

## Konzeptionelle Verbindung des Physikalischen Praktikums mit den Fachdidaktikmodulen von Lehramtsstudierenden

Richard Kemmler, Katharina Stütz, Harald Kübler, Ronny Nawrodt

Universität Stuttgart,  
5. Physikalisches Institut  
Pfaffenwaldring 57, 70569 Stuttgart  
r.kemmler@physik.uni-stuttgart.de

### Kurzfassung

Physiklehrende müssen in der Lage sein, Demonstrations- und Schülerexperimente in Ihrem Unterricht fachlich zu durchdringen und fachdidaktisch bewusst einzusetzen. Diese haben deutlich andere Anforderungen als übliche Praktikumsversuche, die Physikstudierende im Laufe Ihres Studiums kennenlernen. Um Lehramtsstudierende besser hierauf vorzubereiten wurde zunächst ein separater Versuch im Physikalischen Praktikum 1 angeboten, welcher Design, Aufbau und Optimierung eines physikalischen Pendels umfasst. Diese drei Schritte werden in üblichen Praktikumsversuchen oft bereits im Vorfeld erledigt, dabei bieten sie die Möglichkeit, andere Fertigkeiten zu erwerben als im restlichen Praktikum. Ein neuer Versuch zum Thema Pendel war erstmals im Einsatz und es zeigte sich, dass dieser einen wertvollen Beitrag zur experimentellen Ausbildung leisten kann. Auf den erworbenen Fähigkeiten kann nun in den daran anschließenden Fachdidaktikmodulen aufgebaut werden. Die bereits erlangten experimentellen Fähigkeiten sollen dann durch fachdidaktische Kenntnisse erweitert werden.

### 1. Einleitung

In den regulären Praktikumsversuchen, wie sie auch weit verbreitet in vielen anfänglichen Praktika verwendet werden, sind die Versuchsaufbauten bereits fertig bzw. sollen mit vorgegebenen Komponenten nach detailliertem Plan aufgebaut werden. Dies geschieht oftmals aus Zeitgründen oder um eine höhere Genauigkeit der Messergebnisse durch optimierte Aufbauten zu erhalten. Dabei werden den Studierenden allerdings einige zentrale Schritte beim Entwickeln eines Experiments abgenommen:

- theoretischer Entwurf eines geeigneten Aufbaus mit passenden Messgeräten,
- praktisch geschickte Umsetzung,
- Verbesserung des Aufbaus, um die Messgrößen in hinreichender Genauigkeit zu erhalten.

Dies erfordert Fähigkeiten, die für Physikstudierende insbesondere während späterer experimenteller Abschlussarbeiten nützlich sind. Speziell angehende Physiklehrende profitieren zudem im Hinblick auf den späteren Einsatz von Experimenten im Unterricht. Demonstrationsexperimente können eine wichtige Unterstützung bieten und auf unterschiedliche Weise den Unterricht bereichern [1]. Sie müssen jedoch zunächst korrekt und ausreichend schnell mit den vorhandenen Materialien aufgebaut werden können sowie fachdidaktisch sinnvoll konzipiert sein.

Letzteres wird in den Fachdidaktikmodulen gelernt und geübt. Dafür ist jedoch ein souveräner Umgang mit einzelnen Komponenten und ein zielgerichtetes Aufbauen der Versuche als Grundlage notwendig und kann nicht zuerst neu in der Fachdidaktik vermittelt werden. Aus diesem Grund wurde zunächst ein neuer Versuch im Physikalischen Praktikum 1 eingeführt, welcher genau die genannten, im restlichen Praktikum ausgeklammerten Schritte adressieren soll. Dieser wurde zunächst im WS2019/2020 mit einer Gruppe von 24 Studierenden (größtenteils Lehramt) pilotiert.

### 2. Konzept

Das Physikalische Praktikum 1 wird von den Physikstudierenden im 3. und 4. Semester durchgeführt, dadurch sind die nötigen Grundlagen aus den Experimentalphysikvorlesungen vorhanden. Für die Lehramtsstudierenden hat das Praktikum so einen nahtlosen Übergang zu den Fachdidaktikmodulen, die sich unmittelbar anschließen.

