

OFFENES EXPERIMENTIEREN IM PHYSIKALISCHEN PRAKTIKUM

Festigung, Ausweitung und Online-Vorbereitung

Andreas Hemmerich, Arnold Stark, Uwe Pape (Fachbereich Physik),
Antonia Scholkmann (Fakultät für Erziehungswissenschaft)

Aufbauend auf der Einführung des „Problemorientierten, offenen Experimentierens im Physikalischen Praktikum I“, das im Sommersemester 2013 und Wintersemester 2013/14 im Lehlabor gefördert wurde (Hemmerich, Pape & Stark, 2014), wurden ab Sommersemester 2014 zwei weitere Lehlabor-Projekte in den Physikalischen Praktika für Studierende der Naturwissenschaften durchgeführt; sie sind Gegenstand dieses Beitrags:

- Im Projekt „Festigung und Ausweitung von offenem Experimentieren in den Physikalischen Praktika I + II für Studierende der Naturwissenschaften“ wurde das offene Experimentieren mit erweiterter Experimentierzeit in Praktikum II eingeführt und es wurden Dozenten-Schulungen angeboten.
- Im Projekt „Online-Vorbereitung für das Physikalische Praktikum“ wurde eine Online-Vorbereitung für die offenen Experimente im Praktikum I entwickelt und eingeführt.

Online-Vorbereitung und offene Experimente verbinden sich zu einer Form Integrierten Lernens („Blended Learning“).

Ausgangslage und Ziele des Lehrprojekts „Festigung und Ausweitung von offenem Experimentieren“

Die „Physikalischen Praktika I + II für Studierende der Naturwissenschaften“ finden jährlich viermal statt und erreichen dabei etwa 400 bzw. 160 Studierende der Studiengänge Physik, Geophysik, Ozeanografie, Meteorologie, Lebensmittelchemie, Informatik und Computing in Science. Studierende dieser Studiengänge und verschiedener Semester werden gemeinsam unterrichtet, wobei Kenntnisstand und Motivationslage sehr inhomogen sind. Beide Praktika beinhalten jeweils zwölf Termine à vier Stunden Präsenzzeit. Bei den klassischen, nicht-offenen Experimenten werden vorkonstruierte Versuchsprogramme in Zweier-Teams anhand einer Anleitung Schritt für Schritt abgearbeitet – ein reproduktiv orientierter Ablauf, der auch an anderen Universitäten für die Anfängerpraktika typisch ist. Jeweils bis zu acht bzw. zehn Studierende werden von einem Dozenten oder einer Dozentin betreut – insgesamt wirken jährlich etwa 30 Lehrende im Physikalischen Praktikum.

Vor diesem Hintergrund wurde 2013/14 im Rahmen des Vorgänger-Lehlaborprojekts „Problemorientiertes, offenes Experimentieren im Physikalischen Praktikum I für Studierende der Naturwissenschaften“ ein neues Lehrkonzept offenen Experimentierens entwickelt und erprobt. Für die Versuche „V1 – Luftkissenschiene“ und „V5 – Gleich- und Wechselstrom“ wurden flexible Experimentierumgebungen und eine Auswahl verschiedener, problemorientierter Aufgabenstellungen entwickelt. Diese Herangehensweise ermöglicht Lernsituationen, in denen zwei Teams aus jeweils zwei bis vier Studierenden Lösungswege für die unterschiedlichen, nicht von vornherein bekannten Aufgabenstellungen selbst gestalten können. Eine Anleitung gibt es nicht, aber eine vorgegebene Phasierung stützt und sichert die Studierenden:

Planungs- und Experimentierphasen wechseln mit moderierten, teamübergreifenden Kolloquien zur Verbalisierung und – mithilfe von Flip-Charts – Visualisierung der Ideen oder Ergebnisse. Dieser Wechsel fördert den Ideenaustausch innerhalb und zwischen den Teams; im Diskurs profitieren die Studierenden von ihren unterschiedlichen Sichtweisen.

Beide offene Experimente werden seit 2013/14 im regulären Praktikumsbetrieb eingesetzt. Mit entscheidend für das Gelingen der Versuche sind die Lehrenden, welche die Studierenden beim offenen Experimentieren betreuen: Sie achten auf die Einhaltung des Konzepts und stehen als kritische Ratgebende zur Verfügung mit dem Ziel, den Studierenden größtmöglichen Spielraum bei der Problemlösung zu eröffnen und möglichst wenig zu steuern. Sie erläutern die Versuchsumgebung, helfen bei technischen Fragen und moderieren die Kolloquien. Dabei müssen die Lehrenden Aufgabenstellungen und Lösungswege, die sie zuvor selbst nicht kannten, zulassen und begleiten können. Die Anforderungen sind also hoch, sowohl in didaktischer als auch in fachlicher Hinsicht. Darum wurden die Lehrenden von Anfang an besonders auf das offene Experimentieren vorbereitet – durch Hospitationen bei erfahrenen Betreuerinnen und Betreuern und durch eine Begleitung bei der ersten eigenverantwortlichen Betreuung des offenen Experimentierens. Außerdem wurde den Lehrenden eine detaillierte schriftliche Anleitung zum offenen Experimentieren bereitgestellt.

Um ihre Erfahrungen mit dem „Problemorientierten, offenen Experimentieren im Physikalischen Praktikum I“ zu erfragen, wurden die eingesetzten Dozentinnen und Dozenten im März 2014 in einer schriftlichen Evaluation befragt. Zwölf Lehrende meldeten zurück, dass die Studierenden engagiert und mit Spaß offen experimentieren und dass es in den Teams zu wissenschaftlichem Diskurs, zu erfolgreichem Experimentieren und zu physikalischen Lernfortschritten kam. Der Diskurs in den Kolloquien sei aber nicht immer wie gewünscht zustande gekommen. Dem entspricht die Selbsteinschätzung der Lehrenden: Fast alle trauten sich die Betreuung des offenen Experimentierens zu. Einige gaben aber an, dass ihnen die offene Moderation in den Kolloquien bzw. die Anregung eines wissenschaftlichen Diskurses zwischen den Teams nicht leicht gefallen sei. Auch bereitete es den Lehrenden Schwierigkeiten, Falsches so lange stehen zu lassen, bis die Studierenden den Fehler selbst entdecken konnten. Diese Einschätzungen rückten die Qualifikation und Motivation der Dozentinnen und Dozenten verstärkt in den Fokus und stützten die Idee, ein Lehrenden-Training zu entwickeln, in dem die Besonderheiten der Betreuung des offenen Experimentierens gezielt thematisiert und trainiert werden sollten.

