

## Vorstellung des Studienreformforums Bisherige Arbeit und aktuelle Beiträge

Ahmad Aljanazrah<sup>\*</sup>, Alexander Altland<sup>†</sup>, Janice Bode<sup>¶</sup>, Stefan Brackertz<sup>+</sup>, André Bresges<sup>%</sup>, Michael Buchhold<sup>†</sup>, Sascha Delitzscher<sup>#</sup>, Franziska Egbers<sup>#</sup>, Thomas Friedrich<sup>#</sup>, Jeanette Gehlert<sup>\*</sup>, Philipp Jaeger<sup>‡</sup>, Daniela Kern-Michler<sup>~</sup>, Fabian Kruse<sup>#</sup>, Manuel Längle<sup>°</sup>, Amr El Miniawy<sup>∞</sup>, Franz-Josef Schmitt<sup>#,‡</sup>, Thilo Schönemann<sup>#</sup>, Stephanie Wagner<sup>◊</sup>, Wanda Witte<sup>△</sup>, Jörn Weissenborn<sup>#</sup>

<sup>\*</sup>Birzeit University Palestin

<sup>†</sup>Universität zu Köln, Institut für Theoretische Physik

<sup>¶</sup>Institut für Theoretische Physik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

<sup>+</sup>Universität zu Köln, Fachschaft Physik

<sup>%</sup>Universität zu Köln, Institut für Physikdidaktik

<sup>#</sup>Technische Universität Berlin, Institut für Physikalische Chemie

<sup>\*</sup>Universität Hamburg, Fakultät für Rechtswissenschaften

<sup>‡</sup>Department of Physics and Astronomy University of Manitoba und Fachgruppe Physik, Fakultät 4, Bergische Universität Wuppertal

<sup>~</sup>ZaPF e.V., c/o Goethe Universität Frankfurt, Raum \_\_.208

<sup>°</sup>Universität Wien, Studierendenvertretung Physik, Boltzmannngasse 5 1090 Wien

<sup>∞</sup>Humboldt-Universität zu Berlin, Fachschaftsinitiative Physik

<sup>‡</sup>Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Physik

<sup>◊</sup>Humboldt-Universität zu Berlin, ZaPF

<sup>△</sup>Universität Rostock, Fachschaft Physik

[ajanazrah@birzeit.edu](mailto:ajanazrah@birzeit.edu), [alexal@thp.uni-koeln.de](mailto:alexal@thp.uni-koeln.de), [janice.bode@uni-muenster.de](mailto:janice.bode@uni-muenster.de), [sbracker@smail.uni-koeln.de](mailto:sbracker@smail.uni-koeln.de), [andre.bresges@uni-koeln.de](mailto:andre.bresges@uni-koeln.de), [buchhold@thp.uni-koeln.de](mailto:buchhold@thp.uni-koeln.de), [orga@studienreform-forum.de](mailto:orga@studienreform-forum.de), [orga@studienreform-forum.de](mailto:orga@studienreform-forum.de), [friedrich@chem.tu-berlin.de](mailto:friedrich@chem.tu-berlin.de), [jeanette.gehlert@studium.uni-hamburg.de](mailto:jeanette.gehlert@studium.uni-hamburg.de), [jaeger@jdpd.de](mailto:jaeger@jdpd.de), [kern-michler@posteo.de](mailto:kern-michler@posteo.de), [fabian.kruse@tu-berlin.de](mailto:fabian.kruse@tu-berlin.de), [manuel.laengle@univie.ac.at](mailto:manuel.laengle@univie.ac.at), [amr.el.miniawy@physik.hu-berlin.de](mailto:amr.el.miniawy@physik.hu-berlin.de), [schmitt@physik.tu-berlin.de](mailto:schmitt@physik.tu-berlin.de), [orga@studienreform-forum.de](mailto:orga@studienreform-forum.de), [stephanie.wagner@hu-berlin.de](mailto:stephanie.wagner@hu-berlin.de), [wanda.witte@uni-rostock.de](mailto:wanda.witte@uni-rostock.de), [orga@studienreform-forum.de](mailto:orga@studienreform-forum.de)

### Kurzfassung

Das Studienreform-Forum befasst sich einerseits mit der systematischen Dokumentation konkreter Studienreformen und Studienreform-Vorhaben, andererseits mit Grundsatzfragen der Studienreform. Beides zusammen bildet die Grundlage zur Weiterentwicklung von Studiengängen.

Im Jahr 2020 hat das Studienreform-Forum erneut zur Einsendung von Beiträgen zu diesen Fragen aufgerufen. Angesichts der Pandemie wurde dieser Aufruf verlängert und parallel eine Initiative zur Dokumentation und Auswertung der Lehre unter Pandemiebedingungen gestartet, deren Ergebnisse mittelfristig mit den übrigen Beiträgen in Bezug gesetzt werden sollen.

Dieser Artikel dokumentiert die auf den Call for Papers eingesandten Beiträge.

### 1 Einleitung

Das Studienreform-Forum beschäftigt sich mit der Dokumentation, Analyse und Reflexion von Studiengangsreformen und den damit verbundenen Kontroversen. Die Initiative entstand vor dem Hintergrund, dass Studienreformen zwar an nahezu allen Hochschulstandorten teilweise sehr sorgfältig mit großem persönlichem Engagement vorangetrieben werden, es aber bisher kaum Austausch oder gar hochschuldidaktische Forschung dazu gibt. Um dies zu verändern, bringt das Studienreform-Forum Menschen zusammen, die Erfahrungen mit der Gestal-

tung von Studiengängen haben, solche, die konkret nach Antworten und Ideen suchen, und solche, die Studiengangsentwicklung beforschen.

Ein Format hierfür ist die Einreichung von Praxisberichten zu Reformen oder Reformideen einerseits und von Beiträgen, die Grundsatzfragen der Weiterentwicklung von Physikstudiengängen beleuchten, andererseits.

Der Call for Papers 2020/21 [1] greift die Kontroversen der Podiumsdiskussion von der DPG Frühjahrstagung 2019 [2] auf. Eine offene Frage war seinerzeit, was Restriktionen wie Klausurversuchsbe-

schränkungen, Klausurzulassungen etc. eigentlich bewirken und ob sie wirklich notwendig sind.

U.a. mit dieser Frage waren auch die Kolleg\*innen des Projektes EducationZen konfrontiert, einem Projekt zur Reform der Mathematik für Naturwissenschaftler\*innen an der TU Berlin. Ziel des Projektes war die Entwicklung eines neuen Tutorienformats, das mit möglichst wenigen solcher Restriktionen auskommend dafür sorgen sollte, dass die Studierenden Feedback bekommen, das tatsächlich nützlich ist und mit dem auch tatsächlich gearbeitet wird. Gleichzeitig wurden die didaktischen Grenzen der Digitalisierung in diesem Projekt schon vor Corona erprobt.

Während die Berliner Kolleg\_innen weitreichende Änderung des gesamten Tutoriumsbetriebs implementierten, blieb der äußere Rahmen klar gesteckt; an den Prüfungen und der Verortung im Gesamtstudium wurde nichts verändert. Im Gegensatz dazu berichten Kölner Kollegen von einem Pilotversuch, der ebenfalls auf eine tiefere Auseinandersetzung der Studierenden mit dem Stoff der Übungen zielt, aber beim Prüfungsformat ansetzt. Der Ansatz war dabei, die Vorteile von mündlichen und schriftlichen Prüfungen zu verbinden, wobei auch möglichst wenig Gründe für Prüfungsangst übrig bleiben sollten.

