim Einsatz des smarten Physiklabors sowie der Arbeit mit Apps und digitaler Sensorik in der Lehre und Schule.
- können mit dem smarten Physiklabor geeignete Messverfahren in ihren Lehrsequenzen für die Arbeit mit Schülern entwickeln und anwenden.
- sind in der Lage, im Micro-Teaching Experimente und Lehrsequenzen für die Arbeit mit dem smarten Physiklabor zu entwerfen und zu testen.
- sind in der Lage ihr Wissen über die digitale Messtechnik selbstständig zu erweitern und an ausgewählten Aufgaben zu nutzen.

Lehrkonzept/Didaktische Leitidee

Für die Module Mechanik und ihre mathematischen Methoden (Kurs EP1) sowie Grundlagen des Unterrichts werden dazu exemplarische Demonstrationsexperimente mit der entsprechenden mobilen Datentechnik bzw. mit äquivalenter digitaler Sensortechnik erarbeitet und während der Lehrveranstaltungen vorgeführt. Damit wird der oben skizzierte Arbeits- und Lernweg an physikalischen und methodischen Problemen aus den jeweiligen Modulen demonstriert und erläutert.

In den Hausaufgaben und Übungen des EP1-Kurses werden die Studierenden dann ausgewählte physikalische Problemstellungen aus der Mechanik mit ihrem eigenen smarten Physiklabor experimentell untersuchen, auswerten und dokumentieren. Durch dieses problemorientierte Lernen entwickeln sie unter Anleitung ihrer Übungsleiter ihre physikalischen und mathematischen Handlungs- und Fachkompetenzen weitgehend selbstständig.

In den Seminaren zu den beiden Fachdidaktik Kursen werden die Studierenden darüber hinaus Einsatzmöglichkeiten des smarten Physiklabors und entsprechender Apps aus den Gebieten Optik und Elektrodynamik kennenlernen und in Freihandexperimenten selbst ausprobieren. Das Konzept des smarten Physiklabors werden die Studierenden im Mikro-Teaching unter schulnahen Bedingungen anwenden und erproben. Ferner werden die Studierenden in Teamarbeit den bestehenden Lerninhalt „digitaler Klassenraum“ mit Hilfe smarter Physiklabore mit der Methode des Forschenden Lernens bearbeiten. Die Studierenden reflektieren und analysieren im Anschluss an die jeweiligen Mikro-Teaching-Sitzungen ihre eigene Unterrichtstätigkeit und die initiierten Lernprozesse. Ziel ist es, dass sie in diesen Prozessen des Forschenden Lernens und Lehrens auch im Umgang mit dem smarten Physiklabor ihren Rollenwechsel vom Lernenden zum Lehrenden bewusst wahrnehmen.

Zielgruppe und Einbindung in das Curriculum

Zielgruppe sind in diesem Projekt die Lehramtsstudierenden der Fakultät Physik und Geowissenschaften für das Fach Physik an Förderschulen, Oberschulen und Höheres Lehramt an Gymnasien.

Alle Studienanfänger durchlaufen im 1. Fachsemester das Modul Experimentalphysik und ihre mathematischen Methoden. Es gab über die letzten drei Jahre jeweils ca. 80 bis 100 eingeschriebene Studienanfänger von denen ca. 2/3 die Vorlesungen und Übungen regelmäßig besuchen und ca. 40 % die Modulprüfung erfolgreich ablegen. Diese Zahlen belegen, dass das Vorwissen, die Leistungsstärke und die Studienmotivation ausgesprochen heterogen sind. Experimentelle Fertigkeiten und Vorkenntnisse in moderner digitaler Datenerfassung und entsprechenden Analyseverfahren sind kaum anwendungsbereit vorhanden, obwohl im Zuge der Digitalisierung die Studierenden im Umgang mit Tablets, Smartphones und Apps mehr als erprobt sind. Genau diese Vorkenntnisse wollen wir für die fachliche Arbeit mit dem smarten Physikkolabor im Rahmen dieses Modules nutzen, um problemorientiertes Lernen und physikrelevante digitale Kompetenzen zu fördern und zu fordern.

Die beiden Fachdidaktik-Module durchlaufen die Studierenden im 5. und 7. Fachsemester. Die Anzahl der Studierenden ist z.Z. deutlich kleiner. Für das Sommersemester 2019 rechnen wir mit 35 bis 40 Teilnehmern. Die Heterogenität bzgl. Vorwissen und experimentellen Fertigkeiten hat durch erfolgreiches Durchlaufen der vorherigen Module und Praktika deutlich abgenommen, so dass die Studierenden i. d. R. mit befriedigenden bis sehr guten physikalischen Vorkenntnissen in die Fachdidaktik-Ausbildung gehen. Der Einsatz des smarten Physikkolabors liegt deshalb in diesen Modulen nicht mehr vordergründig im eigenen physikalischen Lernen begründet, sondern im Nutzen dieser Technik für das Forschende Lernen der Schüler und das Forschenden Lehren der zukünftigen Physiklehrer.

Das Projekt wird für die drei Staatsexamen Lehramt Physik (Gymnasium, Oberschule und Förderschule) innerhalb der Module Experimentalphysik - Mechanik und ihre mathematischen Methoden, Grundlagen des Unterrichtens, sowie Physik Lernen und Lehren zum Einsatz kommen. Dort werden bestehende Lehr- und Kompetenzziele mit Hilfe der Möglichkeiten, die die modernen mobilen Datentechniken bieten, umgesetzt. Anpassungen in den Modulbeschreibungen werden nach erfolgreichem Durchlauf des Projekts und Vorliegen der Evaluierung gegebenenfalls in Angriff genommen.