Nicht nur die Erfahrungen der Dozierenden, auch jene der Studierenden wurden nach jedem Praktikum mit genügend Teilnehmerinnen und Teilnehmern mithilfe einer Online-Evaluation des Praktikums I und der offenen Experimente erfasst. Auch die Studierenden urteilten mehrheitlich positiv über das offene Experimentieren: Für die große Mehrzahl war es interessanter und intensiver und machte mehr Spaß als das Experimentieren nach Anleitung. Zwar wünschten sich manche Studierende mehr Anleitung und mehr Experimentierzeit, dennoch ermutigten schon die ersten Evaluationsergebnisse von 2013 zu einem Transfer des offenen Experimentierens in das Physikalische Praktikum II.

Den Rahmen für die Übertragung des Konzepts offenen Experimentierens ins Praktikum II bildete das Lehrlaborprojekt „Festigung und Ausweitung von offenem Experimentieren in den Physikalischen Praktika I + II für Studierende der Naturwissenschaften“ (Laufzeit von April 2014 bis März 2015). Von der Ausweitung auf Praktikum II erhofften wir, dass hier mit mehr Experimentierzeit eine tiefere Auseinandersetzung mit physikalischen Phänomenen möglich würde, sodass die Vorteile des

offenen Experimentierens besonders deutlich würden. Die Festigung des offenen Experimentierens sollte durch eine Verbesserung der Qualität der Betreuung erzielt werden, diese wiederum durch eine stärkere Beteiligung der Lehrenden – insbesondere durch ein begleitendes Dozententraining.

Umsetzung des Lehrprojekts „Festigung und Ausweitung von offenem Experimentieren“

Für die Einführung offenen Experimentierens in Praktikum II wurde das Thema Ultraschall gewählt, das nur an einer weiteren Stelle im Praktikum untergeordnet vertreten ist (Versuch „M5 – Akustooptischer Effekt“). Ein Grund für die Wahl war ein vorhandener Grundstock an Experimentiergeräten und Materialien zum Thema Ultraschall. Ausschlaggebend war aber, dass mit Ultraschall eine Vielzahl von Aufgabenstellungen zu grundlegenden physikalischen Fragen und Konzepten möglich ist, wie z. B. Ausbreitungsgeschwindigkeit, Dispersion, Dopplereffekt, Wellencharakter, Interferenz, Beugung, Brechung, Absorption, Anregung von Resonanzen, Bilderzeugung und Entfernungsmessung.

Das offene Experiment „Ultraschall“ wird gleichzeitig von bis zu zehn Studierenden (statt bis zu acht Studierenden bei den offenen Experimenten in Praktikum I) durchgeführt, die bis zu drei Teams aus je zwei bis vier Studierenden bilden. Das Konzept des offenen Experimentierens wurde im Vergleich zur Realisierung in Praktikum I vor allem in einem Punkt geändert: Es wird doppelt so viel Zeit zur Verfügung gestellt; statt über einen Termin à vier Stunden Präsenzzeit erstreckt sich das offene Experiment „Ultraschall“ über einen Doppeltermin mit zweimal vier Stunden an einem Tag mit einer Stunde Mittagspause (Praktikum in der vorlesungsfreien Zeit) oder über zwei Termine à vier Stunden im Abstand von einer Woche (Praktikum in der Vorlesungszeit). Das offene Experiment ersetzt somit zwei klassische Versuche „nach Anleitung“.

Offene Experimente in Praktikum I			Offenes Experiment in Praktikum II		
	Inhalt	Dauer		Inhalt	Dauer
1	Vorbereitung (zu Hause online)	3h	1	Vorbereitung (zu Hause)	2h
2	Einführung + Aufgabenstellung	20 min	2	Einführung + Aufgabenstellung	30 min
3	Versuchsentwurf	50 min	3	Versuchsentwurf	90 min
4	1. Kolloquium: Versuchsentwürfe <small>Pause</small>	30 min	4	1. Kolloquium: Versuchsentwürfe	30 min
5	Experimentierzeit	80 min	5	Experimentierzeit	90 min
6	Schnellauswertung	20 min			
7	2. Kolloquium: Versuchsergebnisse	30 min			
				Mittagspause	
8	Protokoll-Ausarbeitung (gemeinsam)	3 - 6 h	6	2. Kolloquium: Zwischenbesprechung	30 min
			7	Experimentierzeit	105min
			8	Schnellauswertung	30 min
			9	3. Kolloquium: Versuchsergebnisse	30 min
9	Protokoll-Rückgabe	15 min	10	Feedback-Runde	15 min
			11	Protokoll-Ausarbeitung (gemeinsam)	4 - 8 h
			12	Protokoll-Rückgabe	15 min

Abbildung 1: Phasierung der offenen Experimente in Praktikum I (mit Online-Vorbereitung) und des offenen Experiments „Ultraschall“ in Praktikum II.