Gemeinsam ist beiden Reformprojekten, dass sie mehr als herkömmliche Formate darauf ausgerichtet sind, Feedback im Vorfeld der Prüfung für den Lernprozess fruchtbar zu machen und Rezept-artiges Lernen zu verringern. Beide Projekte setzen darauf, dass Studierende nicht alles mit sich selbst abmachen, sondern mit- und voneinander lernen.

Mit der Frage, warum dies oft nicht klappt, warum Studierende zu Beginn ihres Studiums die aktive Bezugnahme, das neugierige Nachfragen zu oft verlernen, setzt sich der Essay „Warum ‚Haben Sie noch Fragen?‘ zu keinen Fragen führt“ auseinander. Er ist eine scharfe Kritik an der in der Studieneingangsphase vermittelten Universitätskultur gefolgt von einer Sammlung kritisch gewürdiger Ansätze, es besser zu machen.

Weniger die Studieneingangsphase und was darin schief gehen kann, aber ebenfalls die Wissenschaftskultur betrifft ein Plädoyer für die systematische Überarbeitung aller Lehrveranstaltungen und insbesondere der Praktika zur ganzheitlichen Implementierung der Ideen und Kultur von Open Data.

## **2. EducationZen – Ein Studienreformprojekt in der Mathematik für Chemikerinnen und Chemiker an der TU Berlin – invertierte Tutorien, ein Zulassungskriterium zur Klausur und Studierende, die eine Probeklausur korrigieren.**

Ein Beitrag von Franz-Josef Schmitt

Als Zusatzdatei zu diesem Beitrag ist das Poster „Teilinvertierte Tutorien in der Mathematikausbildung für Chemikerinnen und Chemiker“ von F.-J. Schmitt, T. Schönemann, F. Kruse, S. Delitzscher,

F. Egbers, J. Weissenborn A. Aljanazrah, T. Friedrich verfügbar.

Ende 2012 haben wir an der Technischen Universität Berlin das Studienreformprojekt EducationZen ins Leben gerufen, das Ende 2016 abgeschlossen und in die Regellehre implementiert wurde. Die Kernidee dieses Projektes war es, in der Mathematik für Chemikerinnen und Chemiker ein flexibles Stufensystem einzuführen, innerhalb dessen sich Studierende selbst einschätzen können und Stufe für Stufe die Geheimnisse der Mathematik erklimmen. Dabei sollten Sie perfekt durch den Stoff geführt werden und quasi automatisiert in das nächste Level geschickt werden, wenn sie den Stoff hinreichend verstanden hatten. Zu diesem Zweck benötigt man hinreichendes feedback, ob denn der Stoff einer Stufe bereits vollständig verstanden wurde, also am besten Aufgaben, die freiwillig und wissbegierig gelöst werden, automatisch korrigiert werden und den Studierenden dann das passende feedback zu ihrem Leistungsstand geben. Die Idee war zunächst, dies über eine Plattform geschehen zu lassen. Deshalb wurden in der ersten Förderperiode des von der TU Berlin finanzierten Studienreformprojektes EducationZEN auch einige Mittel in die Entwicklungsarbeit einer Internetplattform gesteckt, die sich jedoch weder der hinreichenden Funktionalität, noch der Akzeptanz seitens der Studierenden erfreuen konnte, um das gewünschte Ziel zu erreichen. Dies trieb uns damals an, uns etwas Neues auszudenken, wollten wir doch nicht mit einem gescheiterten Projekt abschließen – und es zwang uns, unser Konzept einer Art „Nürnberger Trichter“ im Internet noch einmal komplett neu zu denken. Das war, in der Retrospektive, eine positive Entwicklung.

Natürlich lag das Geheimnis guter Lehre, die flexibel gestaltet ist und Studierende selbst ermächtigt, ihren Lernfortschritt zu gestalten, nicht in einer Onlineplattform, die in Konkurrenz zu bereits existierenden Plattformen wie Khan Akademie, zahllosen Youtube Videos, Mathewikis oder Flash-Seiten mit teilweise ausgereiften automatisch korrigierten Matheaufgaben ins Netz gestellt wird.

Wir erkannten, dass der Schlüssel vielleicht darin bestand, ein vergleichsweise starres System der Mathematikausbildung, wie sie zu dieser Zeit an der TU Berlin in der Chemie praktiziert wurde, aufzubrechen und den Studierenden neue Optionen zu geben, mit viel mehr Flexibilität, viel mehr Eigenverantwortung, aber auch klar definierten Anforderungen, zur Klausur überhaupt zugelassen zu werden und diese dann auch zu meistern. Wir mussten als Coaches auftreten und nicht als entfremdete vorlesende Dozenten, ansprechbar sein und multiple Analogien und Bilder im Kopf haben, wie wir den Studierenden die mathematischen Probleme anschaulich vermitteln konnten, um ein tiefes Verständnis zu schaffen. Wir mussten sie motivieren, selbst zu üben, wie Musiker, die auf einen Auftritt hinfiebern und begeistert sind von den Rockstars, die sie vorher auf der Bühne

gesehen haben. Unser Ziel war es, dass die Studierenden in Eigenverantwortung das nötige Rüstzeug lernen, um bestens präpariert zu sein, dies aber ohne einen externen Zeit- und Leistungsdruck, der ihnen die eigene Mündigkeit raubt. Dafür wollten wir sie beim Üben und beim Verständnis der Mathematik unterstützen.

Zu diesem Zweck wurde deshalb zunächst ein neues Tutorium mit neuen Aufgaben entwickelt, in dem die Studierenden unter unserer Aufsicht ihre freiwilligen Hausaufgaben lösen konnten. Dabei sollten die Aufgaben auch an der ein oder anderen Stelle einen stärkeren Bezug zur Chemie oder Physik bieten, damit die Sinnhaftigkeit der Notwendigkeit, die Mathematik zu erlernen, besser begriffen wurde. Mehrdimensionale Optimierungsprobleme, Wegintegrale in der Thermodynamik und Differentialgleichungssysteme zur Beschreibung der Photosynthese wurden somit beispielsweise zum Bestandteil der Übungen. Ziel war es, dass alle Studierenden alle Aufgaben auch wirklich gerechnet haben, bevor sie in die Klausur gehen.

Im ersten Durchlauf funktionierte dies jedoch noch nicht so recht. Möglicherweise aus historischen Gründen hatten die Studierenden nicht wirklich die Absicht, die fakultativen Aufgaben zu rechnen. Unser neu geschaffenes Tutorium blieb leer, die neuen Aufgaben blieben unbearbeitet. Wir sahen also ein, dass es so ganz freiwillig an dieser Stelle nicht weitergehen würde.

Deshalb wurde ein 80% Zulassungskriterium ersonnen, das unter Absegnung durch die Ausbildungskommission und bei erstaunlich hoher Akzeptanz seitens der Studierendenschaft (die Zulassungshürde selbst wurde sogar positiv evaluiert) verlangte, dass 80% der Hausaufgaben richtig gerechnet sein mussten, bevor jemand in die Klausur treten durfte. Da diese Hürde, gerade in der Mathematik, quasi unüberwindlich scheint, wurde jedoch vereinbart, dass neben den Sondertutorien, in denen die Studierenden direkt rechnen und auch nach der Lösung fragen konnten und sich quasi so die Lösung ggf. auch von uns in die Hand diktieren lassen konnten, auch Korrekturen der bereits abgegebenen Hausaufgaben möglich sind, beliebige Fragen gestellt werden konnten (was ja selbstverständlich sein sollte) und erst die letzte Abgabe schlussendlich für das Zulassungskriterium gewertet wird. Die Hausaufgaben konnten somit jederzeit im Semesterverlauf abgegeben werden und auch die Korrekturen derselben jederzeit nachgereicht werden. Es wurde lediglich eine Deadline gesetzt, die hinreichend Zeit für die finalen Korrekturen bieten musste, denn wie zu erwarten, war besonders in der kurzen Zeit vor der Deadline der Korrekturaufwand, also die Flut der Abgaben, immens. Mit diesem Verfahren waren wir ein gutes Stück weiter. Die Rechenübungen waren plötzlich voll und es etablierte sich ein völlig neuartiges Tutoriengefühl. Nur wenn sehr allgemeine Fragen, die für alle von Interesse waren, gestellt wurden, stellte

sich überhaupt mal jemand an die Tafel, sonst rechneten alle in Gruppen von bis zu einem Dutzend Studierenden emsig vor sich hin, meldeten sich, wenn keiner am Tisch mehr die Lösung wusste und warteten bis die Dozierenden, die zwischen den Tischen hin und her sprangen, Zeit für die gestellten Fragen und hoffentlich eine anschauliche Lösung parat hatten. Wurde diese Zeit zu lang, so drehte man sich auch mal zum Nachbartisch um, worauf die Dozierenden merkten, dass sie gar nicht mehr so unbedingt gebraucht wurden, hatten wir doch eine Übungsgruppenkultur, die in der Veranstaltung abhanden gekommen war, wieder neu geschaffen.

