

Erste Erfahrungen mit einer invertierten Vorlesung in der Service-Lehre Physik bei großen Hörerzahlen

J. Enders

Institut für Kernphysik, Technische Universität Darmstadt, 64289 Darmstadt
enders@ikp.tu-darmstadt.de

Kurzfassung

Der Beitrag stellt kurz die Motivation, Umsetzung, Randbedingungen und erste Erfahrungen mit einer Vorlesung Physik für Elektrotechniker an der TU Darmstadt mit 290 eingeschriebenen Teilnehmer/innen vor, die im WS 2014/15 erstmals als "invertierte Vorlesung" (*flipped classroom*) angeboten wurde. Die Studierenden - überwiegend im ersten Fachsemester - bereiten sich über Videos und Lehrmaterialien mit Verständnisfragen und Aufgaben auf die Präsenzveranstaltung vor und können anonym über ein Forum Fragen zum Thema stellen. In der Präsenzveranstaltung werden die Themen nachbereitet, Demonstrationsversuche vorgeführt, Fragen beantwortet, Beispielaufgaben durchgegangen und Quizfragen zum Verständnis gestellt. Wir diskutieren die Umsetzung, eine Bewertung der Erfahrungen und Evaluationsergebnisse zur Veranstaltung.

1. Einleitung und Motivation

Grundlegende Physik-Kompetenzen spielen in vielen Studiengängen auch außerhalb des Hauptfachs Physik eine wichtige Rolle. Insbesondere Studierende von Natur- und Ingenieurwissenschaften benötigen im Rahmen ihres Studiums fundamentale Kenntnisse und Fertigkeiten der klassischen Physik sowie ausgewählter Bereiche moderner Physik. Die Vermittlung der erforderlichen Kompetenzen erfolgt einerseits häufig in Zielgruppen-spezifischen „Service-Veranstaltungen“ (Physik für den Maschinenbau, Physik für Elektrotechnik, Physik für Biologie usw.), andererseits gelegentlich auch für Gruppen von Studierenden aus unterschiedlichen Studienrichtungen (Physik für Ingenieure, Physik für Naturwissenschaftler o.ä.). Die genannten Veranstaltungen sind oft durch relativ große Zahlen von Hörerinnen und Hörern geprägt, die heterogene Vorkenntnisse und Vorprägungen besitzen, in der Regel nur begrenzt am (meist Pflicht-)Nebenfach Physik interessiert sind und häufig sehr passiv in der Vorlesung sind.

In Physik werden die Kenntnisse in diesem Bereich traditionell in Vorlesungen mit Demonstrationsexperimenten vermittelt. Wissensvermittlung – getrieben vom Lehrenden – steht bei der „traditionellen Vorlesung“ im Vordergrund. In der Regel wird erwartet, dass die Studierenden die Vorlesungsinhalte zu Hause nacharbeiten. Als Vorteil einer solchen Veranstaltungsform ist anzugeben, dass die Dozentin bzw. der Dozent in der Regel die Inhalte korrekt und sehr effizient vermittelt, als Nachteil, dass das Format wenig Flexibilität lässt, um auf individuelle Schwierigkeiten der Lernenden einzugehen, auf den Bezug zum Hauptfach der Hörerinnen und Hörer mit Anwendungsbeispielen oder Aufgaben. Im „traditi-

onellen“ Vorlesungsschema werden in der Regel die Fertigkeiten zur Bearbeitung physikalischer Aufgabenstellungen in separaten Übungsgruppen trainiert.

In den letzten Jahren ist das Konzept der „invertierten Vorlesung“ (*inverted lecture*, *flipped lecture*, *flipped classroom* usw.) vorgeschlagen [1,2] und bereits intensiv untersucht worden (vgl. z.B. [3,4] und Referenzen darin). Hier erarbeiten die Studierenden die Inhalte vor der Präsenzveranstaltung zu Hause, die Nacharbeit, das Klären von Fragen und der Hinweis auf Schwierigkeiten soll in der bisherigen Vorlesung geschehen. Dadurch wird in der Präsenzveranstaltung Zeit und Raum für Elemente, die die aktive Beteiligung von Studierenden einfordern. Dies bedeutet, dass einerseits auch „falsche“ Schritte und Aussagen der sich beteiligenden Lernenden zu Tage treten, andererseits wird so der Lernprozess transparent. Die Veranstaltungsstruktur ist dialogischer und lernendenzentrierter als eine „traditionelle“ Vorlesung. Sie ermöglicht eine Individualisierung der Lernwege, die angesichts unterschiedlicher Interessen und Vorkenntnisse von Nebenfach-Studierenden hilfreich sein können, wie auch Einbindung von Anwendungs- und Rechenbeispielen. Flankierende Übungen sind auch hier sinnvoll und notwendig.

Dieser Beitrag präsentiert kurz erste Erfahrungen mit einer „Vorlesung“ im Sinne des *flipped-classroom* Konzepts, die an der Technischen Universität Darmstadt in einer Veranstaltung Physik für Elektrotechnik im ersten Fachsemester angeboten wurde. Im Folgenden wird auf die gewählte Veranstaltung, die Vorkenntnisse der Studierenden, die Umsetzung der Veranstaltung und die Reflexion der gemachten Erfahrungen sowie auf ausgewählte Evaluationsergebnisse eingegangen.