Abbildung 1 zeigt rechts im Bild die neue Phasierung für zweimal vier Stunden Präsenzzeit. Im Vergleich zur Phasierung für die offenen Experimente in Praktikum I (links im Bild) mit nur vier Stunden Präsenzzeit gibt es mehr und längere Phasen. Für Phase 3 – den Versuchsentwurf – stehen 90 statt 50 Minuten zur Verfügung. Die auf das 1. Kolloquium (Vorstellung und Diskussion der Versuchsentwürfe, Phase 4) folgende Experimentierzeit erstreckt sich sogar über insgesamt 195 statt 80 Minuten, ist aber in zwei Phasen unterteilt (5 und 7). Dazwischen liegen die Pause (eine Stunde Mittag bzw. eine Woche) und ein zusätzliches Kolloquium, die Zwischenbesprechung (Phase 6). Sie ermöglicht es den Teams, sich über aufgetretene experimentelle Schwierigkeiten auszutauschen und gemeinsam nach Lösungen zu suchen. Auf die Experimentierzeit folgen unverändert die Schnellauswertung (Phase 8) und das Kolloquium zur Präsentation und Diskussion der Versuchsergebnisse (Phase 9). Die Präsenzzeit schließt mit einer neuen, zusätzlichen Feedbackrunde (Phase 10), in der Studierende und Lehrende Gelegenheit zu sofortigen Rückmeldungen zum Verlauf des offenen Experimentierens haben.

Das offene Experiment „Ultraschall“ wurde im September 2014 erstmals im Praktikum II durchgeführt, wechselweise betreut bzw. hospitiert von Arnold Stark und einem weiteren Praktikumsdozenten (Martin Stieben). Bei sieben Durchführungen experimentierten insgesamt 53 Studierende in 15 Teams. Fast allen war das offene Experimentieren aus Praktikum I vertraut. Es wurden acht verschiedene Aufgabenstellungen erprobt, z. B. „Weisen Sie den Wellencharakter von Ultraschall nach und bestimmen Sie die Wellenlänge“ oder „Bauen Sie Resonatoren für Schall oder Ultraschall auf. Bestimmen und erklären Sie das Spektrum der Resonanzen“. Dabei wurden auch Aufgabenstellungen bzw. Lösungsversuche im akustischen Frequenzbereich bis 10 kHz erprobt, jedoch erwiesen sich die akustischen Resonanzen des Laborraums als so problematisch, dass bei späteren Durchführungen des offenen Experiments nur Aufgabenstellungen bzw. Lösungen im Ultraschallbereich zum Einsatz kamen. Der Verlauf des offenen Experimentierens wurde protokolliert, und die von den Studierenden angefertigten Flip-Charts und einige experimentelle Aufbauten wurden fotografiert (siehe z. B. Abb. 2).

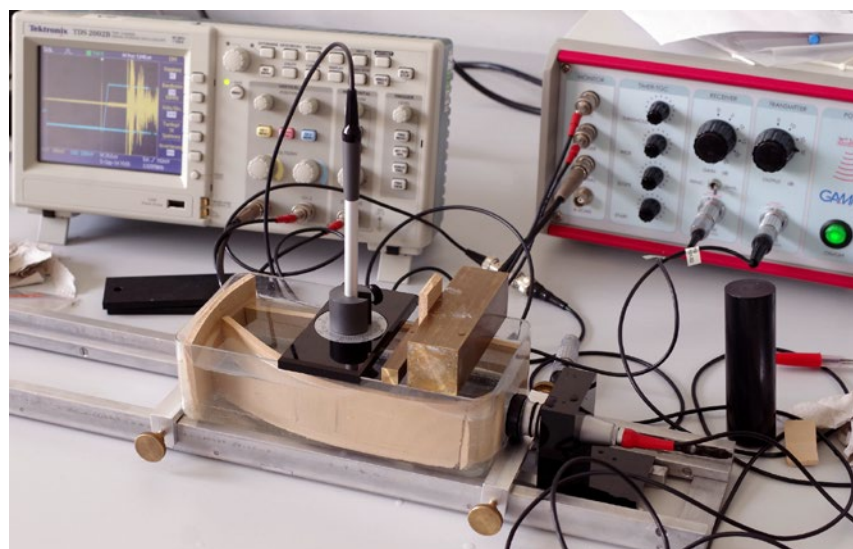


Abbildung 2: Allerster experimenteller Aufbau zum offenen Experiment „Ultraschall“. Die Aufgabenstellung lautete: „Weisen Sie den Wellencharakter von Ultraschall nach und bestimmen Sie die Wellenlänge.“

Die Phasierung wurde bei allen sieben Durchführungen sowohl zeitlich als auch inhaltlich eingehalten. Die Studierenden waren sehr aktiv, und in den Teams kam es ebenso wie in den Kolloquien durchweg zu lebendigen und fruchtbaren physikalischen Diskussionen. Zwar traten auch experimentelle Schwierigkeiten auf – das ist aber ein gewolltes Charakteristikum des problemorientierten, offenen Experimentierens und fordert die Problemlösefähigkeiten der Teams heraus. Mithilfe der Zwischenbesprechung und mit etwas Unterstützung durch die beiden Dozenten konnten diese Schwierigkeiten in den meisten Fällen mindestens teilweise überwunden werden. In den Feedbackrunden äußerten sich die Studierenden überwiegend sehr positiv über das neue offene Experiment, das ihnen noch besser gefiel als die offenen Experimente in Praktikum I – ggf. trotz der mit dem Format verbundenen besonderen experimentellen Herausforderungen. Vor allem der großzügigere zeitliche Rahmen und die unterstützende Betreuung wurden gelobt.

Diese Einschätzungen fanden sich auch in der Online-Evaluation des Physikalischen Praktikums II und des offenen Experiments „Ultraschall“ wieder, welche nach Abschluss des Praktikums im Oktober 2014 in Kooperation mit Carolin Gaigl (Koordinierungsstelle Lehlabor) erstmals durchgeführt wurde. Diese Online-Evaluation lehnte sich an die im Vorgängerprojekt mit André Kopischke (Teilprojekt 24 „Evaluation von Maßnahmen des Universitätskollegs“) entwickelte Online-Evaluation des Praktikums I an. Ein Teil der sehr positiven Ergebnisse dieser Evaluation ist in Abbildung 3 dargestellt.