Doch wurde hier wiederum die Schwierigkeit offenbar, dass manche Studierende aus zeitlichen Gründen vielleicht daran gehindert waren, unsere Rechenübungen zu besuchen. Immer wieder kamen auch Studierende mit alten Blättern, so dass die Übungsgruppen vor allem gegen Ende des Semesters zu zerfasern drohten, weil quasi jeder eine eigene individuelle Frage zu irgend einer alten Aufgabe hatte. Deshalb rechneten wir alle Hausaufgaben mit leicht abgewandelten Aufgabenstellungen als Übungsaufgaben alle einmal vor – aber auf dem Tablet als screencast, auf YouTube, so dass alle Studierenden jederzeit die Musterlösung zu ihrer Aufgabenkategorie im Internet Schritt für Schritt an der Tafel vorgerechnet nachvollziehen konnten. Ich lernte erst zu dieser Zeit, dass dieses Konzept, im Unterricht live zu rechnen und sich die Arbeit der Dozierenden an der Tafel zu Hause im Internet anzusehen, als „inverted classroom“, also invertierter Klassenraum, bezeichnet wurde. Wir hatten also einen invertierten Klassenraum mit einem Pool von fast 200 Lehrvideos geschaffen [3]. Da dies nicht die ganze Veranstaltung betraf, sondern nur die Tutorien, die Vorlesung aber erhalten blieb, sprachen wir fortan von den teilinvertierten Tutorien in der Mathematik für Chemikerinnen und Chemiker [4,5,6,7].

Um den Studierenden nicht nur die eigenen Fehler, sondern auch die Fehler ihrer Kommilitonen und Kommilitoninnen sichtbar zu machen, wurde schlussendlich ein Verfahren eingeführt, das Prof. Marc Ihle an der Hochschule Karlsruhe entwickelt hatte und dafür mit einer Fellowship des Stifterverbands für die Hochschullehre ausgezeichnet wurde (wie auch wir in den Folgejahren), das sogenannte peer marking. An einem Termin der Rechenübungen wurden nicht einfach Hausaufgaben gerechnet, sondern eine ausgeteilte Probeklausur. Anschließend wurden die pseudonymisierten Blätter eingesammelt, kopiert und jeweils drei davon zufällig an die Studierenden des teilnehmenden Tutoriums verteilt. Diese korrigierten dann mit einer vorgegebenen Musterlösung emsig die Abgaben ihrer Kommilitoninnen und Kommilitonen und erkannten neben ihren eigenen Fehlern die Fehler, die sie nicht selbst aber andere gemacht hatten. Insbesondere lernten sie, Aufgaben auch wirklich schrittweise zu überprüfen, um beispielsweise Folgefehler zu verstehen und die

inhärente Logik einer Rechnung auch wirklich nachzuvollziehen. Ein netter Nebeneffekt der peer marking Veranstaltung war, dass es nach Ende des Termins keine Abgaben für die Tutorinnen und Tutoren zu korrigieren gab. Es konnte einfach der erreichte Punktestand aller drei studentischen Korrekturen gemittelt werden und dies wurde den Studierenden als Ergebnis „ihres Übungsblattes“ mitgeteilt, natürlich mit der Option, nachzukorrigieren, falls die 80% nicht erreicht waren. Die Studierenden hatten sich dazu also gegenseitig selbst korrigiert.

Das System schien uns dabei beliebig skalierbar. Nichts würde wirklich dagegen sprechen, in jedem Tutorium nach dem peer marking Prinzip zu verfahren. Dies haben wir jedoch aus Gründen des Respekts vor der eigenen Verantwortung als Dozierende (aus mir bis heute nicht wirklich eingängigen Gründen) am Schluss doch nicht durchgeführt und an den übrigen 11 von 12 Terminen die 100 Abgaben in 50 Arbeitsstunden (verteilt auf 5 Tutorinnen und Tutoren sowie mich als Übungsleiter) selbst korrigiert, während ein peer marking Termin über 2 Stunden von 2 Tutoren betreut werden konnte und fast ohne Korrekturen auskam (bis auf die nachgereichten Nachkorrekturen für das 80% Kriterium).

Diese dreifaltige Neugestaltung, die Einführung neuer Rechenübungen mit neuen praxisnahen Aufgaben und Lehrvideos zu allen Aufgaben, die Einführung eines hohen Zulassungskriteriums für die Klausur mit der Möglichkeit der Korrektur bereits abgegebener, aber fehlerhafter Blätter und die Probeklausur, die sich die Studierenden gegenseitig anhand einer Musterlösung selbst korrigierten, führte schließlich dazu, dass im Sommersemester 2014 die Quote der nicht bestanden Klausuren von über 50% auf schmale 10% fiel. Statt der Hälfte des Kurses sind also nur noch ein paar wenige vereinzelte Studierende durch die Klausur gefallen. Gleichzeitig hatte sich die Durchschnittsnote des ganzen Kurses von 3,3 auf 2,3 verbessert.

Dies klingt nach fantastischen Zahlen. Man muss aber fairerweise auch sagen, dass statt wie üblich 95% nur noch 55% des Jahrgangs überhaupt zur Klausur angetreten sind. Die anderen hatten eben das hohe Zulassungskriterium nicht gemeistert oder sich von den Stufen, die sie zunächst erklimmen mussten, abschrecken lassen. Unter dem Strich hat sich also die Absolutzahl der Studierenden, die erfolgreich im ersten Anlauf die Klausur bestanden haben, nur marginal verbessert. Ein deutlicher Unterschied aber war, dass die Studierenden, die nicht angetreten und durchgefallen sind, natürlich auch nicht in den 2. Prüfungsversuch gerutscht sind und somit nicht unter dem psychischen Druck standen, bald heraus geprüft zu werden. Der Erfolg dieses Studienreformprojekts begründet sich jedoch noch anders. Es hängt zwar alles stark davon ab, dass auch wirklich mit Vehemenz und viel Aufwand mit den Studierenden an den Aufgaben gearbeitet wird, Lehrvideos aufgezeichnet werden und Probeklausuren ab-