Als Experiment wurde ein physikalisches Pendel gewählt, da dieser Mechanikversuch eine geringe Einstiegshürde darstellt. Er erleichtert es zudem, in gewissem Maße auf Alltagserfahrungen zurückzugreifen. Es wurden drei Aufgaben gestellt [2]:

- Konstruktion eines physikalischen Pendels,
- Bestimmung der Periodendauer und der Dämpfung des Pendels,
- Optimierung des Aufbaus hinsichtlich geringerer Dämpfung.

Für Materialien stand die Fachdidaktiksammlung zur Verfügung. Die eigenständige Auswahl geeigneter Materialien ist ein wichtiges Ziel dieses Versuchskonzepts und soll die Realität in den meisten Schulen abbilden, in denen nur wenige dedizierte Versuchsaufbauten zu einem bestimmten Thema existieren. Dies sorgte parallel dafür, dass die Lehramtsstudierenden sich bereits mit der Sammlung vertraut machen konnten als Vorbereitung für die folgenden Didaktikpraktika.

Um die Optimierung des Pendels im letzten Versuchsteil etwas aufzuwerten gab es einen Wettbewerb für das dämpfungsärmste Pendel zwischen allen durchführenden Gruppen des Semesters.

Die Betreuung erfolgte im Gegensatz zur sonst üblichen permanenten Präsenz nur Abschnittsweise, um ein eigenständigeres Arbeiten zu fördern. Der Heterogenität im experimentellen Geschick der Studierenden wird durch das Ziel, das Pendel relativ zu deren erster Iteration zu verbessern, Rechnung getragen.

### 3. Experimentelle Umsetzung

Um einen besseren Eindruck des Ablaufes und der Möglichkeiten zu geben soll hier nun exemplarisch das Beispiel einer Konstruktion gezeigt werden. In Abb. 1 ist ein Aufbau sowie dessen verbesserte Version gezeigt.

Es wurde zunächst auf eine stabile Konstruktion sowie die geringe Reibung von Stahl auf Stahl gesetzt. Als größter Verbesserungspunkt wurde die Aufhängung identifiziert und schlussendlich die reibende Auflagefläche immer weiter reduziert.



**Abb. 1:** Foto der ersten und der letzten Pendel-Version, nach der Konstruktion eines Praktikumsteams.

Der Versuch wurde in diesem Semester zunächst für jeweils eine Zweiergruppe angeboten. Bei einem Durchlauf mit zwei parallelen Gruppen wurden jedoch trotzdem unterschiedliche Ansätze gewählt. Demnach sind im Vollbetrieb vermutlich keine generellen Probleme mit dem Optimierungszyklus zu befürchten.

Zu dem Versuch musste ein übliches Protokoll und im Anschluss ein Praktikumsbericht geschrieben werden. Speziell wurde ein Kapitel verlangt, welches die vorgenommenen Verbesserungen und die zugrundeliegenden Überlegungen umfasst. Im Nachgang an den endgültig abgeschlossenen Versuch wurde ein kurzes Feedbackgespräch geführt. Darin sollten die Studierenden den Versuchsverlauf sowie die Unterschiede zu regulären Versuchen reflektieren.

### 4. Erste Ergebnisse

Die folgenden Beobachtungen entstanden während der Versuchsbetreuung und dem späteren Abschlussgespräch.

Viele Gruppen waren zunächst sehr unsicher bei der Auswahl geeigneter Materialien aus den Schränken. Diese Gruppen hatten jedoch zuvor schon einige andere Praktikumsversuche absolviert. Es wurde klar, dass sie sich bisher wenige Gedanken gemacht hatten, wie ein solches Experiment aufgebaut werden kann.

Verbreitet gab es zu Beginn die Situation, dass die erste Iteration des Pendels lediglich wenige Schwingungen aufgrund zu hoher Dämpfung ausführen konnte. Teilweise ist dies wohl darauf zurückzuführen, dass bei den Planungen die Aufhängung sowie die Stabilität der Grundkonstruktion nicht hoch genug priorisiert wurde. Dies wurde allerdings im Verbesserungsschritt im Allgemeinen richtig identifiziert.