2. Konzept und Umsetzung

2.1. Randbedingungen und Planung

Die ausgewählte Veranstaltung richtet sich an Studierende der Elektrotechnik. Sie ist Teil einer zweisemestrigen Einführungsvorlesung in Physik mit jeweils 3 SWS (V2+Ü1), wobei die Übungen im 14-täglichen Turnus mit einer Dauer von je 90 Minuten angeboten wurden, die Vorlesung eine Doppelstunde wöchentlich in einem für Demonstrationsexperimente geeigneten Hörsaal. Die Veranstaltung Physik für ET I fand im Winter 2014/2015 erstmalig statt, nachdem die Studienordnung des Studiengangs Elektrotechnik und Informationstechnik im letzten Jahr verändert worden war. Zuvor hatte die Physik im zweiten Fachsemester als V4+Ü2 stattgefunden (zuletzt im Sommersemester 2014). Jetzt findet Physik für ET I im ersten Fachsemester (Wintersemester) statt, Physik für ET II im zweiten Fachsemester (Sommersemester). Die Inhalte von Physik für ET I fokussieren gemäß der Anforderung des Fachbereichs Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Darmstadt auf Mechanik (Kinematik, Dynamik des Massenpunkts, starre Körper, Schwingungen und Wellen in der Mechanik), die von Physik für ET II auf alle übrigen Bereiche der Physik (Thermodynamik, elektrische und magnetische Felder, elektromagnetische Wellen, Optik, Grundlagen der Quantenphysik).

Die Vorlesungsinhalte wurden für die Vorlesung des Sommersemesters 2014 erarbeitet und die Vorlesung auf Video aufgezeichnet. Die Aufzeichnungen wurden mit Camtasia [5] realisiert; sie beinhalten die Vorlesungsfolien mit Annotationen sowie die Bild und Ton des Dozenten.

Die Vorlesung wurde im Sommer 2014 von zweistündigen Übungen begleitet, die als Haus- und Präsenzübungen wöchentlich ausgestaltet waren. Nach Umstellung auf die zweistündige Vorlesung im Winter 2014/15 werden die Übungen alle zwei Wochen als zweistündige Veranstaltungen angeboten. Die Studierenden erhalten im Rahmen der invertierten Vorlesung jede Woche Aufgaben, die einmal als Haus- einmal als Präsenzübungen ausgestaltet sind. Die regelmäßige Abgabe korrekt gerechneter Hausübungen qualifiziert für einen Bonus von bis 0,4 Notenstufen, die das Bestehen der Modulabschlussprüfung (Klausur) aber nicht ersetzen kann.

2.2. Vorkenntnisse der Studierenden

Von Studierenden der Elektrotechnik kann im Spektrum der Nebenfach-Hörerinnen und -Hörer vermutet werden, dass sie verhältnismäßig Physik-affin sind. Daher ist zu erwarten, dass ein signifikanter Teil der Studierenden mit Physik-Kenntnissen aus ihrem Schulunterricht in das Studium eintreten.

Zur Überprüfung der Vermutung wurden zwei Befragungen durchgeführt: In der ersten Vorlesungsstunde, bei der noch die meisten der 290 für die Veranstaltung registrierten Teilnehmerinnen und

Teilnehmer anwesend waren, wurden die belegten Physikkurse durch Melden mit farbigen Kärtchen abgefragt. Diese Kärtchen wurden im weiteren Verlauf der Vorlesung zu Quizfragen genutzt. Die genauen Anteile der Studierenden mit Leistungs-, Grundkurs oder ohne Physikkurs in der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe (oder Fachoberschule) konnten so nicht exakt bestimmt werden, waren aber optisch zu 50% (Leistungskurs – LK), 35% (Grundkurs – GK) und 15% (kein Physik – kP) abzuschätzen. Der Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger von etwa 50% deckt sich mit einer Erhebung von Heine, Kerst und Sommer von 2005/2006 [6, S. 66].

Eine zweite Befragung fand in der zweiten Übungsstunde in Form eines Fragebogens statt, auf dem auch die Erwartungen der Studierenden an die Veranstaltung formuliert werden sollten. Von den 125 abgegebenen ausgefüllten Fragebögen gaben 31% LK, 54% GK und 14% kP an. Das suggeriert, dass in Vorlesung und Übungen die Studierenden mit den besten und schlechtesten Vorkenntnissen bereits nach kurzer Zeit nicht teilnehmen. Die Vermutung liegt nahe, dass diese mangelnde Motivation zur Teilnahme in einer Unter- bzw. Überforderung der Studierenden begründet ist.

Die Studierenden, die an der Fragebogen-Umfrage in den Übungsgruppen teilgenommen haben, wurden auch gebeten, ihre letzte Note im Fach Physik anzugeben. Aus den Antworten (Durchschnittsnote LK 1,87, Durchschnittsnote GK 1,97, Durchschnittsnote kP 2,72) ist ersichtlich, dass die Studierenden, die Physik in der Schule abgewählt hatten, überwiegend nicht erfolgreich in Physik waren. Die Adressaten der Veranstaltung sind folglich eher Physik-affine und in der Schule in Physik erfolgreiche Studienanfängerinnen und -anfänger sowie ca. 1/6 der Studierenden ohne nennenswerte Vorkenntnisse.

2.3. Lehr-Lernplattform

Zu Darstellung und Sammlung der Inhalte zur Veranstaltung wurde die Lernplattform Moodle gewählt [7]. Ein entsprechender Server wird vom Hochschulrechenzentrum der TU Darmstadt zentral betrieben. Dort wurden im wöchentlichen Format Arbeitsmaterialien, Links zu den Vorlesungsvideos, Aufgaben (mit später veröffentlichten Lösungsvorschlägen) und die annotierten Folien der Präsenzveranstaltung verfügbar gemacht. Vorlesungsvideos und Arbeitsmaterialien standen eine Woche vor der jeweiligen Präsenzveranstaltung zur Verfügung.

Außerdem wurde für die Formulierung von Fragen in Moodle zur jeweiligen Lektion das Tool „Feedback“ verwendet. Dieses war so eingestellt, dass das Eingabefeld anonym ausgefüllt werden konnte, um bei den Studierenden eine mögliche Scheu vor der Formulierung von Fragen zu minimieren. Fragen, die bis zum Vortrag der Vorlesung eingereicht waren, wurden in den Vortrag der Präsenzveranstaltung eingearbeitet und besprochen.

