



Universität Hamburg  
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

UNIVERSITÄTSKOLLEG

## Erfahrungsbericht zum Lehrlabor-Projekt:

# Kräfte in der Physik

Projektverantwortliche Autorinnen und Autoren

Dr. Katrin Buth  
buth@physnet.uni-hamburg.de

Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften

April 2020



## ABSTRACT

Die Veranstaltung *Kräfte in der Physik* ist eine freiwillige ergänzende Vertiefungsveranstaltung zu den Grundmodulen Physik I und Physik II, die von Studierenden der Physik und anderer Studiengänge im ersten Studienjahr verpflichtend absolviert werden. Durch die Veranstaltung soll eine Gruppe von bis zu 25 Studierenden ihr Wissen vertiefen, ihre mathematischen Fähigkeiten festigen und Sicherheit im Umgang mit den physikalischen Zusammenhängen gewinnen. Das hierzu entwickelte Lehrkonzept *Vorlesung mit integrierten Übungen und Seminar* zeichnet sich durch ein hohes Maß an Kommunikation und individueller Betreuung durch eine erfahrene Lehrperson aus. Im Mittelpunkt der interdisziplinären Veranstaltung steht der physikalische Kraftbegriff als ein zentrales Grundkonzept der klassischen Physik, das in übergeordnete historische und philosophische Kontexte eingebettet und in verschiedenen Teilgebieten der Physik, Meteorologie und Geowissenschaften angewendet wird. Die Studierenden gelangen so zu einem vertieften Verständnis des Kraftbegriffs.

## KONZEPT UND ZIELE

Die Studieneingangsphase ist in der Physik wie auch in anderen Fächern eine kritische Phase, in der viele Studierende ihr Studium abbrechen, weil ihnen der Stoffumfang und die mathematischen Anforderungen Schwierigkeiten bereiten. Durch mehr persönliche Unterstützung könnten die Abbruchquoten verringert werden. Dies führte zu der Idee, eine freiwillige Vertiefungsveranstaltung zu den Grundmodulen Physik I und Physik II anzubieten, in der die Studienanfängerinnen und -anfänger ihr Wissen vertiefen und ihre mathematischen Fähigkeiten festigen können.

Im Mittelpunkt der Veranstaltung *Kräfte in der Physik* steht ein zentrales Grundkonzept der klassischen Physik, nämlich das Kraftkonzept, das oft missverstanden wird und dadurch zu Lernschwierigkeiten führt. Deshalb werden auch die historische Entwicklung und philosophische Aspekte des Kraftbegriffs behandelt. Die verschiedenen Kräfte werden auf Natur- und Alltagsphänomene angewendet, wobei vor allem Aspekte und Beispiele diskutiert werden, die in den Grundmodulen nicht oder nur am Rande behandelt werden können.

Das Lehrkonzept lässt sich als Vorlesung mit integrierten Übungen und Seminar umschreiben. Es zeichnet sich durch ein hohes Maß an Kommunikation und individueller Betreuung durch eine erfahrene Lehrperson aus. Die Studierenden können während der dreistündigen Veranstaltung jederzeit Fragen stellen. Darüber hinaus gibt es viele Präsenzübungen sowie einfache Handexperimente. Ein Übungsblatt pro Woche enthält einfache Fragen zur Vorlesung und Miniaufgaben, deren Bearbeitung insgesamt nicht mehr als eine Stunde in Anspruch nehmen soll. In kleinen Teams bearbeiten die Studierenden während des Semesters außerdem jeweils eine sogenannte Maxiaufgabe, deren Ergebnisse sie am Ende in einem Vortrag präsentieren.

Bei den Maxiaufgaben handelt es sich um umfangreichere und etwas komplexere Übungsaufgaben, bei deren Bearbeitung die Studierenden von mir in individuellen Gesprächen außerhalb der wöchentlichen Veranstaltungszeit unterstützt werden.