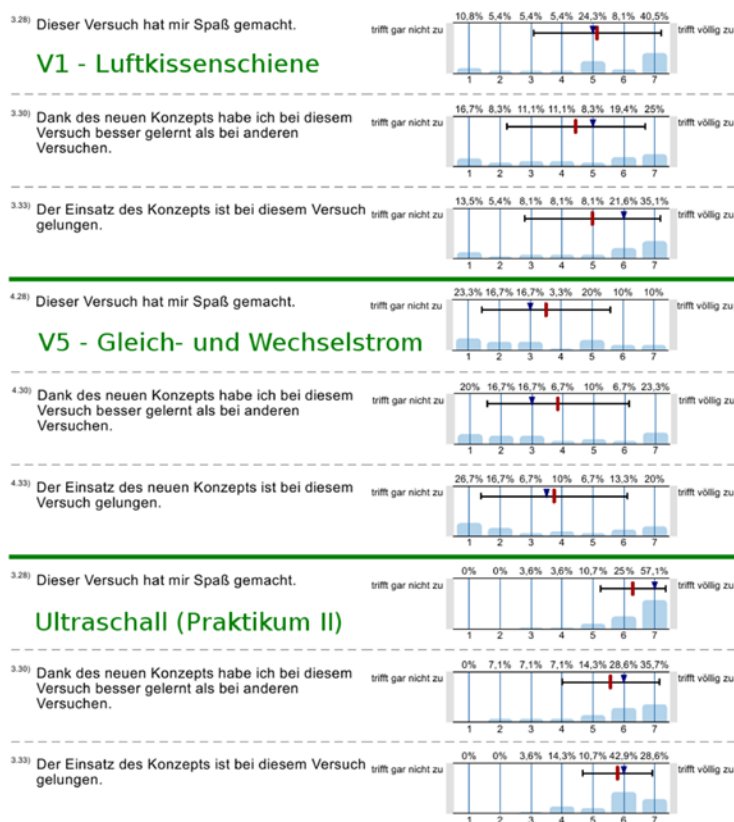


Abbildung 3: Teil-Ergebnisse der Online-Evaluationen der Praktika I und II im September 2014 in Bezug auf die Offenen Experimente: Das neue Offene Experiment „Ultraschall“ in Praktikum II schnitt noch besser ab als das Offene Experiment „V1 – Luftkissenschiene“ in Praktikum I, während das Experiment „V5 – Gleich- und Wechselstrom“ sehr gemischte Rückmeldungen erhielt.

Demnach hat das neue offene Experiment den Studierenden, welche an der Evaluation teilnahmen, Spaß gemacht, sie haben bei diesem Experiment besser gelernt als bei anderen Versuchen und der Einsatz des Lehrkonzepts ist bei diesem Versuch gelungen. Diese sehr positiven Einschätzungen wiederholten sich auch bei der Evaluation des folgenden Praktikums II im März 2015. Insbesondere nannten die Studierenden auf die Fragen, welches der Experimente am meisten Spaß gemacht habe, bei welchem Experiment sie am meisten gelernt hätten, und über welches Experiment sie am detailliertesten berichten könnten, stets das offene Experiment „Ultraschall“ am häufigsten (46 %, 42 % und 50 %).

Seither ist das neue offene Experiment vollständig in den normalen Betrieb des Praktikums II integriert und wird von verschiedenen Dozenten des Praktikums betreut. Dabei wird die Experimentierumgebung unter Einbeziehung der experimentellen Wünsche und Bedürfnisse der Studierenden fortlaufend durch neue Geräte und Komponenten ergänzt. Auch die Aufgabenstellungen werden kontinuierlich weiterentwickelt: Seit März 2015 wird die Feedbackrunde auch genutzt, um Rückmeldebögen auszufüllen, welche im September 2014 schon in Praktikum I eingeführt wurden. Damit melden die Lehrenden unmittelbar nach der Durchführung des offenen Experimentierens für jedes Team die Erfahrungen der Studierenden zurück. Jeder Rückmeldebogen enthält die jeweilige Aufgabenstellung, Platz für freie formulierte Mitteilungen und die Bitte, die Erfahrungen mit der Aufgabenstellung jeweils auf einer fünfteiligen Skala in Hinblick auf folgende vier Kriterien einzuordnen:

1. War die Aufgabenstellung für sie Studierenden zu leicht, genau richtig oder zu schwer?
2. War die Fragestellung für die Studierenden verständlich?
3. Hat die Bearbeitung der Aufgabenstellung den Studierenden Spaß gemacht?
4. War die Bearbeitung für die Studierenden lehrreich?

Bis Juni 2016 wurden in Praktikum I bzw. II 230 bzw. 40 Rückmeldebögen ausgewertet. Sie halfen dabei, zu schwierige Aufgabenstellungen durch einfachere zu ersetzen bzw. so weiterzuentwickeln, dass die Aufgabenstellungen verständlicher, lösbarer oder interessanter wurden.

Dozententraining als hochschuldidaktische Begleitung

Bei der Entwicklung und Durchführung des Dozententrainings kam es erfreulicherweise zu einer Kooperation mit Dr. Antonia Scholkmann, zum Zeitpunkt der Anfrage kommissarische Leiterin des Zentrums für Hochschuldidaktik (ZHW) der Universität Hamburg, dem Vor-Vorgänger des jetzigen Hamburger Zentrums für Universitäres Lehren und Lernen (HUL). Anfänglich waren noch zwei weitere Mitarbeiterinnen des ZHW an der Entwicklung beteiligt (vgl. Scholkmann, Sommer & Petersen, 2014). Das Dozententraining fand dreimal statt: im September 2014, im März 2015 sowie im September 2015. Der Zeitpunkt des Trainings lag jeweils in der Mitte bzw. am Ende des Praktikums in der vorlesungsfreien Zeit, da das Trainingskonzept vorsah, aktuelle Anliegen und Eindrücke der Dozentinnen und Dozenten aus den stattgefundenen offenen Experimenten zeitnah zu integrieren. Das Training erfolgte jeweils an einem Nachmittag von ca. 14 bis 17 Uhr und wurde von 12 bis 15 Dozentinnen und Dozenten pro Termin wahrgenommen. Eine grobe inhaltliche Abstimmung der Themen erfolgte vorab zwischen der Trainerin und den Projektverantwortlichen. Es wurden nur solche Themen aufgegriffen, die bei den Dozentinnen und Dozenten des offenen Experimen-

tierens aktuellen Beratungsbedarf hatten. Als didaktisches Konzept setzte das Dozententraining, neben der Situierung der behandelten Themen im konkreten Lehrkontext der Teilnehmenden, auf aktivierende und transferierbare Elemente.