gehalten werden, bei denen in einem neuartigen Lehrmodell mit Blättertausch 100 Studierende von 2 Dozierenden dirigiert werden müssen. Es hängt davon ab, dass man bereit ist, wieder und wieder falsche Aufgaben anzustreichen und zu korrigieren und ausführlich zu erklären, warum die Aufgaben denn immer noch fehlerhaft sind und wie der richtige Lösungsweg ausgesehen hätte, und es hängt vor allem davon ab, dass man in der heißen Phase am besten jederzeit für die Studierenden (z.B. per mail) erreichbar ist. Aber der Erfolg lohnt sich. Denn ein System der Angst, in dem eine Klausur von mehr als der Hälfte des Kurses im ersten Anlauf nicht geschafft wird, wird in ein System der Selbstermächtigung transformiert, in dem die Studierenden flexibel arbeiten und selbst entscheiden, wann sie für die Klausur präpariert sind. Den Beweis dafür erbringen sie anhand einer Abgabe von 80% richtiger Hausaufgaben. Die Studierenden konnten sich darüber hinaus herausuchen, wann sie die Hausaufgaben rechnen. Sie konnten sich dafür eine direkte Hilfestellung holen und sie wurden nicht dafür bestraft, beliebig viele Fehler zu machen. Sie konnten ihre Fehler korrigieren und konnten die Klausur dann auch noch in einer Probeklausur „erleben“. Wenn sie selbst zufällig Fehler, für die sie eigentlich anfällig gewesen wären, doch nicht gemacht haben, dann aber zufällig genau diese Fehler bei ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen korrigieren durften, lernten sie noch einmal etwas Neues hinzu. Die Studierenden mussten schlussendlich sich lediglich während der echten Klausur innerhalb von 120 Minuten auf den Punkt profilieren. Diese Anforderung blieb. Die Klausur, die zweimal im Semester abgehalten wurde, war dann der Prüfstein, dem man sich sehenden Auges nähern musste, wie immer. Die Flexibilität bei der Bearbeitung, die direkten Hilfestellungen, die Notwendigkeit der iterativen Auseinandersetzung und der klar kommunizierte Anspruch zur Zulassung und zum Bestehen der Klausur, waren schlussendlich die essentiellen Elemente, die die Lehrveranstaltung auf das Niveau gehoben haben, das erwachsenen Studierenden auch gebührt.

Leider wurde ich selbst nur diese vier Jahre lang mit der Leitung von EducationZEN und der Übungen in der Mathematik für Chemikerinnen und Chemiker betraut und wechselte dann in ein anderes Projekt. Seitdem wurde die Veranstaltung inzwischen wieder ein bisschen stärker formalisiert, erlaubt nicht beliebig viele Abgaben, setzt für jedes Blatt eine deadline und arbeitet nicht mehr mit dem gegenseitigen Korrigieren. In den Regelbetrieb übernommen ist jedoch das teilinvertierte Konzept mit den Rechenübungen und Lehrvideos.

Das Konzept der teilinvertierten Lehre habe ich an der TU Berlin auf zahlreiche weitere Veranstaltungen übertragen, vor allem auch Praktika oder studienzentrierte Zusatzmodule im freien Wahlbereich wie das mehrfach preisgekrönte Modul

„iGEM-Synthetische Biologie“, doch davon an anderer Stelle mehr [8,9,10].

### 3. Erklärvideos als Prüfungsleistung: Ein Pilotversuch

Ein Beitrag von Alexander Altland, Stefan Brackertz, André Bresges, Michael Buchhold

#### 3.1. Hintergrund

Bedingt durch die Covid-19-Pandemie sind wir mit der Herausforderung konfrontiert, den erfolgreichen Abschluss von Lehrveranstaltungen über elektronische Prüfungsformen zu regeln. Dies hat zur Definition verschiedener Formate virtuell durchgeführter schriftlicher Prüfungen (e-Klausuren) geführt. Allen gemein ist, dass sie (z.T. unüberwindbare) Probleme im Hinblick auf Täuschungsanfälligkeit/Eingriff in die Privatsphäre Studierender/Datenschutz mit sich bringen. Abgesehen von den Herausforderungen bei der Umsetzung virtueller Prüfungen verschärfte die Pandemie aber auch grundsätzliche Probleme klassischer Prüfungsformate. Beispielsweise führte eine stark eingeschränkte Alltagskommunikation der Studierenden, sowohl untereinander als auch mit den Dozierenden, zu verstärkter Verunsicherung und zu einer Erhöhung des wahrgenommenen Prüfungsstressses.

Die krisenbedingt gemachten Erfahrungen und angestoßenen Entwicklungen sind Anlass, grundsätzlich über das Potential alternativer Prüfungsformen nachzudenken. Denn: Seit der Einführung der Bachelor- und Master-Studiengänge bilden schriftliche Klausuren eine fast exklusive Stütze unseres Prüfungssystems. Mündliche Prüfungen (vormals Vordiplom) sind außer für die Praktika weitgehend verschwunden und auch Seminare gibt es in den Anfangssemestern kaum.[11] Eine aktive Auseinandersetzung mit Wissenschaft und ihrer Kommunikation wird weitgehend den Übungsgruppen überlassen. Wir entlassen so Studierende auf der Basis einer auf vorwiegend schriftliche Formate reduzierten Wissensabfrage. Umgekehrt, aus Sicht der Studierenden wird mit diesem Prüfungs- und Bewertungssystem „Bulimielernen“ (effizientes aber nicht nachhaltiges Lernen eines großen Stoff-Repertoires) wenn nicht gefördert, so doch zu einer Strategie aufgewertet, mit der man durch das Studium kommen kann.

Ein Pilotversuch mit einer alternativen, medialen Prüfungsform zeigt: Sie funktioniert, sie kommt bei den Studierenden gut an und sie zeigt unerwartet großes Potential.

#### 3.2. Ein alternatives Format

Im WS 20/21 haben wir in der Kursvorlesung „Moderne Mathematik für das Physikstudium“ von Studierenden erstellte Lösungsvideos zu mathematischen Aufgaben als neue Form des Leistungsnachweises verwendet. Es handelt sich um eine Wahlpflichtveranstaltung mit ca. 40 TeilnehmerInnen, typischerweise 3. Semester, weitgehend hochmotiviert (Wahlpflicht/Studium Integrale, keine Pflicht-Ver-

anstaltung). Die Vorlesung wurde in Form von Videos, begleitet durch 1x/Woche ‚flipped classroom‘ abgehalten. Daneben fand ein klassischer Übungsbetrieb statt, bei dem Studierende jede Woche in Gruppen einen Aufgabenzettel bearbeitet und abgegeben haben. Dieser wurde darauf in der Folgewoche korrigiert zurückgegeben und in der Übung besprochen.

Den Studierenden wurde die Prüfungsaufgabe gestellt, die Lösung eines der letzten drei Übungsblätter der VL sowohl schriftlich als auch in einem selbst erstellten Video von nicht mehr als 60 min zu präsentieren. Abgabe als Gruppe (bis zu drei Mitglieder) war erlaubt, die Länge der Videos sollte etwa 15 Minuten je Gruppenmitglied betragen. Bewertungskriterien: 50% inhaltliche Korrektheit, 25% formale Korrektheit und Verwendung adäquater mathematischer Sprache, 25% Verständlichkeit und Vollständigkeit der Erklärung. An die technische Umsetzung gab es keinerlei Vorgaben und sie wurde nicht in die Bewertung mit einbezogen. Bei Team-Abgaben wurde vorausgesetzt, dass alle Mitglieder vertreten und deren Eigenleistung erkennbar ist. Aufgrund des sich unvorhersehbar verschärfenden Infektionsgeschehens im Herbst 2020 wurde das Format erst spät in der VL konzipiert, besprochen und angekündigt.

Ziel war es nicht, eine konventionelle Klausur in ein online-Format zu übertragen, was nicht nur einen erheblichen Mehraufwand, sondern auch einen Keim gegenseitigen Misstrauens durch bereits genannte Absicherungsmaßnahmen mit sich gebracht hätte. Stattdessen wurde ein Prüfungsformat gewählt, das den Studierenden während der Pandemie einerseits mehr Spielraum zur Bearbeitung gewährt und andererseits Motivation schafft, indem es einen Zeitgeist trifft, in dem Kommunikation immer stärker per Online-Posting und -Video stattfindet.