Über die Verbreitung von Lernmaterialien und der Möglichkeit zum inhaltlichen Feedback wurden in Moodle ein Forum bereitgestellt, das vereinzelt von den Studierenden zum Stellen von konkreten Fragen – in der Regel zu den Übungsaufgaben und bei der Klausurvorbereitung – genutzt wurde.

2.4. Vorbereitung

Die im Sommersemester 2014 aufgezeichneten Videos der damaligen Vorlesung wurden für die invertierte Vorlesung nachbearbeitet. Dazu wurden interaktive Quiz-Elemente, die bereits damals zum Einsatz kamen, herauseditiert, ebenso wie die meisten Demonstrationsexperimente, es sei denn, sie waren unmittelbar in den Vorlesungsvortrag zur Veranschaulichung eingearbeitet und/oder zum Verständnis des Gesagten unbedingt erforderlich. Inhaltlich wurde der Vorlesungsmitschnitt zudem in 5-20 Minuten lange Abschnitte unterteilt, die jeweils einen speziellen Aspekt thematisch behandeln. Insgesamt bilden 4-6 Videos das Grundmaterial für jede Lerneinheit und damit für die Vorbereitung einer jeden Präsenzveranstaltung.

Um mehrere mediale Zugangswege zur Thematik für die Studierenden zu erschließen und grundsätzlich die Studierenden in der Vorbereitungsphase auch beim Selbststudium effektiver zu führen [8], wurde zusätzlich ein PDF-Dokument mit Arbeitsmaterialien zur Verfügung gestellt. Diese Materialien sind untergliedert in einzelne Abschnitte, die mit den thematischen Inhalten der einzelnen nachbereiteten Video-Filme identisch sind. Jeder Abschnitt besitzt wiederum eine einheitliche Gliederung: (1) eine Zusammenstellung relevanter Literatur in Physik-Lehrbüchern, wobei ein spezielles Lehrbuch besonders hervorgehoben wird, andere Lehrbücher aber als Alternativen auch angegeben sind, mit Verweisen auf die jeweiligen Kapitel der Bücher; (2) eine kurze Abhandlung der Inhalte der jeweiligen Abschnitte als „Kurz-Skript“, worin sich u.a. die auf den Vorlesungsfolien entwickelten Beziehungen finden sowie ausgewählte Abbildungen; (3) Verständnisfragen zum jeweiligen Themenbereich, wobei die Fragen einerseits das grundlegende Verständnis überprüfen, andererseits aber auch die Reflexion über interessante Folgerungen provozieren sollen; (4) Aufgaben mit thematischem Bezug. Die insgesamt 4-6 Abschnitte im PDF-Dokument summieren sich auf typisch 10-12 A4-Seiten Arbeitsmaterialien, wobei im Dokument eine breite Randspalte für Notizen, Leerräume unter den Verständnisfragen und Aufgabenstellungen sowie am Schluss freier Platz für eigene Anmerkungen, Fragen und Kommentare (als solcher durch entsprechende Überschrift auch gekennzeichnet) vorgesehen ist. Der Einbau von Verständnisfragen wurde auch vor dem Hintergrund ähnlich gestalteter Lehrbücher gewählt und folgt der u.a. von Weltner [9] und anderen vorgeschlagenen Idee eines „Leitprogramms“ bei der Gestaltung von Selbstlerneinheiten in Lehrbüchern, bzw. der Idee des *Just-in-time teaching* [10] für

Präsenzveranstaltungen, bei denen auf studentische Vorarbeit zurückgegriffen werden kann.

Für die Zukunft soll geprüft werden, ob sich die Materialien geeignet in elektronische Formate zu Selbstlerneinheiten oder „elektronischen Lehrbüchern“ umsetzen lassen. Hier besteht auch die Möglichkeit zur Verwendung von Online-Frage-Tools.

2.5. Präsenzveranstaltung

Die Vorlesung wird im *flipped classroom* zur „Präsenzveranstaltung“. Diese wurde so gestaltet, dass die in der Moodle-Feedback-Form eingereichten Fragen aufgegriffen und diskutiert wurden. Da die Beteiligung der Studierenden an den Fragemöglichkeiten kaum genutzt wurden, wurde die Zeit dazu verwendet, vermeintlich schwierige Aspekte (aus der Sicht des Dozenten) noch einmal aufzuarbeiten. Im Nachhinein stellte sich diese Vorgehensweise als vermutlich nicht förderlich für das gewählte Szenario heraus, da es die Studierenden zur Annahme verleiten kann, dass die relevanten Inhalte bei Passivität in der Vorbereitungsphase vom Dozenten noch einmal „klassisch gelehrt“ werden.

Wichtiger Teil einer klassischen Experimentalphysikvorlesung sind Demonstrationsexperimente. Diese dienen der Visualisierung der Inhalte und können besonders im „traditionellen“ Vorlesungsszenario gezielt zur Irritation der Studierenden eingesetzt werden, etwa um Vorstellungen über Physik zu hinterfragen. Die Experimente wurden im Präsentationsfluss der Präsenzveranstaltung eingeplant, wobei überwiegend dieselben Versuche gezeigt wurden wie in der klassischen Vorlesung des Vorsemesters. Neben der didaktischen Funktion lockern die Demonstrationsexperimente allerdings eine Veranstaltung auch auf.