Training 1 setzte auf die Vermittlung grundsätzlicher Kenntnisse über forschend-entdeckende Lernarrangements. Forschend-entdeckendes Lernen, zu dem auch das offene Experimentieren gezählt werden kann, kommt verstärkt auch in der naturwissenschaftlichen Didaktik zum Einsatz (vgl. z. B. Höttecke, 2010; Scholkmann, 2016). Im Anschluss an den wissensvermittelnden Input-Teil erfolgte in diesem Training eine offene Diskussion mit den Teilnehmenden über zukünftige Entwicklungsanliegen. Im Sinne gruppenspezifischer Modelle wurde Training 1 durch die gemeinsame Diskussion zukünftiger Anliegen auch als Anlass für die Entwicklung kollaborativer Beziehungen unter den Dozierenden aufgefasst, die sich im Kontext des offenen Experimentierens durch kollegiales Feedback auch horizontal vernetzen und unterstützen können.

Die thematische Ausrichtung des Trainings 2 basierte unter anderem auf den Diskussionen aus dem ersten Trainingstermin. Mit dem Thema Feedback wurde hier ein Kernstück forschend-entdeckenden Lernens bearbeitet, das bei vielen Dozentinnen und Dozenten über alle fachlichen Kontexte hinweg als herausfordernd erlebt wird. Dementsprechend groß war die zu Anfang des Trainings geäußerte Unsicherheit, wie Rückmeldungen zu studentischen Ideen und Ergebnissen im Rahmen des offenen Experimentierens im richtigen Umfang sowie möglichst wertschätzend und konstruktiv gegeben werden könnten. Mit der Methode der sieben Denkhüte (de Bono, 1999) erprobten die Teilnehmenden in diesem Training ein ressourcenorientiertes und doch sachbezogenes Feedbackinstrument.

In Training 3 befassten sich die Teilnehmenden mit einem weiteren zentralen Bestandteil forschend-entdeckender Lernarrangements, welcher auch im offenen Experimentieren bereits als Herausforderung erkannt worden war: der Begleitung der Studierenden in der Phase der eigenen Experiment-Entwicklung, oder, lernpsychologisch gesprochen, dem Problemlöseprozess. Durch „facilitation“, sprich die Ermöglichung des Lernens bei den Lernenden, sind Dozentinnen und Dozenten in dieser Phase dazu aufgefordert, studentische Arbeitsprozesse zu begleiten, ohne jedoch, wie in nicht-offenen Lernarrangements, bereits erprobte Lösungen vorzugeben (vgl. Kolmos, Du, Holgaard & Jensen, 2008). Anhand von Knobelaufgaben, welche in Gruppenarbeit bearbeitet wurden, erprobten die Teilnehmenden in diesem Training, wie auch bei bekannter Lösung eine Unterstützung von noch unwissenden Personen bei der Lösungsentwicklung und Lösungsfindung möglich ist.

In den Rückmeldungen der Teilnehmenden vor allem zu Training 2 und 3 zeigte sich, dass das Konzept einer anlassbezogenen, konkret auf Problemstellungen zugeschnittenen Weiterbildung den Anspruch an eine situierte Lernerfahrung mehr als erfüllt hat. Nicht selten erfolgten Statements wie: „Jetzt weiß ich endlich, wie es den Studierenden während des offenen Experimentierens geht“ oder „Vor dem Training konnte ich mir nicht vorstellen, auf wie viele Weisen man ein studentisches Experiment-Ergebnis betrachten kann“. Damit kann das Dozententraining zum offenen Experimentieren als die geglückte Umsetzung einer „maßgeschneiderten“ hochschuldidaktischen Begleitung angesehen werden.

Ausgangslage und Ziele des Lehlaborprojekts „Online-Vorbereitung fürs Physikalische Praktikum“

Während die Rückmeldungen zum offenen Experiment „V1: Luftkissenschiene“ in der Regel positiv waren, fielen die Rückmeldungen zum offenen Experiment „V5 – Gleich- und Wechselstrom“ deutlich gemischer aus (siehe Abb. 3). Bei der Evaluation des Praktikums I im Oktober 2014 brachten 29 % der Studierenden zum Ausdruck, der Versuch „Luftkissenschiene“ habe von den zwölf Praktikumsversuchen am meisten Spaß gemacht, während der Versuch „Gleich- und Wechselstrom“ bei 22 % der Studierenden den geringsten Anklang fand. Auch die Lehrenden unterstützen bei einer Evaluation im März 2015 in Bezug auf V1 einhellig die Aussage, dass das offene Experiment für Studienanfängerinnen und -anfänger gut geeignet sei, wohingegen sie beim Versuch V5 zu „teils/teils“ tendierten. Bei den Rückmeldebögen zu den Aufgabenstellungen wurde V5 mit dem Mittelwert 3,7 auf der fünfstufigen Skala hinsichtlich des Kriteriums „hat den Studierenden Spaß gemacht“ ebenfalls weniger positiv eingestuft als V1 (Mittelwert 4,1).

Diese Evaluationsergebnisse entsprachen der Beobachtung, dass viele Studierende sich im Bereich der Elektrizitätslehre eine eigenständige Lösung der gestellten Aufgabe kaum zutrauen. Wenn ein selbst zusammengesteckter Schaltkreis nicht auf Anhieb funktioniert, fehlt oft das Selbstvertrauen, eigenständig Fehler zu suchen. Dieser Mangel an Selbstvertrauen und Handlungskompetenz beruht nach unserer Einschätzung auf einer Reihe von Problemfeldern:

1. Die Studierenden kamen in der Schule nur wenig mit Schülerexperimenten zur Elektrizitätslehre in Berührung.
2. Die meisten Studierenden haben vor dem Praktikum zwar eine Vorlesung zur Mechanik, aber noch keine zur Elektrizitätslehre gehört. Zudem stellen die anwendungsnahen Elektrizitätsthemen des Praktikums teilweise einen eigenständigen Lehrinhalt dar.
3. Die Versuchsvorbereitung der Studierenden durch das Rezipieren von Anleitungstexten und Lehrbüchern nützt wenig; die physikalischen Grundlagen werden meist ohne ausreichendes Verständnis abgeschrieben.
4. Im Praktikum selbst steht nur eingeschränkt Zeit zur Vermittlung fehlender Grundlagenkenntnisse zur Verfügung.