Die im Praktikum vorhandenen Experimente sind üblicherweise robust, relativ einfach zu bedienen und liefern ausreichend gute Ergebnisse. Dadurch kann leicht das Gefühl entstehen, dass es selten experimentelle Schwierigkeiten gibt. Diejenigen die dann bereits mit einem groben Plan Ihres Pendels kamen mussten trotzdem feststellen, dass sich einige Ideen in der Realität nicht so umsetzen ließen. Die Illusion, dass Experimente „einfach funktionieren“, wurde vielen Studierenden demnach genommen. Es wurde zudem klar, dass einiger Aufwand betrieben werden muss um zu einem fertigen Versuch zu gelangen.

Ein wichtiges Lernziel ist die Fehleranalyse und Problemlösungsstrategie. Bei diesem Versuch konkret die Untersuchung des Versuchsaufbaus im Hinblick auf Reibungsverluste und Minimierung dieser. Dieser Prozess wurde durch die Aufgabenstellung gefordert und von den Studierenden auch umgesetzt. Besonders die Anpassung der Betreuungsintensität konnte hierbei unterstützend wirken, der übergeordnete Wettbewerb erhöhte in einigen Gruppen nochmals die Motivation.

Semester				
1.	Experimentalphysik I + II	Mathematische Methoden der Physik	Bildungs- Wissenschaftliches Begleitstudium	
2.				
3.	Experimentalphysik III + IV	Hauptseminar		Physikalisches Praktikum LA I
4.				Physikalisches Praktikum LA II
5.	Experimentalphysik V	Theoretische Physik I		Fachdidaktik I
6.	Vertiefungsmodul LA I	Theoretische Physik II		Fachdidaktik II
			Bachelorarbeit	

**Abb. 2:** Module im Lehramtsstudium an der Universität Stuttgart. Dunkel die hier behandelten Module.

Als Vorbereitung auf die Fachdidaktikpraktika sollten die Studierenden zudem lernen, sich in der Sammlung zurechtzufinden. Die verbreitete Rückmeldung der Studierenden war, dass dies auch geschah. Aus der Durchführung konnten wichtige Rückschlüsse auf eine sinnvolle Systematik der Sammlung gezogen werden.

Dabei ließ sich feststellen, dass die erste Pendelversion im Laufe des Semesters im Durchschnitt besser wurde. Dies liegt sicherlich teilweise daran, dass Informationen an die Durchführenden im späteren Semesterverlauf weitergegeben wurden. Zudem konnte der zentral in den Didaktikräumen durchgeführte Versuch auch von anderen Gruppen gesehen werden. Es könnte jedoch auf darauf zurückzuführen sein, dass das Praktikum generell die experimentellen Fähigkeiten der Studierenden verbesserte oder zumindest die Scheu vor den Materialien abnahm. Der Grundprozess Konstruktion- Messung- Verbesserung wurde jedoch von allen Studierenden gleichermaßen durchlaufen, mit lediglich unterschiedlichen Ausgangsniveaus.

Es wurde insgesamt sehr deutlich, dass die Konstruktion eines Versuchsaufbaus geübt werden muss. Die potentiell auftretenden Probleme beim Aufbau und bei der Verwendung eines Versuchsaufbaus sind naturgemäß sehr verschieden. Entsprechendes experimentelles Geschick und die Erfahrung, welche Modifikation zum gewünschten Ergebnis führt, muss praktisch erworben werden.

### 5. Anbindung an die Fachdidaktik-Module

Im Modulplan der Universität Stuttgart sind die ersten beiden Fachdidaktikmodule im Lehramtsstudium im 5. und 6. Fachsemester angesiedelt (siehe Abb. 2). Damit werden sie stets nach dem Physikalischen Praktikum besucht.

In der Fachdidaktik I liegt der Fokus auf den theoretischen Konzepten als Grundlage für alle weiteren Überlegungen. Im Modul der Fachdidaktik II sollen dann die theoretischen fachdidaktischen Konzepte mit den erlernten experimentellen Fähigkeiten aus dem Physikalischen Praktikum verbunden werden.