Ferner wurden in der Präsenzveranstaltung Verständnisfragen und Aufgaben gestellt. Ein wesentlicher Teil der thematisierten Fragen und Aufgaben stammt dabei aus den Arbeitsmaterialien. Verständnisfragen wurden teilweise als Multiple-Choice-Quiz umformuliert, bei dem die Studierenden durch Hochhalten von farbigen Kärtchen mitwirken konnten. Insbesondere dann, wenn die Studierenden nicht überwiegend die richtige Antwort gaben, wurde in diese Quizfragen eine Einheit nach dem Konzept *think – pair – share* eingebaut [11], wobei das Verbalisieren des Besprochenen bei einer Veranstaltung mit großen Hörerzahlen einigen wenigen vorbehalten bleiben musste. Alternativ wurde auch nach Argumenten für die mögliche Richtigkeit der angebotenen Multiple-Choice-Fragen gefragt, um so eine grundsätzliche Diskussion in Gang zu bekommen. Andererseits wurden Verständnisfragen offen ans Auditorium gestellt, so dass der Dozent mit einzelnen Teilnehmern diskutieren konnte. Typischerweise haben sich bei derartigen Fragen und Diskussionsbeiträgen etwa 5-10 Studierende von ca. 80-100 Anwesenden beteiligt. Motivation für die Einbeziehung von Studierenden in die Diskussion –

wie auch für die aktive Rolle der Studierenden beim Vorrechnen von Aufgaben (s.u.) ist die Integration von *peer instruction* – Elementen [12] in die Präsenzveranstaltung.

Ebenfalls überwiegend aus den Arbeitsmaterialien wurden konkrete Aufgabenstellungen übernommen. Die Bearbeitung und Besprechung erfolgte nach vier Vorgehensweisen. (i) Spannagel propagiert für seine invertierten Vorlesungen das Konzept des aktiven Plenums [13], bei dem zwei Studierende die Diskussion mit den Studierenden im Plenum moderieren bzw. verschriftlichen. Auf diese Weise müssen die auf der Bühne befindlichen Studierenden nicht aktiv Wissen von sich geben, sondern die Aufgabe der Bearbeitung liegt beim Plenum. Der Dozent zieht sich bei dieser Variante zurück und sorgt nur für die notwendige Disziplin in der Veranstaltung bzw. stellt notfalls gezielt Fragen, wenn die Bearbeitung der Aufgabe sich über eine lange Zeitperiode in die falsche Richtung entwickelt. Das aktive Plenum wurde allerdings nur zweimal im Semester gewählt, da es sehr zeitaufwendig ist und bei der Verschriftlichung der Meldungen aus dem Plenum sehr wohl ein Verständnis des Gesagten und die ggfs. mathematische Darstellung dessen erforderlich sind. Dies führte in der Regel dazu, dass nach einem bestimmten Zeitpunkt ein Student aus dem Plenum vom Moderator nach vorne gebeten wurde, um die Lösung anzuschreiben. (ii) Alternativ erhielten die Studierenden Gelegenheit zur Bearbeitung der gestellten Aufgaben in Einzel- bzw. Gruppenarbeit. Nach einer möglichst angemessenen Zeit wurden dann Studierende gebeten, ihr Ergebnis vorzurechnen. Der Dozent agiert hier ggfs. als Moderator, wenn Studierende aus dem Plenum Rückfragen stellen. (iii) Die Aufgabe wurde nach kurzer Einarbeitungszeit vom Dozenten an der Tafel vorgerechnet, wobei die erforderlichen Informationen zum Anschreiben aus dem Auditorium eingefordert wurden. Die Studierenden diktieren so die Lösung bzw. erarbeiten diese selbständig. Der Dozent übernimmt die Rolle der beiden Studierenden auf der Bühne entsprechend dem Konzept des aktiven Plenums, bringt dabei aber die Kompetenz mit, die Aussagen der Studierenden nachzufragen und das Gesagte angemessen zu verschriftlichen. (iv) Bei einigen Aufgaben wurde nach einer angemessenen Periode zum Eindenken in die Aufgabenstellung das Ergebnis und die Vorgehensweise vom Dozenten vorgestellt im Stil einer Vorrechenübung.

3. Erfahrungen und Herausforderungen

3.1. Randbedingungen und Planung

Aufgrund der Änderung von Randbedingungen in der Studienordnung ist ein direkter Vergleich von traditioneller und invertierter Vorlesung im vorliegenden Fall nicht allgemein, sondern nur punktuell aus der Veranstaltungsevaluation und aus Studierendenbefragungen möglich (vgl. Abschn. 4). Insbesondere wurden folgende Änderungen in der Studi-

enordnung realisiert: (1) Die Aufteilung der Physik von einer einsemestrigen Veranstaltung mit 6 SWS in zwei Veranstaltungen à 3 SWS scheint dazu zu führen, dass Physik nicht mehr als „wichtiges“ Nebenfach aufgefasst wird. Dies ist aus der Studierendenbefragung zwar nicht abzulesen, wurde aber in der Diskussion mit Studierendenvertretern deutlich. (2) Im Rahmen der novellierten Studienordnung für den Studiengang Elektrotechnik und Informationstechnik an der TU Darmstadt wurde eingeführt, dass die Studierenden automatisch zur Prüfung in Elektrotechnik und Informationstechnik I und II sowie zur Mathematik I und II angemeldet werden und nur bei Krankheit oder anderen schwerwiegenden Gründen von einer dieser Prüfungen zurücktreten dürfen. Diese Änderungen scheinen dazu zu führen, dass Studierende sich häufiger von der Prüfung zum Nebenfach Physik abmelden. Während die Zahl der bei der Veranstaltung (online) angemeldeten Teilnehmerinnen und Teilnehmer in beiden betrachteten Semestern vergleichbar war – ebenso wie die Zahl der anwesenden Studierenden am Ende der Vorlesungszeit – so war die Zahl der Prüfungen nach dem Wintersemester 2014/2015 deutlich niedriger. Hier liegt die Vermutung nahe, dass sich insbesondere die Studierenden die Physik-Prüfung „zutrauen“, die auch in Mathematik und Elektrotechnik erfolgreich studieren.