Die Studierenden gelangen so zu einem vertieften Verständnis des Kraftbegriffs. Nebenbei erlernen und wiederholen sie auch wichtige mathematische Methoden der Physik. Sie schulen ihr physikalisches Denken, stärken ihre Problemlösekompetenz und üben die Darstellung und Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse.

In der Veranstaltung *Kräfte in der Physik* können die Studierenden ohne Prüfungsdruck lernen. Es wird aber eine freiwillige Modulabschlussklausur angeboten (siehe unten).

## UMSETZUNG

Erfreulicherweise konnte das Lehrprojekt wie geplant umgesetzt werden. In einer mehrmonatigen Entwicklungsphase wurden zunächst die Inhalte der Vorlesung und dazu passende Präsenzaufgaben, einfache Hausaufgaben und Maxiaufgaben entwickelt. Die Themen der Veranstaltung lauten:

- Newtonsche Axiome
- Gewichtskraft und Auftriebskraft
- Gravitationskraft
- Reibungskräfte: Haft- und Gleitreibung
- Reibungskräfte: Strömungswiderstände
- Elastische Kräfte
- Elektrische und magnetische Kräfte
- Trägheitskräfte

Im Wintersemester 2019/20 wurde die Veranstaltung *Kräfte in der Physik* mit insgesamt zwölf Terminen à 135 Minuten erstmals durchgeführt. In jeder Veranstaltung gab es zu Beginn eine kurze Zusammenfassung des letzten Themas und gegebenenfalls eine Besprechung der Hausaufgaben. Danach folgte eine Einführung in das neue Thema, deren Inhalte in Präsenzaufgaben sofort angewendet wurden.

In kleinen Gruppen haben die Studierenden jeweils eine der vier Maxiaufgaben mit den Titeln *Rutschende Kette*, *Raketengleichungen*, *Wetterballons und Heißluftballons* und *Millikan-Versuch* bearbeitet und an zwei Terminen in der ersten Januarhälfte präsentiert. Neben der intensiveren Beschäftigung mit einem physikalischen Thema ging es bei den Maxiaufgaben auch um die Stärkung der mathematischen Fähigkeiten, zum Beispiel beim Lösen von Differentialgleichungen.

Die Evaluation der Veranstaltung bestand aus zwei Teilen: Ende Januar fand zunächst eine anonyme Online-Evaluation durch das studentische Evaluationsteam des Fachbereichs Physik statt. Eine Woche später wurde noch ein Fragebogen zum handschriftlichen Ausfüllen mit spezifischen Fragen zum Lehrprojekt in der Veranstaltung und per E-Mail ausgegeben. An beiden Befragungen haben jeweils vier Studierende teilgenommen.

### **Wie wird das Angebot einer freiwilligen Vertiefungsveranstaltung angenommen?**

Um den Studierenden neben ihrer intrinsischen Motivation einen zusätzlichen Anreiz zur Teilnahme an der Veranstaltung *Kräfte in der Physik* bieten zu können, wurde eine freiwillige Modulabschlussklausur angeboten, die mit bestanden oder nicht bestanden bewertet wird. Nach Rücksprache mit den Studienbüros der Physik, der Geowissenschaften und der Informatik können sich Bachelorstudierende der Geophysik/Ozeanographie und Meteorologie diese Veranstaltung bei erfolgreicher Klausur im freien Wahlbereich anrechnen lassen. Alle anderen Studierenden haben die Möglichkeit, die Veranstaltung bei erfolgreicher Klausur als zusätzliche Leistung im Transcript of Records aufzuführen zu lassen. Die Möglichkeit der Anrechenbarkeit hat entscheidend dazu beigetragen, dass die Veranstaltung im Studieninfonytze STINE für die Studierenden sichtbar wurde und sie sich auch über STINE anmelden konnten.