Aus diesen Überlegungen entstand die Idee einer Online-Vorbereitung als ein Angebot zum Schließen der Lücken in der vorherigen Ausbildung der Studierenden – primär für Versuch V5, aber auch für Versuch V1 und andere Versuche. Passend zum jeweiligen Versuch sollte eine E-Learning-Plattform lehrende, übende und prüfende Elemente zu den jeweils erforderlichen Grundlagen enthalten und die wirkungsarme schriftliche Vorbereitung ersetzen. Auch Handlungsstrategien zum Experimentieren im Allgemeinen, zur Durchführung offener Experimente, zum Verhalten bei wissenschaftlichen Diskussionen oder zur Fehlersuche sollten vermittelt werden. Auf diese Weise sollten Kompetenzen und Selbstvertrauen für eine erfolgreiche Versuchsdurchführung gestärkt werden. Die E-Learning-Plattform sollte mit Unterstützung des E-Learning-Büros der MIN-Fakultät auf dem „OLAT – Online Learning and Training“-System der Universität Hamburg aufgebaut werden. Die Studierenden sollten damit hinreichende Kenntnisse und Kompetenzen zur erfolgreichen Durchführung der jeweiligen Praktikumsversuche nicht nur erwerben, sondern auch nachweisen. Inhalte, die dem Wissenserwerb dienen, sollten von denjenigen Studierenden übersprungen werden können, die sich schon hinreichend informiert fühlten. Prüfende Passagen sollten hingegen verbindlich sein.

Umsetzung und Rezeption der „Online-Vorbereitung fürs Physikalische Praktikum“

Die E-Learning-Plattform „Online-Vorbereitung fürs Physikalische Praktikum“ wurde von den Projektverantwortlichen wie geplant schrittweise aufgebaut – unterstützt von Christian Kreitschmann und Michael Heinecke vom E-Learning-Büro der MIN-Fakultät, von einer studentischen Hilfskraft (Michael Lau) und einem Praktikumsdozenten (Gerald Rapior). Die Unterstützung des E-Learning-Büros konzentrierte sich auf die Einarbeitung in das „OLAT – Online Learning and Training“-System der Universität Hamburg sowie auf die gemeinschaftliche Produktion von vier Videos, welche in die Online-Vorbereitung integriert wurden; drei davon sind auch über das Lecture2Go-Angebot der Universität Hamburg erreichbar (Stark, 2015).

Noch während des Aufbaus wurde der Online-Kurs im September 2015 mit einer kleinen Zahl von Studierenden zur Vorbereitung auf Versuch V5 erprobt. Weitgehend fertig gestellt diente der Online-Kurs im Februar/März 2016 etwa 150 Studierenden nachprüfbar zur Vorbereitung auf die offenen Experimente. Seit April 2016 ist der Online-Kurs „vollständig“ aufgebaut, wird aber noch im laufenden Betrieb weiterentwickelt. Der Online-Kurs dient nun regulär zur Vorbereitung auf die offenen Versuche V1 und V5, wobei diese Vorbereitung mithilfe der in den Kurs integrierten Tests namentlich nachgeprüft wird.

Studierende, die zum Praktikum I zugelassen wurden, können sich beim Online-Kurs beliebig oft anmelden. Abbildung 4 zeigt die Oberfläche des Online-Kurses am Beispiel der Thementauswahl für Versuch „V5 – Gleich- und Wechselstrom“.

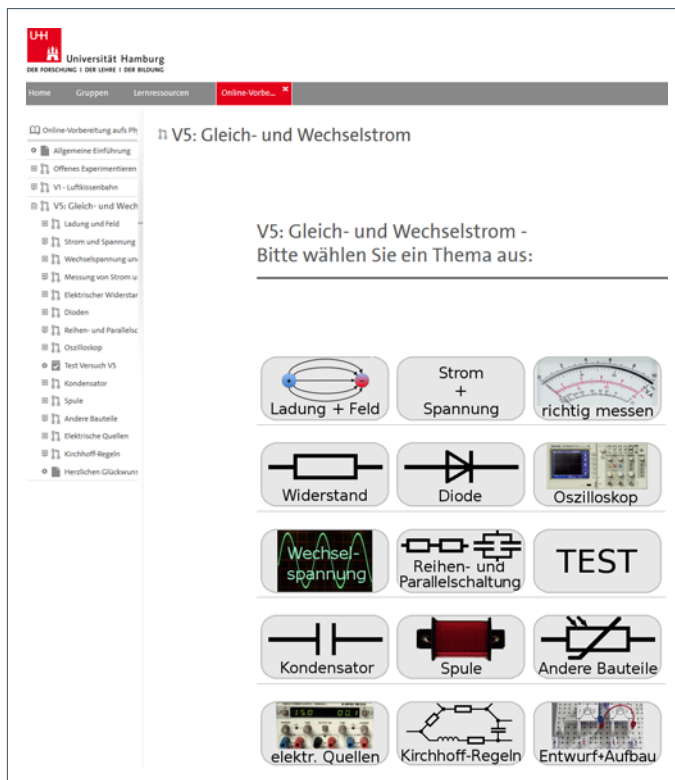


Abbildung 4: Oberfläche der Online-Vorbereitung auf das Physikalische Praktikum mit der Thementauswahlseite für Versuch „V5 – Gleich- und Wechselstrom“. Links im Bild ist ein Teil der Struktur des Online-Kurses zu erkennen.