Eine traditionelle mündliche Prüfung wurde hauptsächlich aus zwei Gründen verworfen: (1) Anders als Klausuren lassen klassische mündliche Prüfungen keine Verteilung der Arbeitsbelastung der Dozierenden via Vorkorrektur durch Übungsleiter\*innen zu. (2) Mündliche Prüfungen schaffen eine ähnliche Prüfungssituation wie klassische Klausuren und stellen somit auch (gerade durch die Isolation in der Pandemie) einen erheblichen Stressfaktor dar.

Die Erfahrungen mit dem neuen Format sind überraschend eindeutig positiv. Aus Sicht des Dozenten kombiniert das Format Vorteile der mündlichen und schriftlichen Prüfung. Es versetzt Studierende einerseits in die Situation, die Sachverhalte und Hintergründe auf konzeptioneller Ebene zu erklären und fragt andererseits auch ganz spezifisch klassische Rechenschritte und solche zur formalen Problemlösung ab. Umgekehrt haben sich anfangs befürchtete Schwächen des Formates in der Praxis nicht gezeigt: Das Format bietet zwar prinzipiell die Möglichkeit für Täuschungsversuche, da das Vorgetragene fremd gescriptet sein kann. Bei einer geeigneten Aufgaben-

stellung, die zu einem 30-60 minütigen Video führt, erkennt man im Vergleich zu einer Klausur durch die ganzheitliche Präsenz der Studierenden allerdings sehr genau, wie tief Wissen verinnerlicht wurde. Als ‚Abschlussprojekt‘ für eine Vorlesung liefert die Videoabgabe einen weitreichenden Einblick in den Entwicklungs- und Wissensstand der Studierenden, der für Lehrende sehr wertvoll ist.

Im Gegensatz zu einer herkömmlichen mündlichen oder schriftlichen Prüfung fördert die Videoabgabe nicht die Strategie, möglichst viel Inhalt in möglichst kurzer Zeit auswendig zu lernen. Stattdessen zielt sie auf die Vertiefung einzelner Aspekte. Die Wahlmöglichkeit aus einem Portfolio von Aufgaben fördert dennoch auch eine aktive Auseinandersetzung mit den Themen, die am Ende nicht bearbeitet werden.

Die TeilnehmerInnen hatten zum Zeitpunkt der Abgabe bereits >50% anspruchsvoller Übungszettel gelöst. Vor diesem Hintergrund bestand bei den Dozenten keinerlei Bedenken die Prüfungsleistung auf Basis einer erfolgreichen Videolösung anzuerkennen, obwohl mit dem Format noch keine Erfahrungen vorlagen.

### 3.3. Was macht das neue Format mit den Studierenden?

Ein wahrnehmbarer und weitreichender Effekt dieser Prüfungsform ist der Rollentausch der Studierenden: heraus aus der konventionellen, passiven Situation des (mündlich oder schriftlich) ‚Abgefragt-werdens‘, hinein in die aktive, gestalterische Rolle, in der ein zu bewertendes Produkt erzeugt wird. Diese Rolle ist konzeptionell nicht nur näher an die spätere Arbeitsweise einer ausgebildeten PhysikerIn angelehnt, in der globale Wissensabfragen kaum sondern vielmehr prozessbezogenes Können eine Rolle spielen. Zudem hat sie auch psychologische Auswirkungen, die dazu beitragen, dass diese Prüfungsform im Gegensatz zu Klausuren und mündlichen Prüfungen, zum großen Teil stress- und angstfrei abläuft.

In der aktiven Rolle können Studierende sich innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters so viel Zeit nehmen wie sie ihrer Ansicht nach benötigen, um ihr Produkt fertigzustellen. So bestimmen sie beispielsweise selbst die Qualität, die Stärken und die Schwerpunkte ihres Lösungsvideos und vor allem, wann es fertig ist und abgeschickt werden kann. Damit werden zwei wichtige Stressfaktoren, die Vorstellung, mit den Prüfungsfragen ‚kalt erwischt zu werden‘ und für die richtige Prüfungslösung nur einen Versuch unter Zeitdruck zu haben, vollständig aus dem Konzept eliminiert.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die (mit Abgaben in der Gruppe noch weiter geförderte) Beschäftigung mit der Frage, welche Aufgaben aus dem Pool denn eigentlich in den Videos vorgestellt werden sollen. Darüber nachzudenken oder zu diskutieren, wo im Studium welcher Schwerpunkt gelegt wird und was man wie sehr vertiefen will, kommt anderweitig im

stark verschulten Anfang des Bachelor-Studiums zu kurz. Zu lernen, Entscheidungen dieser Art zu treffen, ist nicht nur ein wichtiger Grundgedanke des Studiums, sondern führt auch dazu, dass sich Studierende einen Überblick über die Landkarte der behandelten Themen verschaffen.

Vor allem bei Studierenden, die in Gruppen abgegeben haben, wurde eine sehr positive Auseinandersetzung mit der eigenen Arbeit festgestellt: Die Videos wurden vor der Abgabe ausführlich diskutiert und mehreren Revisionen unterzogen. An die Stelle von „durchgefallen“ in der Prüfung trat so „noch nicht reif für die Abgabe: Minute XY müssen wir nochmal überarbeiten“ vor der Prüfung. Anders als bei der gemeinsamen Vorbereitung auf eine klassische Prüfung lassen sich solche Debatten unter Studierenden angesichts eines Zwischenproduktes viel leichter führen und entstehen quasi automatisch. Damit wurden Feedback-Loops, die bei der Erarbeitung von z.B. Bachelorarbeiten oder der Auswertung von Praktikumsversuchen teilweise automatisch stattfinden, auf den Übungsbetrieb übertragen.

Dies lässt sich auf naheliegende Weise weiter ausbauen: Eine als Prüfungsleistung erstellte Videoabgabe ist ein Produkt, das über die Prüfung hinaus einen Nutzen haben kann. An die Stelle der konventionellen Besprechung von Übungsaufgaben an der Tafel kann z.B. das Diskutieren von Übungsvideos anderer Studierender treten. Dies steigert nicht nur die Motivation, ein gutes Produkt zu erstellen, sondern legt allen Beteiligten intuitiv nahe, dass es nicht nur um eine Bewertung ihrer Arbeit, sondern um deren Verbesserung geht. So zielt der Prozess nicht nur darauf ab, aus Fehlern zu lernen; Studierende machen insgesamt mehr aus dem Feedback der ÜbungsleiterInnen und diese sind auf natürliche Weise eher gehalten, ein mehr auf Weiterentwicklung als auf Bewertung gerichtetes Feedback zu geben.

Das Format bietet insgesamt sicher noch mehr Potenzial als im ersten Durchlauf zur Geltung gekommen ist. Eine aktuell zur Disposition stehende Weiterentwicklung besteht etwa darin, Übungsaufgaben aus dem Semester auszubauen und in einer Poster-session am Semesterende zu präsentieren. Die Bewertungsgrundlage ist dann ein Video, das das Poster erläutert. Dies stellt insofern eine Erweiterung des aktuellen Konzepts dar, als dass Poster über die Übungsaufgabe hinaus auch eine Einordnung des Themas, eine Erläuterung der verwendeten Methode und weitere Elemente eines ‚bigger picture‘ umfassen. So können in dieser Prüfungsform bereits wichtige Aspekte des wissenschaftlichen Diskurses im kleinen Rahmen geübt werden.