### 5.1 Inhalt der Fachdidaktik II

Experimente im Schulunterricht verfolgen eine Vielzahl von Zielen und können an unterschiedlichen Stellen in unterschiedlicher Art und Weise durchgeführt werden [1]. Die Theorie dazu wird in der Fachdidaktik I vermittelt und soll anschließend in der Fachdidaktik II anhand verschiedener Experimente aus der Sekundarstufe I geübt werden. Dazu müssen gängige Schulexperimente mit schultypischen Geräten sicher aufgebaut, die Experimente je nach Zielsetzung angepasst und optimiert werden. Zusätzliche sollen mögliche Gefährdungen eingeschätzt und, wenn möglich, vermieden werden.

### 5.2 Konzept

Das Modul der Fachdidaktik II ist als Seminar mit 3 ECTS vorgegeben. Darin sollen die Studierenden nach einer wöchentlichen Themeneinführung zu diesem Thema und einem festgelegten Ziel in Paaren experimentieren. In den jeweils darauffolgenden Seminarsitzungen werden dann die Ergebnisse vorgestellt, besprochen und diskutiert, bevor dann das neue Thema erläutert wird.

### 5.3 Anknüpfung an den Pendelversuch

Der Pendelversuch ist ein typisches Schulexperiment und wird im Laufe des Physikunterrichts an verschiedenen Stellen zur Verfolgung ganz unterschiedlicher Ziele eingesetzt. Während in der Unterstufe mit dem einfachen Fadenpendel die Begriffe Frequenz, Periodendauer und Amplitude erklärt werden wird in der Oberstufe der Zusammenhang zwischen Fadenlänge und Periodendauer diskutiert, der Ablauf einer harmonischen, ungedämpften Schwingung gezeigt und die unterschiedlichen Dämpfungsarten am Fadenpendel untersucht. Jede dieser Varianten verfolgt ein etwas anderes Ziel und muss deshalb verschieden aufgebaut und optimiert werden. Dieser Schritt wird mittels des physikalischen Pendels im Physikalischen Praktikum als Vorbereitung zum ersten Mal durchgeführt.

## 6. Ausblick

Diese Pilotierung zeigt, dass der Versuch in den Regelbetrieb übergehen kann. Ein Versuch ist natürlich nicht ausreichend, diese Inhalte zu festigen. Deshalb muss über ein ähnliches Konzept in anderen Themenbereichen wie beispielsweise der Optik nachgedacht werden. Auch für Fachstudenten, die von dem deutlich anderen Charakter des Versuches ebenfalls profitieren würden, eignet sich der Versuch. Da jedoch bei komplexeren Themen ein selbstständiges Aufbauen in limitierter Zeit zulasten der Qualität gehen muss eine Balance gefunden werden. Zusätzlich fällt bei einigen Praktikumsteilnehmenden auf, dass die Generierung der Messdaten das Hauptaugenmerk ist und das Experiment und dessen Funktionsweise in den Hintergrund rückt. Der Pendelversuch leistet einen Beitrag, dieses Problem zu beheben.

Weitere Möglichkeiten, den Versuchsaufbau mehr in den Fokus zu rücken, wären beispielsweise halbfertige Aufbauten, die verbessert werden müssen, überzählige Materialien, die für den Versuch unnötig sind oder verschiedenen Messmöglichkeiten innerhalb eines Aufbaus. Die ersten Ergebnisse fließen in die Planung einer Untersuchung zu praktischen Fähigkeiten der Studierenden im Lehramt ein. Ziel ist es, Lernprozesse hinsichtlich der experimentellen Fähigkeiten zu verbessern und für die schulischen Anforderungen zu optimieren.

## 7. Literatur

- [1] Kircher, E., Girwidz, R., Häußler, P. (Hrsg.) (2015): Physikdidaktik – Theorie und Praxis (3. Auflage). Berlin: Springer, S. 228-242.
- [2] Versuchsanleitung zum Pendelversuch: [https://www3.physik.uni-stuttgart.de/studium/praktika/ap/pdf\\_dateien/Y90.pdf](https://www3.physik.uni-stuttgart.de/studium/praktika/ap/pdf_dateien/Y90.pdf) (Stand 5/2020)

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen der gemeinsamen Qualitätsoffensive Lehrerbildung von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Projekt „Lehrerbildung PLUS“ (Förderkennzeichen 01JA1907A) und des gemeinsamen Bund-Länder-Programms für bessere Studienbedingungen und mehr Qualität in der Lehre unter dem Förderkennzeichen 01PL16005 unterstützt.