3.2. Vorbereitung

In Abschn. 4 wird u.a. diskutiert, welcher Anteil der Studierenden sich wahrscheinlich aktiv auf die Präsenzveranstaltung vorbereitet hat. Von Vertreterinnen und Vertretern der Studierenden wurde bald beklagt, dass die Vorbereitung sehr zeitintensiv ist. Einige Studierende gaben an, die Videos und die Arbeitsmaterialien im Detail durchzuarbeiten, wofür mehrere Stunden pro Woche benötigt würden. Sicher ist, dass eine eingeforderte Vorbereitung auf eine Veranstaltung zeitintensiver für die Studierenden ist als eine üblicherweise kaum stattfindende Nachbereitung.

Die Arbeitsmaterialien wurden aus den Vorlesungsfolien entwickelt und mit Verständnisfragen und Aufgaben angereichert, die in der Regel Standard-Lehrbüchern der Physik entnommen sind. In vielen Fällen könnte die Qualität der Materialien hinsichtlich Umfang, visueller Gestaltung und Einbindung von Beispielen allein dadurch verbessert werden, wenn man sich auf ein Lehrbuch als Pflichtlektüre (*required reading*) zur Veranstaltung festlegen könnte.

Weder sind in der aktuellen Form begleitende Verständnisfragen und Aufgaben in die Videos eingearbeitet, noch ist die Qualität der Arbeitsmaterialien mit modernen Lehrbüchern vergleichbar. Zur Diskussion dieser Problematik sei hier auf Ref. [14] und die darin angeführte Literatur verwiesen.

Trotz des Angebots eines anonymen Feedbacks über die Lernplattform Moodle wurde das Angebot, Fra-

gen zu stellen, kaum genutzt. Eine Auswertung des Nutzungsverhaltens bzw. des Herunterladens von Arbeitsmaterialien muss noch erfolgen.

3.3. Präsenzveranstaltung

Da es nur wenige Fragen zu den Videos und Materialien gab, wurden Themen vom Dozenten ausgewählt und aufgegriffen. Dies könnte eine zusätzliche Passivität bzw. mangelnde Vorbereitung seitens der Studierenden gefördert haben und soll in Zukunft unterbleiben.

Während die Demonstrationsexperimente bei den Studierenden positiv hervorgehoben wurden und traditionell in der Vermittlung von Physik an der Hochschule eine zentrale Rolle spielen, stellen Sie teilweise einen Fremdkörper im Konzept der invertierten Vorlesung dar. Videos aufgezeichneter Experimente könnten den Vorlesungsvideos hinzugefügt werden, auch wenn dadurch der direkte Bezug zum Experiment verloren geht. Experimente so einzubauen, dass sie dann eingebracht werden, wenn Studierende eine entsprechende Frage stellen, ist vermutlich sehr zeitaufwendig, da nicht absehbar ist, zu welchen Themenkomplexen sich eine Frage ergeben wird. Das Verbinden von Experimenten mit Quiz-Elementen, die Bezug auf die Inhalte nehmen, wurde bereits realisiert und erscheint im Format der invertierten Vorlesung auch sinnvoll.

Im Laufe des Semesters war zudem zu beobachten, dass immer weniger Studierende sich aktiv an Quiz-Elementen beteiligen.

Bei der Bearbeitung von Aufgaben wurde das aktive Plenum nur zweimal im Semester gewählt, da sie sehr zeitaufwendig ist und bei der Verschriftlichung der Meldungen aus dem Plenum sehr wohl ein Verständnis des Gesagten und die ggfs. mathematische Darstellung dessen erforderlich sind. Dies führte in der Regel dazu, dass nach einem bestimmten Zeitpunkt ein Student aus dem Plenum vom Moderator nach vorne gebeten wurde, um die Lösung anzuschreiben. Studierende, ihre Interaktion und die Betrachtung des Lernprozesses mit seinen Fehlern braucht Zeit, und die vorgegebene Stofffülle - obwohl diese bereits im Wintersemester 2014/2015 gegenüber der traditionellen Vorlesung im Sommer 2014 in Absprache mit dem Service-nehmenden Fachbereich reduziert werden konnte - gestattet selten ein entsprechend langsames Tempo.

Es zeigt sich, dass nur relativ wenige Studierende - sicher weniger als 25% - tatsächlich die gestellten Aufgaben auch bearbeiten oder z.B. Schreibmaterial, Taschenrechner/Smartphone etc. auspacken; d.h. der überwiegende Teil bleibt passiv. In der Regel sind dies auch die Studierenden, die sich bei Quizfragen ebenfalls nicht beteiligen. Es sollte untersucht werden, ob Smartphone-gestützte Abstimmungs- und Quiztools oder Clickersysteme zu einer stärkeren Beteiligung führen können, weil die Studierenden in ihrem Abstimmungsverhalten anonym bleiben können.

Über die erwähnten Elemente hinaus ist es möglich, das Konzept für die Präsenzveranstaltung zu erweitern. Beispiele, die evtl. in der nächsten Iteration realisiert werden können, sind Hörsaal-Spiele oder Gruppenarbeiten (für Beispiele vgl. z.B. [15]).

4. Ausgewählte Ergebnisse von Lehrveranstaltungsevaluation und Studierendenbefragung

4.1. Allgemeine Evaluationsergebnisse

Nach ca. 2/3 der Vorlesungszeit wurde die Veranstaltung im Rahmen der allgemeinen Lehrveranstaltungsevaluation des Fachbereichs Elektrotechnik und Informationstechnik papiergestützt evaluiert. Die Inhalte liegen fest und können um zwei individuelle Fragen ergänzt werden. Sowohl im Sommer 2014 als auch im Winter 2014/2015 haben sich knapp 90 Studierende an dieser Evaluation beteiligt.