### 3.4. Erfahrung aus der Korrektur

Eine unerwartete und in unseren Augen bemerkenswerte Beobachtung ist, wie sehr sich die einzelnen Lösungsvideos unterscheiden. Die Vorlesung wurde zum größten Teil von Studierenden desselben, aus

Sicht des Dozenten und der TutorInnen kommunikativen und gut (online) vernetzten Jahrgangs belegt. Dennoch und trotz identischer und klar umrissener Prüfungsaufgaben, treten individuelle Ansätze zur Lösung, unterschiedliche Schwerpunkte, sowie die individuellen Fähigkeiten der Prüflinge in jedem Video sehr klar zutage. (Hypothese: nicht gekennzeichnete Zusammenarbeit ist in diesem Format sehr unwahrscheinlich bzw. leicht erkennbar.)

Die Videos bringen in erstaunlicher Varianz „konzeptionelles Verständnis“, das typischerweise in mündlichen Prüfungen abgefragt wird, und „Präzision in der Rechnung“, wie es typisch für schriftliche Prüfungen ist, zum Ausdruck. Das Format eignet sich somit, um beide Kompetenzen in einer Prüfung gemeinsam abzufragen. Stärken und Schwächen treten dabei durch die Präsenz der Studierenden sichtbarer zutage als beispielsweise bei den klassischen Klausuren. Sie können dann nach der Auswertung auch mit den Studierenden explizit besprochen (oder zumindest angemerkt) werden.

Das Interesse der Studierenden an einem solchen Feedback zur eigenen Performance war sehr hoch. Das liegt zum Teil auch sicherlich an der Neuheit des Formats aber auch an dem Interesse, „wie ist mein Produkt angekommen, wo kann ich nachsteuern?“ Dieses Nachsteuern war in unserem Fall allerdings nach Abgabe des Videos nicht vorgesehen. Hier bestehen Ausbaumöglichkeiten: So kann man künftig statt eines singulären Videos am Semesterende bereits in Übungsgruppen mit Videos arbeiten und deren Feedback in das Abschlussprojekt einfließen lassen.

Eine zeitliche Beschränkung der Videolänge ist klar von Vorteil und wird empfohlen. Aus praktischer Sicht begrenzt sie deutlich den Zeitaufwand aller Beteiligten (Studierende und KorrektorInnen). Andererseits liefert eine Beschränkung auch eine Herausforderung an die Studierenden. So sind sie mit der Frage konfrontiert, welche Inhalte man erklären sollte und welche man dagegen vernachlässigen kann. Die vorgegebene Länge kann somit einen Hebel liefern, um den Fokus weg von mechanischen „Ausführaufgaben“ (z.B. Ableitungen im Detail zu diskutieren) und hin zu prozessbezogenen Erklärungen zu lenken. Eine solche Steuerung setzt allerdings voraus, dass die optimale Erklärung, bzw. die Balance zwischen zu vielen und zu wenigen Details vorher (z.B. in den Übungsgruppen) besprochen wurde. Aus unserer Erfahrung kann in künftigen Durchläufen die Länge der Videos noch weiter verkürzt werden. Beispielsweise sollte eine geübte Gruppe für ein Erklärungsvideo für ein konventionelles, wöchentliches Übungsblatt in einer vergleichbaren Vorlesung (Mathematik oder Theoretische Physik) nicht mehr als 20-30 Minuten benötigen. Bei kleineren Projekten oder beispielsweise bei einer kombinierten Prüfung, bei der ein Videoprojekt nur einen Teil ausmacht sind durchaus auch kürzere Videos denkbar.

Die angesprochene Varianz der Lösungen kann jedoch gerade für unerfahrene KorrektorInnen eine Herausforderung bei der Bewertung darstellen. Der dadurch bedingten Unsicherheit („Soll ich jetzt den halben Punkt abziehen oder nicht?“) sind wir damit begegnet, dass alle Videos von mindestens zwei KorrektorInnen unabhängig bewertet wurden. Voneinander abweichende Ergebnisse wurden anschließend diskutiert und ein Konsens gebildet. Die Erfahrungen der KorrektorInnen waren von Anfang an durchweg positiv, das Verfahren zu Beginn aber sehr zeitaufwändig. Mit der Zeit entwickelte sich aber Routine und die Bewertung ging zuletzt schnell. Auch hier bietet sich ein Übungsbetrieb an, in dem TutorInnen bereits während des laufenden Semesters mit Videos arbeiten. So können sie einerseits Feedback an die Studierenden geben und andererseits eine Bewertungsgrundlage etablieren, wie es auch bei klassischen Übungsaufgaben der Fall ist.

### 3.5. Validität, Reliabilität und Objektivität

Wie auch die bereits etablierten Prüfungsformate muss jedes neue Format zunächst unter Beweis stellen, dass es die Standardanforderungen an eine Prüfung erfüllt. Es muss valide, reliabel und objektiv sein.[12]

Dementsprechend mussten wir uns im Vorfeld in den Gremien – zu Recht – einigen kritischen Anfragen stellen. Diesen sind wir in unserem Pilotversuch besonders sorgfältig nachgegangen:

Nach ausführlicher Rückfrage bei allen Beteiligten (KursteilnehmerInnen, Dozent, TutorInnen, Fachschaft und Didaktik) wurden die Bewertungen ausnahmslos als fair eingestuft. Dazu mag man nun denken: „Wahlpflicht-Veranstaltung, ambitionierte Dozierende, interessierte Studierende: Woher soll da ein Konflikt kommen? Glück gehabt.“ Allerdings: Die Bewertung von Video-Prüfungen ist in vielen Bildungsbereichen inzwischen Standard geworden und empirisch erforscht.[13] Sie eignet sich besonders gut zur Feststellung sogenannter prozessbezogener Kompetenzen: Wenn also nicht (nur) das Ergebnis einer Operation bewertet werden soll, sondern auch der Lösungsprozess, der zu diesem Ergebnis geführt hat. Damit stellen Video-Prüfungen ein ergänzendes Gegenstück zu vielen anderen elektronischen Prüfungen (insbesondere Multiple-Choice) dar. Das macht sie für die Hochschulbildung besonders interessant. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Prüflinge an Gesicht und Stimme eindeutig identifiziert werden können und dass ein klassisches Abschreiben nicht möglich ist. Geübten Korrektorinnen (sog. Kodiererinnen) fällt schnell auf, ob eine fremde Lösung vorgelesen wird.

Gerade weil es bei unserem Format entscheidend auch um die ganzheitliche Präsenz der Studierenden ging und verschiedene KollegInnen ohne Erfahrung in einem vergleichbaren Format beteiligt waren, war die Frage der Reliabilität tendenziell kritisch. Um diese bei Video-Prüfungen sicherzustellen, erge-

ben sich aus der empirischen Untersuchung folgende Regeln:

- 1) Es ist ein Kodierleitfaden zu entwickeln, der einfach und transparent, ggf. an Beispielen darstellt, ob die einzelnen Lösungen in die Kategorien sehr gut bis mangelhaft fallen.
- 2) Der Kodierleitfaden wird mit mehreren Prüferinnen gemeinsam entwickelt und abgestimmt (vier-Augen-Prinzip).
- 3) Die Länge des Videos ist klar limitiert, ähnlich wie es auch für die Klausurzeit gilt.
- 4) Jede Lösung wird von 2 KodiererInnen bewertet (auch hier vier-Augen-Prinzip). Hier ist die Limitierung der Länge des Videos essentiell, um den Workload gering zu halten.
- 5) Die Intercoder-Reliabilität, d.h. ob verschiedene KorrektorInnen dasselbe Video ähnlich bewerten, ist mit einem statistischen Maß (üblich: Cohen's Kappa) zu prüfen.

Aufgaben, die schlecht formuliert sind oder bei denen der Kodierleitfaden nicht ausreichend ist, fallen durch einen schlechten Kappa-Wert auf. Hier können die Verantwortlichen gezielt nachsteuern.