Die Werbung für die Veranstaltung erfolgte durch Aushänge vor und in den Hörsälen sowie durch persönliche Vorstellung in der Orientierungseinheit Physik, der Vorlesung Physik I und der Vorlesung Physik II. Von den etwa 200 Studierenden in den Grundmodulen Physik I und Physik II haben sich 15 Studierende unterschiedlicher Fachrichtungen (Physik, Geophysik/Ozeanographie, Meteorologie, Computing in Science, Physik-Lehramt) zur Veranstaltung *Kräfte in der Physik* angemeldet. Bis auf einen Studenten im zweiten Fachsemester und einen älteren Gasthörer waren alle Studierenden im ersten Fachsemester. Sieben Studierende haben bis zum Ende regelmäßig teilgenommen, sich an den Präsentationen der Maxiaufgaben beteiligt und sind auch außerhalb der Veranstaltungszeit mit Fragen zu mir gekommen.

Auf die Evaluationsfrage „Was meinen Sie: Aus welchen Gründen haben Studierende nicht regelmäßig an der Veranstaltung *Kräfte in der Physik* teilgenommen?“ haben die Studierenden folgende Gründe ihrer Kommilitoninnen und Kommilitonen genannt: Zeitmangel, Desinteresse und fehlende Motivation. Eine Person schrieb: „Es schreckt viele ab, dass es an einem freien Tag ist“. Die Veranstaltung fand am Montagvormittag statt, da in diesem Zeitraum keine Veranstaltungen für das erste Fachsemester der vier Studiengänge Physik, Geophysik/Ozeanographie, Meteorologie und Computing in Science liegen. Der Montag ist in den Studiengängen Physik und Computing in Science im ersten Fachsemester in der Regel sogar komplett veranstaltungsfrei.

## Arbeitsbelastung der Studierenden

Eine dreistündige Veranstaltung mit Präsenzübungen, Hausaufgaben und einer Maxiaufgabe – ist das nicht zu viel für eine freiwillige Zusatzveranstaltung? Das Programm hört sich in der Tat sehr ehrgeizig an, ist aber trotzdem machbar, wenn man darauf achtet, nicht zu viel zu verlangen. Als Lehrender muss man sich zunächst vor Augen führen, wie viel Zeit den Studierenden außerhalb des regulären Studiums für eine freiwillige Vertiefungsveranstaltung zur Verfügung steht. Die Veranstaltung *Kräfte in der Physik* wird mit drei Leistungspunkten bewertet. Ein Leistungspunkt entspricht im Mittel 1,5 Stunden Studienarbeit pro Woche (30 Leistungspunkte ergeben eine 45-Stunden-Woche). Für das Modul *Kräfte in der Physik* sollen also im Mittel 4,5 Zeitstunden pro Woche (je zur Hälfte Präsenzzeit und Selbststudium) aufgewendet werden.

Die Tabelle 1 zeigt den formalen Workload von Studierenden im ersten Fachsemester. Da das Physikalische Praktikum I erst nach dem Physik-I-Modul in der vorlesungsfreien Zeit absolviert wird, könnten Studierende der Physik, Geophysik/Ozeanographie und Meteorologie während der Vorlesungszeit noch zusätzlich ein Modul mit drei Leistungspunkten absolvieren, ohne zeitlich überlastet zu werden. Hierbei wird vorausgesetzt, dass der formale Workload mit der tatsächlichen Arbeitsbelastung der Studierenden übereinstimmt. Diesbezüglich tragen Lehrende eine große Verantwortung. Gleichzeitig muss den Studierenden bewusst sein, dass ein reguläres Studium mit 30 LP pro Semester ein Vollzeitjob ist. Es wäre wünschenswert, dass noch viel mehr Studierende ihr Studium mit Motivation, Engagement und Begeisterung absolvieren würden.