Eine Auswahl an Ergebnissen ist in Tab. 1 zu sehen. Der Fragebogen besitzt einen Ankreuzteil, bei dem die Studierenden auf einer 5-stufigen Likert-Skala eine Einschätzung abgeben können. Einige Fragen werden gesondert erfasst. In der folgenden Zusammenstellung bedeutet ein Wert von 1 auf der Skala „stimme voll zu“, der Wert 5 „stimme überhaupt nicht zu“, wenn nicht anders angegeben.

| Item | inv. | konv. | Bem. |
|---------------------------|------|-------|------|
| Gesamtnote | 2,00 | 1,76 | * |
| Aufgewendete Zeit | 2,91 | 1,56 | * |
| Ausreichendes Vorwissen | 2,65 | 2,41 | |
| Tempo der Vorlesung | 2,56 | 2,12 | * |
| Niveau der Vorlesung | 2,44 | 2,26 | * |
| Engagement Dozent | 1,35 | 1,56 | |
| Aufgeschlossenheit Doz. | 1,23 | 1,33 | |
| Anregung zum Mitdenken | 1,41 | 1,43 | |
| Eingehen auf Fragen | 1,30 | 1,53 | |
| Quantität der Unterlagen | 2,15 | 2,01 | |
| Qualität der Unterlagen | 2,13 | 1,85 | |
| Bezug Theorie-Praxis | 1,88 | 1,75 | |
| Sinnv. Mediengebrauch | 1,23 | 1,29 | |
| Veranschaulich. Beispiele | 1,46 | 1,45 | |
| Roter Faden u. Struktur | 1,84 | 1,47 | |

Tab. 1: Zusammenstellung ausgewählter Items aus den Evaluationsfragebogen im Vergleich der invertierten Vorlesung vom Winter 2014/2015 („inv.“) und der konventionellen Vorlesung im Sommer 2014 („konv.“). Die Evaluationsbögen verwenden überwiegend eine 5-stufige Likert-Skala, die Items sind positiv formuliert. Ein Stern (*) in der Spalte „Bem.“ zeigt eine abweichende Bewertungsskala an. Für Details vgl. Text.

Bei einer Vielzahl von Frage-Items unterscheiden sich die erzielten Mittelwerte und (in Tab. 1. nicht gezeigt) Standardabweichung nicht oder nur wenig zwischen der konventionellen und der invertierten

Vorlesung. Die Studierenden geben insbesondere bei den Items „Der Stoff wird durch genügend Beispiele veranschaulicht“, „Medien werden sinnvoll eingesetzt“ und „Ich werde zum Mitdenken/zur Mitarbeit angeregt“ praktisch identische Werte an.

Bei anderen Items tendieren die Hörerinnen und Hörer der invertierten Vorlesung zu einer leicht schlechteren Beurteilung: Die Frage nach einer Gesamtnote für die Veranstaltung fällt schlechter aus, ebenso wird – verständlicherweise – der rote Faden und die Struktur der Veranstaltung nicht mehr so klar erkennbar, wenn das strukturierte Gerüst eines Vorlesungsvortrags entfällt. Interessanterweise beurteilen die Studierenden sowohl die Quantität als auch die Qualität der zur Verfügung gestellten Materialien bei der invertierten Vorlesung – trotz Aufbereitung und Überarbeitung – etwas schlechter.

Besser bewertet werden das Item „Der Lehrende geht auf Fragen ein“ und die Beurteilung des Engagements des Dozenten. Die Marker „Vorlesungstempo“ und „Niveau der Vorlesung“ liegen näher am angestrebten Mittelwert 3 der Skala, was aber zum Teil auf die Entschlackung der Inhalte zurückgeführt werden muss.

Zugleich erhöht sich die angegebene Stundenzahl zur Vor- und Nachbereitung der Vorlesung sehr stark: sie verdoppelt sich praktisch beim invertierten Vorlesungskonzept (mit fast 3 Stunden pro Präsenzveranstaltung) gegenüber der traditionellen Vorlesung (1,6 Stunden je Präsenzveranstaltung). Ob daraus geschlossen werden kann, dass die Studierenden sich tatsächlich intensiv auf die invertierte Vorlesung vorbereiten ist aber nicht klar: Die Stundenzahlen pro Woche sind bei beiden Befragungen nämlich ungefähr vergleichbar, nur dass im Sommer 2014 pro Woche zwei Vorlesungen stattfanden und seit Winter 2014/2015 nur eine Vorlesung wöchentlich gehalten wird. Zudem merken die Studierenden der invertierten Vorlesung außerdem häufiger als die Studierenden der konventionellen Vorlesung an, dass ihr Vorwissen für die Vorlesung nicht ausreicht. Es ist daher sinnvoll, die Studierenden nach der Vorbereitungspraxis explizit zu befragen.

4.2. Bereiten sich die Studierenden vor?

Im Rahmen der allgemeinen Lehrveranstaltungsevaluation wurden die Studierenden mit der Aussage „Ich bereite mich regelmäßig auf die Präsenzveranstaltung/Vorlesung mit Videos oder Arbeitsmaterialien vor“ konfrontiert, zu der sie auf der 5-stufigen Skala Zustimmung bzw. Ablehnung einordnen sollten. Von den Studierenden gaben nur 15% eine volle bzw. teilweise Zustimmung an, etwa 45% eine indifferente bzw. leicht ablehnende Meinung. 40% der Studierenden haben die Frage nicht beantwortet.