Bis auf die statistische Kontrolle wurden diese Prinzipien wie beschrieben in unserem Versuch berücksichtigt. Für künftige Durchläufe kann dies aber noch systematischer geschehen. Es gibt dazu auch Softwarelösungen, die beispielsweise einen automatisierten Workflow implementieren.

### 3.6. Feedback der Studierenden

Die Sicht der Studierenden lässt sich am besten anhand einiger Originalzitate wiedergeben:

- „... mir hat es sehr viel Spaß gemacht, ein Lösungsvideo aufzunehmen. Ich konnte mich selbst besser reflektieren, ob ich den Stoff wirklich verstanden hab. Die Zeit war auch gut, weil es außerhalb der Klausurenphase war. Im Vergleich zu ‚komischen‘ Online Klausuren, fand ich die Lösungsvideos machen, viel angenehmer. Das Mangel bei Online Klausuren ist denke ich auch dazu ein Problem. Ich finde das ziemlich privat über Zoom eine Klausur zu schreiben und je nach dem meine Wohnung genauer zu zeigen (?) Ich könnte mir auch vorstellen, dass ein Lösungsvideo gestalten auch von allen Themen einer Vorlesung besser ist, als eine Online Klausur. Die Motivation war definitiv vorhanden.“
- „... die Videos sind zwar aufwendig gewesen haben aber dafür mehr Spaß gemacht im Gegensatz zur normalen Klausur-Vorbereitung. Dadurch dass wir die Abgaben vor der richtigen Klausurenphase hatten war es machbar die innerhalb einer Woche zu bearbeiten und für die jetzigen Wochen ist es auch angenehmer für ein Fach weniger zu lernen. Zudem hat man die Themen/Aufgaben die man vorgestellt hat auch wirklich verstanden weil man alles in der Gruppe mehrmals durchgesprochen hat. Alles in einem fand

ich die Idee sehr gut, würde gerne öfters Videoabgaben als Klausurersatzleistung haben soweit es möglich ist.“

- „...die Videos zu machen war eine sehr gelungene Abwechslung zu der standard Routine der Klausurphase und hat die zudem auch noch um einiges entspannt. Außerdem hat mir die Art die Aufgaben zu erklären gefallen, indem man die Rechenschritte motivieren & erklären muss habe ich mich selbst auch viel ausführlicher im eigenen Verständnis geprüft als es z.B. in einer klassischen Klausurvorbereitung der Fall wäre. Videoabgaben als Klausurersatzleistungen wären mir auch zukünftig sehr willkommen“
- „mir hat die die Produktion des Videos auch sehr viel Spaß gemacht. Eine Woche war auch ein gutes Zeitfenster dafür. (...) Was schon mehrmals erwähnt wurde aber mich auch sehr sehr sehr gefreut hat war, dass man sich um die Videos noch außerhalb der Klausurphase kümmern konnte. Das nahm viel Stress aus der Klausurphase raus. Außerdem bin ich ein Klausurphobiker und schaffe es jedes Semester viele Punkte durch Flüchtigkeitsfehler zu verlieren. Das ist bei den Videos zwar nicht unmöglich aber deutlich schwieriger.“

Von der Motivation her war natürlich viel weniger Druck vorhanden. Dieser wurde aber durch die Abwechslung und auch durch das gegenseitige Anspornen mit meinen Kommilitonen deutlich kompensiert falls nicht sogar überboten. Zudem waren wir für die Note unseres Partners mitverantwortlich wodurch wir ihm eine gewisse Rechenschaft schuldig waren. Das kann in den ersten Semestern vielleicht durch Unzuverlässigkeit nach hinten losgehen kann aber genauso gut bei Kommilitonen, die man inzwischen zu guten Freunden zählt bzw. schon seit Jahren kennt umso mehr motivieren.

Was die Hand aufs Herz angeht... muss ich mir eingestehen, dass ich definitiv zwar das Thema wofür wir das Video gemacht haben drauf habe. Die anderen Themen hingegen hätte ich mir dann wahrscheinlich für die Klausur nochmal angeschaut und somit noch mehr vertieft. Ich weiß allerdings nicht in welchem Ausmaß das i-Tüpfelchen nach der Klausur noch relevant ist. Meistens nehme ich das Grundverständnis schon aus den Übungen und Übungsgruppen mit und in der Klausurvorbereitung wird eher auswendig gelernt und Routine mit den verschiedenen Aufgabenstellungen entwickelt, wovon bei mir zumindest nach den Klausuren wieder viel verloren geht. Was in den Kontext auch erwähnenswert ist, ist dass wir ja auch das Semester über wie für unseren Studiengang üblich Woche für Woche Übungsblätter abgeben mussten, wodurch wir uns ja auch mit den anderen Themen auseinander setzen mussten.“



### 3.7. Fazit

Videos oder allgemein multimedial erstellte Eigenleistungen bieten sich unabhängig von und auch nach der aktuellen Covid-19-Pandemie als interessante Alternative bzw. Ergänzung zur traditionellen schriftlichen Prüfung an. Sie trainieren gleichzeitig komplementäre Fähigkeiten wie die Darstellung komplexer Inhalte, Kommunikation, ggfs. Teamarbeit und ihre technische Umsetzung. Abhängig von der Wahl der Aufgabenstellung müssen keine Abstriche im inhaltlich-wissenschaftlichen Anspruch in Kauf genommen werden. Neben der Lösung von Aufgabenblättern sind take-home exams mit einer breiteren Wissensabfrage, Programmierprojekte, die ‚Journal Club‘-artige Darstellung wissenschaftlicher Literatur oder die Lösung mehrstufiger komplexerer Aufgaben („case studies“) denkbare Varianten.

Ein aus Sicht der Studierenden elementarer Aspekt ist, dass fast alle Prüfungen innerhalb des Studiums relevant für die Abschlussnote sind. Dies führt bei einem Teil der Studierenden zu ausgeprägtem Prüfungsstress, teilweise sogar Angst in der Klausurphase als periodisch wiederkehrendes Dauerproblem im Studium.[14] Die aktive Rolle der Studierenden beim Erstellen einer Videolösung, vor allem bei der Zeiteinteilung kann den Stressfaktor erheblich reduzieren. Dies trägt zur Entspannung der Prüfungsphase bei und fördert einen positiven Lerneffekt. Dieser Aspekt wird vom Feedback der Studierenden besonders bestätigt.

Nach unseren Erfahrungen mit diesem Pilotprojekt sind Videoprojekte nicht nur eine funktionierende Alternative zu konventionellen Klausuren. Sie zeichnen auch ein sehr viel differenzierteres Bild der Fähigkeiten und des Wissensstands der Studierenden als ursprünglich erwartet oder gar erhofft. Sie können typische Situationen von Prüfungsstress oder -angst entschärfen und fördern eine aktive, konstruktive und so auch differenzierte Auseinandersetzung mit der Prüfungsstoff. Dabei vereinen sie gleichzeitig Aspekte von schriftlicher und mündlicher Prüfung. Insgesamt steckt in dieser alternativen Prüfungsformen sehr viel Potential, das über die obligatorische Leistungskontrolle und Benotung der Studierenden hinausreicht.

### 4. Warum „Haben Sie noch Fragen?“ zu keinen Fragen führt

Ein Beitrag von Stephanie Wagner und Manuel Längle entstanden nach einem Arbeitskreis zu hybrider Lehre auf der Zusammenkunft aller Physikfachschaften des deutschsprachigen Raumes (ZaPF) im Sommersemester 2021.