Ein Teil der Struktur des Online-Kurses ist am linken Bildrand zu erkennen: Eine allgemeine Einführung informiert über Sinn, Funktionen und Benutzung. Von dort gelangt man wahlweise zur Themenauswahl für das offene Experimentieren an sich, für Versuch 1 oder – wie abgebildet – für Versuch V5. Durch Klicken auf eines der Themen-Icons gelangte man anfangs zu einer linearen Link-Liste der zum Thema vorhandenen Komponenten. Angeregt durch Evaluationsergebnisse (siehe unten) änderten wir dies ab April 2016. Durch Klicken auf ein Icon gelangt man nun zu einem „Überblick“ über das jeweilige Thema. Dieser vereinigt die früheren Komponenten „Einführung“ und „Zusammenfassung“. Vom „Überblick“ aus verlinkt sind – soweit vorhanden – bebilderte Tutorials zu einzelnen Aspekten des Themas, ggf. ein Video, Beispielaufgaben mit Lösungen und ein kleiner Lehr-Test zum jeweiligen Thema mit Sofortkorrektur. Diese unterschiedlichen Lernformate können von den Studierenden selektiv entsprechend ihren Vorkenntnissen und ihrem bevorzugtem Lernverhalten genutzt werden. Verpflichtend ist nur, den in den Online-Kurs integrierten Test zu allen Themen des Versuchs vor dem jeweiligen Versuchstermin durchzuführen und zu bestehen. Nach nicht bestandenen Test kann erneut im Kurs gearbeitet werden und der Test kann anschließend mehrfach wiederholt werden. Dabei werden die Testaufgaben immer wieder neu zufällig aus einem Aufgabenpool zusammengestellt.

Zur Evaluation der Online-Vorbereitung erstellten wir einen zweiseitigen Fragebogen mit Fokus auf der Vorbereitung zu Versuch V5. Die Evaluation wurde im September 2015 sowie im März 2016 durchgeführt (also vor den oben schon genannten Änderungen am Kurs). Abbildung 5 zeigt einen Teil der Ergebnisse der zweiten Evaluation.

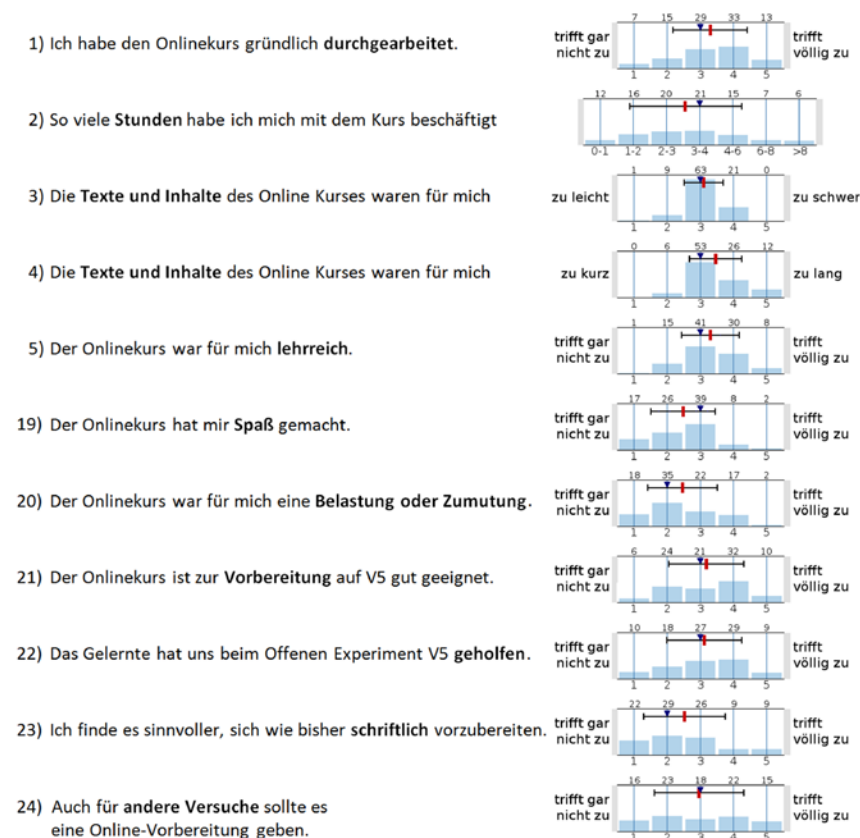


Abbildung 5: Teil-Ergebnisse der Evaluationen der Online-Vorbereitung des Physikalischen Praktikums vom März 2016. Die arithmetischen Mittelwerte sind rot, die Mediane blau dargestellt.

Demnach haben sich die 97 Studierenden, die an der Evaluation teilnahmen, im Mittel etwa drei Stunden mit dem Online-Kurs beschäftigt. Die Texte und Inhalte des Kurses wurden hinsichtlich Länge und Schwierigkeitsgrad mehrheitlich als „genau richtig“ eingestuft, mit einer Tendenz Richtung „zu lang“ und „zu schwer“. Der Online-Kurs wurde im Mittel etwas besser als „teils/teils“ lehrreich eingestuft, wobei Studierende, die sich lange mit dem Kurs beschäftigten, den Kurs meist positiver einstufen. Alle Komponenten des Kurses wurden hinsichtlich Nützlichkeit und Interessantheit im Mittel mindestens etwas besser als „teils/teils“ eingestuft – besonders positiv war das Feedback zu den Zusammenfassungen. Spaß am Online-Kurs fanden die Studierenden im Mittel etwas weniger als „teils/teils“, doch wurde der Online-Kurs mehrheitlich nicht als Belastung oder Zumutung empfunden. Hinsichtlich der Frage, ob der Online-Kurs zur Vorbereitung auf den Versuch V5 gut geeignet sei und ob das Gelernte beim offenen Experiment V5 geholfen habe, liegen die Ergebnisse im Mittel bei „teils/teils“. Ermutigend ist, dass nur eine Minderheit der Studierenden es sinnvoller fände, sich wie bei anderen Versuchen schriftlich vorzubereiten. In Bezug auf die Frage, ob es auch für andere Versuche eine Online-Vorbereitung geben sollte, waren die Meinungen gleichmäßig verteilt. Einige Studierende meldeten technische Schwierigkeiten, bspw. beim Abspielen der (guten aber langen) Videos, weshalb die Videos zusätzlich über Lecture2Go verlinkt wurden.