Da das Item aber zusätzlich formuliert und daher nicht auf dem Fragebogen zur Evaluation abgedruckt war, wurde zusätzlich in der letzten Vorlesungsstunde eine Befragung durchgeführt. Die 87 teilnehmenden Studierenden am Ende des Winter-

semesters 2014/2015 wurden um eine Einschätzung zum Item „Ich habe Videos/Materialien regelmäßig genutzt“ gebeten. Hier gaben 46% teilweise oder starke Zustimmung an, 53% waren indifferent oder konnten dieser Aussage nicht zustimmen. Mit der Qualität der Videoaufzeichnungen zeigten sich in dieser Befragung 57% der Studierenden zufrieden, 32% nicht zufrieden oder indifferent.

4.3. Warum beteiligen sich Studierende so wenig?

Einerseits wurden die Studierenden befragt, warum sie sich so selten bei der aktiven Diskussion (Verständnisfragen, Aufgaben, ...) in der invertierten Vorlesung beteiligen. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht der Häufigkeiten, mit der die auf dem Fragebogen angegebenen Gründe genannt wurden. 41 Studierende gaben keine Antwort ab. 25 Studierende gaben an, dass ihnen die Vorlesung bzw. das Formulieren von Fragen und Aufgaben zu schnell ginge, um qualifiziert antworten zu können bzw. (5 Studierende) dass die Aufgaben zu kompliziert gestellt seien. 14 Studierende gaben an sich nicht zu beteiligen, weil sie sich nicht vor Kommilitonen (8) oder dem Dozenten (6) blamieren wollten.

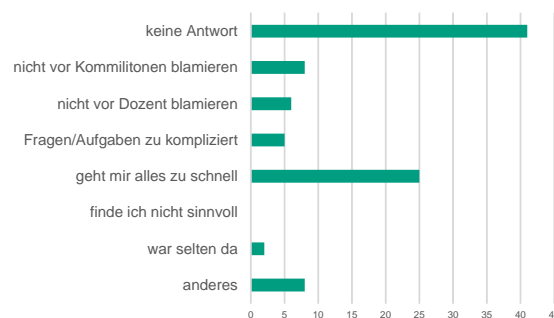


Abb. 1: Ergebnisse einer Befragung von Studierenden zu den Gründen für eine weitgehend passive Teilnahme während der Präsenzveranstaltung ($N=87$, einige Studierende haben mehr als eine Antwort angekreuzt).

Da im anonymen Feedback-Tool von Moodle selten Fragen formuliert wurden zur Besprechung in der invertierten Vorlesung, wurden die Studierenden dazu befragt. Nur zu drei von 14 Vorlesungsterminen wurden Fragen eingereicht, davon aber nur einmal in nennenswerter Zahl und Qualität. Bei der Schlussbefragung gaben 32 der 87 Studierenden an, dass sie die Videos bzw. Materialien nicht angesehen hätten und daher keine Fragen stellen konnten. Immerhin fünf Studierende gaben an, dass sie keine Antwort vom Dozenten auf ihre Fragen erwarteten. Es ist anzunehmen, dass die relativ große Zahl an Studierenden, die angegeben hatte, alles verstanden zu haben (30 Studierende), diese Aussage ironisch gemeint hat. 10 Studierende gaben an, nur zu wenig verstanden zu haben, um eine qualifizierte Frage zu stellen. Zweifel an der Anonymität bei der Einreichung der Fragen wurde von keinem Studierenden als Grund dafür angegeben, keine Fragen gestellt zu haben.

4.4. Was halten Studierende von der invertierten Vorlesung?

In der Schlussbefragung wurden die Studierenden auch gebeten, das Vorlesungskonzept zu bewerten. Auf die Frage, ob sie das Konzept der invertierten Vorlesung für sinnvoll halten, wurden 56% Ja-Stimmen und 39% Nein-Stimmen registriert. 5% der Studierenden haben die Frage nicht beantwortet. Auch auf die Frage, was die Studierenden für das bessere Format für eine Lehrveranstaltung halten, gaben mehr Studierende (30%) an, dass sie die invertierte Vorlesung für das bessere Konzept halten, als die, die die konventionelle Vorlesung bevorzugen (18%). 49% der Studierenden hielten beide Lehrmethoden für vergleichbar und 3% gaben keine Rückmeldung, vgl. Abb. 2.

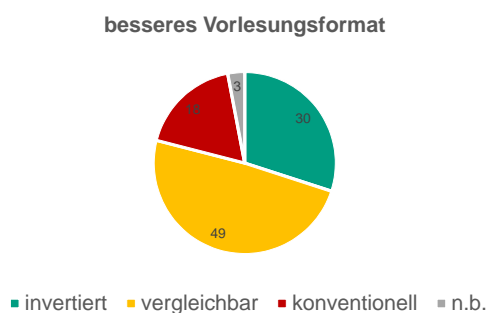


Abb. 2: Studentische Einschätzung zum „besseren“ Vorlesungsformat. Fast die Hälfte der Studierenden hält beide Veranstaltungsmodelle für vergleichbar, darüber hinaus gibt es eine leichte Tendenz zur Favorisierung der invertierten Vorlesung.

Andererseits darf die Tatsache, dass mehr Studierende das invertierte Format bevorzugen, nicht überraschen, denn die Befragung wurde nur unter den Studierenden durchgeführt, die am Ende der letzten Vorlesung auch anwesend waren. Sowohl die Studierenden, die mit dem Vorlesungsformat nicht zurechtkamen und daher nicht mehr an der Vorlesung teilnahmen, wie auch die Studierenden, die die medialen Angebote zur invertierten Vorlesung nutzten und auf die Präsenzveranstaltung nicht angewiesen waren, sind in der Befragung nicht enthalten.