*Tabelle 1: Formaler Workload von Studierenden im ersten Fachsemester: Die angegebenen Zahlen sind Leistungspunkte. Ein Leistungspunkt bedeutet im Mittel 1,5 Stunden Studienarbeit (Präsenzzeit + Selbststudium) pro Woche.*

	Physik	Geophysik/ Ozeanographie	Meteorologie	Computing in Science
<b>Vorlesungszeit</b>				
Physik I und Einführung in die Theoretische Physik I	12	12	12	12
Mathematik I für Studierende der Physik	8	8	8	9
Weitere Veranstaltungen	1	4	6	9
<b>Σ</b>	<b>21</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>30</b>
<b>Vorlesungsfreie Zeit</b>				
Physikalisches Praktikum I	8	8	8	-
<b>Σ</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>-</b>
<b>Gesamtsumme</b>	<b>29</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>30</b>

## Die Studierenden fordern, aber nicht überfordern

Das ist das Motto der Veranstaltung *Kräfte in der Physik*. In der Vorlesung werden deshalb nur ausgewählte, instruktive Beispiele behandelt. Die Hausaufgaben sind ein freiwilliges Angebot, das zur Festigung des Wissens beiträgt. Es wurden bewusst sehr einfache Aufgaben ausgewählt und darauf geachtet, dass die Bearbeitungszeit eines Übungsblatts nicht mehr als eine Stunde beträgt. In der Evaluation haben die Studierenden angegeben, dass ihre Bearbeitungszeit tatsächlich bei etwa einer Stunde lag. Trotzdem wurden die Hausaufgaben nur von wenigen Studierenden abgegeben. Als Hauptgrund wurde in der Evaluation von fast allen Studierenden Zeitmangel, insbesondere durch die Überforderung mit den Übungszetteln aus Physik und Mathematik, genannt.

Bei den Maxiaufgaben wurden zum Teil Themen angesprochen, die erst später in der Physik-I- oder in der Physik-II-Vorlesung behandelt werden. Der mathematische Aufwand war zudem etwas größer als bei gewöhnlichen Übungsaufgaben. Um den Zeitaufwand für die Maxiaufgaben zu begrenzen, wurden die Studierenden jeweils in mehreren Gesprächen außerhalb der regulären Veranstaltungszeit von mir unterstützt. Gerade diese individuellen Gespräche wurden von den Studierenden sehr geschätzt. Viele hatten danach das Gefühl, endlich etwas verstanden zu haben. Auch Studierende, die seltener an der Veranstaltung teilgenommen haben, beteiligten sich an den Maxiaufgaben. Der Zeitaufwand der Lehrperson für die individuellen Gespräche außerhalb der regulären Veranstaltungszeit betrug etwa zwei Stunden pro Woche.

In der Evaluation haben die Studierenden bestätigt, dass der Stoffumfang, der Arbeitsaufwand und der Schwierigkeitsgrad der Präsenzaufgaben, der Hausaufgaben und der Maxiaufgaben angemessen sind.

## ERGEBNISSE

An der freiwilligen Klausur haben am Ende vier Studierende (2 x Physik, 1 x Geophysik/Ozeanographie, 1 x Meteorologie) teilgenommen. Alle haben bestanden (im Falle einer Benotung wären die Noten 3 x gut, 1 x befriedigend). Für die Studierenden war diese Klausur auch eine Generalprobe für die große Physik-I-Klausur neun Tage später. Sie haben der Klausur nun wesentlich gelassener entgegengesehen. Zwei Klausurteilnehmende haben mir anschließend mitgeteilt, dass sie auch die Physik-I-Klausur im ersten Versuch bestanden haben.

Die Teilnehmenden der Veranstaltung *Kräfte in der Physik* meldeten zurück, dass sie die besprochenen Themen und ihre Anwendung direkter als in den großen Vorlesungen der Grundmodule wahrgenommen haben. Im Gegensatz zur großen Vorlesung im Hörsaal konnten die

Studierenden auch selbst experimentieren und beispielsweise die Dichte von Granit bestimmen.