Spannend war für uns die Frage, ob sich die Online-Vorbereitung auf die Evaluation des offenen Experiments „V5 – Gleich- und Wechselstrom“ auswirkte. Leider zeigen die Ergebnisse der Online-Evaluation des Praktikums I vom März 2016 nur geringe und uneinheitliche Veränderungen: Es bleibt bei einer stark gemischten Rezeption des Versuchs V5. Bspw. lag für die Aussage „Dieser Versuch hat mir Spaß gemacht“ die mittlere Rückmeldung exakt bei „teils/teils“ mit sehr großer Standardabweichung ($4,0 \pm 2,3$ auf der siebenstufigen Skala nach $3,5 \pm 2,1$ im September 2014 und $4,6 \pm 2,1$ im März 2015).

Fazit und Ausblick

Mit der Einführung des offenen Experiments „Ultraschall“ wurde das offene Experimentieren sehr erfolgreich ins Praktikum II eingeführt. Die Evaluationsergebnisse sind sehr gut – dies auch dank der neuen Phasierung mit zwei mal vier Stunden Präsenzzeit.

Ebenfalls erfolgreich verlief die Einführung und dreifache Durchführung eines Dozententrainings. Es half den Lehrenden im Praktikum, die Besonderheiten der Betreuung der offenen Experimente besser zu verstehen. Hier wünschen wir uns, das Training mit neuen im Praktikum eingesetzten Dozentinnen und Dozenten zu wiederholen.

Weiter ist es gelungen, eine Online-Vorbereitung für das offene Experimentieren an sich und für die offenen Experimente „V1 – Luftkissenschiene“ und „V5 – Gleich- und Wechselstrom“ zu implementieren. Sie wird von den Studierenden im Praktikum genutzt und bereitet sie besser auf die offenen Experimente vor als die sonst übliche schriftliche Vorbereitung. Die Ergebnisse der Evaluation des Online-Kurses vom März 2016 sind insgesamt überwiegend positiv, veranlassten uns aber schon zu Änderungen am Kurs, die ab April 2016 implementiert wurden, um den Online-Kurs noch attraktiver zu gestalten.

Leider gab es durch den Online-Kurs noch keinen eindeutig nachweisbaren Effekt auf die Evaluationsergebnisse zum offenen Experiment „V5 – Gleich- und Wechselstrom“. Der Mangel an Erfahrung der Studierenden mit elektrischen Experimenten

kann nicht durch den Online-Kurs alleine beseitigt werden. Damit der integrierte Lernprozess nachhaltiger gelingt, sodass das offene Experiment V5 regelmäßiger erfolgreich ist und mehr Freude macht, müssen Online-Kurs und Experimentiertätigkeit besser verschränkt werden. Eine Möglichkeit dazu sehen wir in der Einbeziehung des angeleiteten Elektrizitätsversuchs „V6 – Elektrische Schwingungen“, der bisher nach Versuch V5 durchgeführt und schriftlich vorbereitet wird. Führt man V6 mit sehr ähnlichen Geräten und Komponenten zeitlich vor V5 durch und verlagert die Vorbereitung zu V6 ebenfalls in den Online-Kurs, so ergibt sich ein Wechsel zwischen Online-Vorbereitung und Experimentiertätigkeit im Bereich Elektrizitätslehre noch bevor offen experimentiert wird. Dies wird Kompetenz, Selbstvertrauen und Erfolg der Studierenden beim offenen Experiment V5 hoffentlich wesentlich steigern. Darüber hinaus sehen wir noch die Möglichkeit, ein offenes Experiment zur Optik in Praktikum I und in die Online-Vorbereitung zu integrieren.

Literatur

de Bono, E. (1999). Six Thinking Hats. Back Bay Books. 2nd edition.

Hemmerich A. / Pape, U. / Stark, A. (2014). Problemorientiertes, offenes Experimentieren im Physikalischen Praktikum I für Studierende der Naturwissenschaften. In Lenzen, D. / Rupp, S. (Hrsg.), Das Lehlabor – Förderung von Lehrinnovationen in der Studieneingangsphase. Projektstand nach zwei Jahren (S. 96–105). Universitätskolleg-Schriften, Band 6, Universität Hamburg. Verfügbar unter: www.uhh.de/uk-band006 [14.11.2016].

Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht. Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. Naturwissenschaften im Unterricht. Physik, 21(119), S. 4–12.

Kolmos, A. / Du, X. / Holgaard, J. E. / Jensen, L. P. (2008). Facilitation in a PBL-environment, Aalborg. Verfügbar unter: http://vbn.aau.dk/files/16177510/Facilitation_in_a_PBL_environment.pdf [16.06.2016].

Scholkmann, A. (2016). Forschend-entdeckendes Lernen. (Wieder-)Entdeckung eines didaktischen Prinzips. In Berendt, B. / Fleischmann A. / Schaper, N. / Szczyrba, B. / Wildt, J. (Hrsg.), Neues Handbuch Hochschullehre (S. 1–36). S. A 3.17, Berlin.

Scholkmann, A. / Sommer, A. / Petersen, K. (2014). Hochschuldidaktische Begleitung von Lehrinnovationen: „Nice to have“ oder unentbehrlich? In Lenzen, D. / Rupp, S. (Hrsg.), Das Lehlabor – Förderung von Lehrinnovationen in der Studieneingangsphase. Projektstand nach zwei Jahren (S. 40–48). Universitätskolleg-Schriften, Band 6, Universität Hamburg. Verfügbar unter: www.uhh.de/uk-band006 [14.11.2016].

Stark, A. (2015). Coulombkraft und elektrische Ladungen. Strom und Spannung richtig messen; Oszilloskop und Frequenzgenerator. Universität Hamburg. Verfügbar unter: <https://lecture2go.uni-hamburg.de/veranstaltungen/-/v/17835 bzw. 17910 bzw. 18095> [16.06.2016].