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die invertierte Vorlesung stellt ein attraktives Lehr- und Lernkonzept dar, das Studierenden mit heterogenen Vorkenntnissen eine Individualisierung des Lerntempos und der Lernwege erlaubt und Zeit einräumt, das Gelernte zu vertiefen und anhand von Beispielen und Aufgaben zu verdeutlichen. Die Vorbereitung auf Seiten der Lehrenden ist signifikant, wenn man nicht bereits über ausgearbeitete Skripten und Aufzeichnungen der Vorlesungen aus den Vorjahren verfügt. Alternativ zur Vorlesungsaufzeichnung können Lehrvideos eingesetzt werden, auch wenn das einen hohen Aufwand bedeutet bei nicht notwendigerweise stärkerer Nutzung [16]. Das Konzept verlangt Konsequenz in der Umsetzung;

insbesondere sollte in der Präsenzphase darauf geachtet werden, dass die Studierenden zum selbständigen, vorgehenden Lernen der Inhalte angehalten werden.

In der Präsenzveranstaltung muss aktiv um Studierendenbeteiligung geworben werden. Dabei ist klar, dass sich bei einer Grundlagenveranstaltung mit großer Hörerzahl vermutlich nie sehr große Teilnahmequoten erreichen lassen werden.

Die Rolle von Demonstrationsexperimenten im Rahmen des Konzepts wird zu überdenken und zu optimieren sein. Für die Studierenden sind sie zweifellos attraktiv.

Im Sommersemester 2015 steht die Fortsetzung des Lehrversuchs an, bei der noch konsequenter auf die Umsetzung des Konzepts geachtet werden soll. Für das Wintersemester 2015/2016 ist mit einer neuen Iteration die Integration von teilweise betreuten Gruppenarbeitsphasen in der Präsenzveranstaltung, der Erprobung elektronischer Quiz-Systeme als Alternative zur bisherigen papiergestützten Umsetzung und die punktuelle Einbindung spielerischer Elemente vorgesehen. Zusätzlich wird angestrebt, den Lernfortschritt der Studierenden zu messen und ggfs. die Ergebnisse für die invertierte Vorlesung mit denen des konventionellen Vorlesungsszenarios zu vergleichen.

6. Danksagung

Das Projekt wurde zum Teil aus dem Fachbereich Physik an der TU Darmstadt zur Verfügung gestellten Mitteln des Landes Hessen zur Verbesserung der Qualität der Lehre finanziell unterstützt. Die Bearbeitung und Erstellung von Videos und Materialien oblag der Obhut der Herren Ala Hosseinizad und René Heber.

7. Literatur

- [1] Bergmann, J.; Sams, A (2012): Flip your classroom. Reach every student in every class every day. Eugene, Oregon: ISTE
- [2] Handke, J; Sperl, A. (Hrsg.) (2012): Das Inverted Classroom Model. Begleitband zur ersten deutschen ICM Konferenz. München: Oldenbourg-Verlag.
- [3] Bishop, Jacob Lowell; Verleger, Matthew A. (2013): The flipped classroom: a survey of research. In: 120th ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta, GA (2013), url: <http://www.studiesuccessho.nl/wp-content/uploads/2014/04/flipped-classroom-artikel.pdf> (Stand: 5/2015)
- [4] Halili, Siti Hajar; Zainuddin, Zamzami (2015): Flipping the classroom: What we know and what we don't. In: The Online Journal of Distance Education and e-Learning 3, Nr. 1, S. 28-35.
- [5] <http://www.techsmith.de/camtasia.html> (Stand: 5/2015).

- [6] Heine, Christoph; Kerst, Christian; Sommer, Dieter (2007): Studienanfänger im Wintersemester 2005/06. Wege zum Studium, Studien- und Hochschulwahl, Situation bei Studienbeginn. HIC: Forum Hochschule 1|2007: http://www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-200701.pdf.
- [7] <http://moodle.org> (Stand: 5/2015).
- [8] Weidlich, J.; Spannagel, C. (2014): Die Vorbereitungsphase im Flipped Classroom. Vorlesungsvideos versus Aufgaben. In: Rummler, K. (Hrsg.), Lernräume gestalten - Bildungskontexte vielfältig denken, S. 237-248, Münster: Waxmann.
- [9] Weltner, Klaus (1977): Die Unterstützung autonomen Lernens durch integrierende Leitprogramme. In: ZIFF-Papiere Nr. 17 (1977), S. 1-42, url: http://deposit.fernuni-hagen.de/1732/1/ZP_017.pdf (Stand: 5/2015).
- [10] Novak, Gregor M.; Patterson, Evelyn T.; Gavarin, Andrew D.; Christian, Wolfgang (1999): Just-in-time teaching: Blended active learning with web technology, Boston, MA: Addison-Wesley.
- [11] Lyman, F. (1981): The responsive classroom discussion: the inclusion of all students. In Anderson, A.S. (Hrsg.) Mainstreaming Digest, S. 109–113, College Park: University of Maryland.
- [12] Mazur, Eric (1996): Peer Instruction: A User's Manual. Boston, MA: Addison-Wesley.
- [13] Spannagel, C. (2011): Das aktive Plenum in Mathematikvorlesungen. In: Berger, L.; Spannagel, C.; Grzega, J. (Hrsg.), Lernen durch Lehren im Fokus. Berichte von LdL-Einsteigern und LdL-Experten. Berlin: epubli, S. 97-104.
- [14] Herreid, Clyde Freeman; Schiller, Nancy A. (2013): Case studies and the flipped classroom In: Journal of College Science Teaching, May 13.
- [15] Spannagel, C.; Spannagel, J. (2013): Designing in-class activities in the inverted classroom model. In: Hanke, J., Kiesler, N., Wiemeyer, L. (Hrsg.): The inverted classroom model. The 2nd German ICM Conference, S. 113-120. München: Oldenbourg.
- [16] Enders, J. (2011): Ziele und Akzeptanzprobleme von E-Learning- und Web-2.0-Elementen in der Hochschullehre: eine Atomphysikvorlesung als Beispiel. In: PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1 (2011), S. 1-8, url: <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/240> (Stand: 5/2015).