Gep plante Evaluationsmaßnahmen

Eine Zwischenevaluation des Projektes erfolgt durch Befragung der teilnehmenden Studierenden und der Lehrkräfte nach jedem Modul. Hinweise und Ergebnisse werden in die Überarbeitungsphase für die entsprechende Lehrveranstaltung umgesetzt. Am Ende des Projekts erfolgt eine Evaluierung durch Fragebögen.

Geplante Projektumsetzung

Vor Projektbeginn werden von den Modulverantwortlichen die Entscheidungen bzgl. des Einsatzes bzw. der notwendigen Beschaffung von Hard- und Softwareprodukten getroffen. In die Entscheidungen werden die Erfahrungen der beiden eingeplanten Projektmitarbeiter einbezogen.

Für das Mechanik-Modul wird zum jetzigen Zeitpunkt die Arbeit mit der PHYPHOX-App (kostenfrei für Android und IOS) der RWTH Aachen präferiert. Eine Kooperation mit dem Entwickler- und Nutzerteam von PHYPHOX in Aachen ist vereinbart. Eine weitere Kooperation ist mit der Arbeitsgruppe Physikdidaktik der Technischen Universität Kaiserslautern vorgesehen, die Erfahrungen beim Einsatz von Tablets und Smartphones und der Entwicklung von adäquaten Lernsituationen in der universitären Lehre aufzuweisen hat.

Der Ablauf der Arbeiten, sind sowohl für das Mechanik-Modul als auch für die beiden Fachdidaktik-Module im Wesentlichen gleich (siehe obige Tabelle). Mit Beginn der Projektfinanzierung bzw. vor Beginn der jeweiligen Module werden für die Vermittlung der jeweiligen Lehrinhalte Problemstellungen erarbeitet und getestet. Während der Lehrveranstaltungen bearbeiten die Studierenden diese Problemstellungen und dokumentieren ihre Ergebnisse und Erfahrungen. Daran schließt sich die Evaluation und die Weiterentwicklung der Aufgabenstellungen und des Satzes an Experimenten an.

Die Meilensteine (M1-M5) umfassen folgende Inhalte:

- **M1** Fünf detaillierte Aufgabenstellungen mit Lösungsvorschlägen sowie zwei Demonstrationsexperimente mit Anleitung zur Datenauswertung für das Mechanik-Modul sind ausgearbeitet.
- **M2** Hausaufgaben mit dem smarten Physiklabor sind bearbeitet und ausgewertet; Feedback an die Studierenden ist erfolgt.
- **M3** Zwei Demonstrationsexperimente für die Fachdidaktik-Vorlesung und fünf Tablet-Experimente für das forschende Lehren und Lernen der Studierenden mit Schülern für die Fachdidaktik sind erarbeitet und getestet.
- **M4** Durchführungen der Tablet-Experimente in der Fachdidaktik sind abgeschlossen und ausgewertet. Feedback an die Studierenden ist erfolgt.
- **M5** Ergänzung und Überarbeitung der Experimente und Aufgabenstellungen ist abgeschlossen; Lehrmaterialien und Aufgabenstellungen liegen in schriftlicher Form vor; Lehrerfortbildung zur Thematik ist terminiert; Veröffentlichungen in internationalen Fachzeitschriften sind in Vorbereitung.

Sichtbarmachung des Projektes

Auf der Homepage des Bereichs Didaktik der Physik wird über den Fortgang des Projekts berichtet. Die Erstellung wissenschaftlicher Abschlussarbeiten wird ermöglicht. Publikationen in Fachzeitschriften und Präsentationen auf MINT-Tagungen werden bei erfolgreichem Projektabschluss erstellt.

Die fachdidaktischen Inhalte und Arbeitsmaterialien des Projekts werden in das bestehende Schülerforschungszentrum *almaLab* eingebunden. Dazu wird das Projekt auf den Internetseiten des Schülerforschungszentrums und von „Leipzig macht MINT“ veröffentlicht.

Nachhaltigkeit des Projektes

Die Nachhaltigkeit des Projekts wird durch schriftliche und digital gespeicherte Aufgabensammlungen und Experimentieranleitungen sichergestellt. Eine kontinuierliche Weitergabe der Lehrmethodik ist zurzeit über zwei haushaltfinanzierte Mitarbeiter des Bereichs Didaktik der Physik gesichert. Einen Folgeantrag, der z.B. das Experimentalphysik-Modul Elektrizitätslehre und Optik (EP2) und weitere fachdidaktische Inhalte umfassen könnte, wird mit den Modulverantwortlichen und der zuständigen Studienkommission bei Ausschreibung der nächsten Förderphase diskutiert. Für ähnliche Projektvorschläge zur Umsetzung digitaler Inhalte in anderen Studiengängen innerhalb der Universität Leipzig stehen die Antragsteller gern mit ihren Erfahrungen aus der Umsetzung dieses Projektes beratend zur Verfügung. Eine aktive Mitarbeit im LiT-Arbeitskreis *Tablets/Smartphones in der Lehre* ist dazu vorgesehen.

Ansprechpersonen

PD Dr. Frank Stallmach
Bereich Didaktik der Physik
Tel.: 0341 / 97 32 770
E-Mail: stallmac@physik.uni-leipzig.de

Dr. Peter Rieger
Bereich Didaktik der Physik
Tel.: 0341 / 97 32 771
E-Mail: rieger@physik.uni-leipzig.de