In der Evaluation geben die Studierenden an, dass sie in der Veranstaltung *Kräfte in der Physik* viel gelernt haben. Alle Studierenden betonen, dass die Veranstaltung bei ihnen zu einem vertieften Verständnis der physikalischen Grundlagen geführt hat. Hervorgehoben wird außerdem die kleine Gruppe, in der individuelle Fragen und auch ‚triviale Dinge‘ besprochen werden können. Im Vergleich zu den Grundmodulen gebe es deutlich mehr ‚Aha-Momente‘, die nur durch persönlichen Kontakt entstehen können. Die Veranstaltung habe den Studierenden außerdem gezeigt, wie man allgemein an ein physikalisches Problem herangeht, um es zu lösen. Eine Person schreibt, es sei eine sehr gute Veranstaltung, die „sehr geholfen hat, einen Einstieg ins Studium zu finden, und einen Weg gezeigt hat, komplexe Themen verständlich aufzubrechen.“

Im Rahmen des Lehrprojekts hat sich gezeigt, dass sich Studienanfängerinnen und -anfänger, egal ob sie Physik, Geophysik/Ozeanographie, Meteorologie, Computing in Science oder Physik-Lehramt studieren, mit den gleichen Schwierigkeiten konfrontiert sehen. Eine Ursache ist die Diskrepanz zwischen den Kenntnissen, die sie aus der Schule mitbringen, und den Kenntnissen, die an der Universität erwartet werden. Das gilt nicht nur für Mathematik-, sondern auch für Physikkenntnisse. Beispielsweise können der sichere Umgang mit den Bewegungsgesetzen oder die Bedeutung der Dichte nicht bei allen vorausgesetzt werden. Manchmal scheint es, als ob im Schulunterricht weitgehend auf Formeln verzichtet würde, dabei müsste aber gerade der Umgang mit Formeln bereits in der Schule gelernt und trainiert werden.

Mit dem hier vorgestellten Lehrkonzept können die Studierenden viele Hürden durch persönliche Unterstützung überwinden. Es entsteht eine Atmosphäre, in der sie sich auch trauen, nach vermeintlich einfachen Dingen zu fragen. Die Lehrperson sieht konkret, wo die Probleme liegen.

## FAZIT UND AUSBLICK

Während der Veranstaltung *Kräfte in der Physik* und in vielen individuellen Gesprächen mit den Studierenden habe ich viele wertvolle Erfahrungen gesammelt. Insbesondere habe ich einen noch besseren Einblick in die Situation der Studienanfängerinnen und -anfänger bekommen. Das Lehrprojekt ermöglichte mir außerdem, mein Spektrum in der Physik-Grundausbildung zu erweitern und zu vertiefen sowie neue Ideen auszuprobieren.

Das Lehrkonzept sehe ich als Modell, das sich mit den entsprechenden Themen auch auf andere Veranstaltungen und Fächer übertragen lässt. Teile des Lehrkonzepts, insbesondere die Maxiaufgaben, könnten auch in Übungsgruppen zu größeren Vorlesungen umgesetzt werden.

Lehrende haben gerade in den Anfängermodulen eine große Verantwortung, die Studierenden nicht zu überfordern und zeitlich nicht zu überlasten. Dinge, die uns aufgrund langjähriger Erfahrung trivial erscheinen, sind für Studienanfängerinnen und -anfänger alles andere als trivial, das muss man sich immer wieder bewusst machen. In jedem Semester hat man es mit neuen Studierenden zu tun, die von vorn anfangen.

Um die Absolventenzahlen in den naturwissenschaftlichen Studiengängen zu erhöhen, ist aus meiner Sicht eine stärkere persönliche Unterstützung der Studierenden durch erfahrene Lehrpersonen, die sensibel für Anfängerschwierigkeiten sind, unbedingt erforderlich. Dazu leistet die Veranstaltung *Kräfte in der Physik* einen wichtigen Beitrag. Deshalb möchte ich die Veranstaltung gern weiterhin anbieten.

Ich danke dem Universitätskolleg für die Mittel, mit denen dieses Projekt überhaupt erst möglich wurde.