Die meisten Studierenden kennen die Situation zu gut. Wir sitzen in der Vorlesung und plötzlich stellt die Lehrperson die Frage: „Haben Sie noch Fragen?“ und wir fühlen uns wie ein Reh im Scheinwerferlicht. Die Schreckstarre setzt ein und den Hörsaal überfällt eine durchdringende Stille. Die Gesichter

der Mitstudierenden sind vollkommen blank und lassen auf keine Emotionen mehr schließen. Erst das Fortfahren der Lehrperson – „Gut, wenn es keine Fragen gibt, mach ich jetzt weiter“ – lässt den Hörsaal wieder zum Leben erwachen. Diese Stille ist für viele zum Alltag an der Universität geworden. Sie bedeutet entweder, dass es nichts Unverstandenes gibt, oder, dass zwar Fragen offen sind, aber nicht ausgesprochen werden. Dementsprechend wird über das Unverstandene einfach hinweggegangen. Nun stellt sich die Frage, wie es gelingen kann, sich über Unverstandenes zu verständigen, statt darüber hinwegzugehen.

Das Ausbleiben von Nachfragen bewirkt meistens Frustration auf beiden Seiten, bei Lehrpersonen wie bei Studierenden. Da Lernprozesse nicht ohne Nachfragen funktionieren, ist es essenziell darüber nachzudenken, warum der Aufforderung für Fragen nicht nachgekommen wird.

Die Gründe sind vielfältiger Natur. Zum einen ist da die gefühlte Sanktionierung von Unwissen, entweder von den Lehrenden – „Die Lehrperson hält mich dann sicher für blöd!“ – oder den Studierenden – „Die Person stellt immer so unnötige Fragen“. Gleichzeitig ist es auch so, dass in Massenveranstaltungen, besonders in den ersten Semestern, Fragen zwar irgendwo erwünscht sind, gleichzeitig aber doch oft übergangen, abgetan, unzureichend beantwortet oder nicht ernstgenommen werden, da Lehrpersonen unter dem Eindruck stehen, ihren Stoff durchbringen zu müssen und daher keinen so großen Wert darauf legen, ob die Studierenden auch tatsächlich verstanden haben, was gerade geschieht. Auch, dass Studierende mit einem vermeintlich vollständigen Wissenskanon konfrontiert werden, hilft nicht, und vermittelt stattdessen die Annahme, dass sie sich nur besser hätten vorbereiten müssen, um mitzukommen. Nicht ohne Grund ist in vielen Erstseminsterveranstaltungen von Fachschaften eine der Schlüsselbotschaften an die Studierenden: „Stellt Fragen! Wenn ihr die Frage habt, dann hat sie der restliche Hörsaal auch. Lehrpersonen freuen sich und eure Mitstudierenden freuen sich.“ Auch die Struktur einer Vorlesung, erst einmal mit sämtlichem Wissen bombardiert zu werden, dieses nicht einordnen zu können und danach die Vorlesung nacharbeiten zu müssen, sorgt dafür, dass erst bei der Nacharbeitung, welche oft erst in der Klausurphase passiert, Fragen aufkommen.

Wie es eine Lehrperson auf den Punkt gebracht hat: „Studierenden wird abtrainiert, Fragen zu stellen. Um das zu ändern, müssen wir es Ihnen wieder beibringen“. Die Lösung für dieses Problem muss in einem Wandel der Lehr- und Lernkultur an den Universitäten liegen.

Ein anderes passendes Zitat dazu: „In einer Vorlesung können die Studierenden entweder konsumieren oder stören.“ Während Studierende in den ersten Semestern des Studiums voller Fragen stecken, auf-

grund derer sie das Studienfach schließlich auch gewählt haben, werden die Fragen im Laufe der Zeit immer weniger. Vielleicht müsste Studierenden gar nicht beigebracht werden, Fragen zu stellen, wenn es ihnen zu Beginn nicht abgewöhnt worden wäre.

Die Wissenschaft dreht sich primär um Unverstandenes und das Nachgehen von ungeklärten Fragen. In Studium und Ausbildung angehender Wissenschaftler:innen wirkt es jedoch häufig so, als sei jede Frage geklärt und das vorhandene Wissen nur dazu da, um es unhinterfragt einzusaugen. Wir begreifen Fragen als Chance für Lernprozesse und wollen hier einige Gründe für Schweigen nennen und damit verbunden Ansätze, um Diskussion zu fördern, welche an verschiedenen Orten entwickelt wurden. Hierbei handelt es sich um eine nicht vollständige Sammlung von unterschiedlichen Ideen und Konzepten, welche bei der ZaPF besprochen wurden.

#### 4.1. Radikale Änderung des Modus' einer Veranstaltung

Wer zu viele Fragen stellt, geht irgendwann mindestens einem Teil des Hörsaals auf die Nerven und wird als Störfaktor für den Verlauf der Veranstaltung wahrgenommen, gemäß des Mottos: Ein naturwissenschaftliches Grundstudium ist dafür da, Wissen vermittelt zu bekommen, nicht um zu diskutieren, dafür ist kein Platz. Inverted Classroom Konzepte sind gerade in Zeiten der Pandemie bei vielen Lehrenden und Studierenden sehr beliebt geworden. Eine Möglichkeit, eine Vorlesung zu ersetzen, wäre beispielsweise eine kürzere Version einer Vorlesung aufzunehmen, die Aufzeichnungen in Kleingruppen zu schauen und in regelmäßigen Pausen über das Verstandene und Unverstandene zu reflektieren. Tatsächlich braucht es dafür eigentlich keine neuen Medien. Manche Lehrenden haben die Kunst des ausführlichen Tafellöschens so sehr gemeistert, dass dieses den Zweck einer kurzen Diskussionspause ebenso erfüllt.

#### 4.2. Kleingruppen und Pausen, um Fragen zu finden

Eine sinnvollere Frage als „Gibt es noch Fragen?“ könnte „Welche Fragen gibt es noch?“ sein, denn es gibt immer Fragen. Wenn es noch keine Fragen gibt, dann haben Studierende noch nicht genug über den behandelten Stoff nachgedacht. Hier kann es hilfreich sein, kurze Pausen zu machen, im Optimalfall in Kleingruppen mit dem Auftrag über das gerade Besprochene zu diskutieren. An manchen Universitäten wird dies als Murmelgruppe bezeichnet. Erst indem im Gespräch und im Versuch gegenseitig Dinge erklärt werden, zeigen sich oft die eigenen Verständnislücken. Außerdem sorgt diese Methode dafür, aus einer „Ich“-Frage eine „Wir“-Frage zu machen. Damit outet sich eine studierende Person, die eine Frage stellt, nicht als unwissend, sondern nimmt die Rolle einer vertretenden Person mit dem Mandat, eine Gruppe zu vertreten, an.

#### 4.3. Schlechtes Gewissen als Grund für Schweigen

Das Design von Übungsgruppen spielt eine maßgebliche Rolle dabei, ob dort aktiver Austausch stattfindet oder nicht. Müssen Studierende beispielsweise eine gewisse Anzahl von Beispielen abgeben/ankreuzen und bekommen dies nicht hin, führt dies zu Abschreiben, um die nötige Punktzahl zu erreichen. Wenn Studierende jedoch ein Beispiel abgeschrieben haben, so werden sie keine Fragen zu diesem Beispiel mehr stellen, denn schließlich hätten sie es ja schon verstanden haben müssen. Gleichzeitig haben sie es offensichtlich nicht verstanden, da sie es abschreiben mussten. Wird nicht abgeschrieben, so schämen sich Studierende oft dafür, die Beispiele nicht hinbekommen zu haben und Fragen deshalb nicht nach, vermeintlich im Gefühl, als einzige nichts verstanden zu haben. Herausragend gute und empathische Lehrende können dem entgegensteuern, indem sie eine wertschätzende Atmosphäre schaffen, dies gelingt jedoch nicht allen. Zielführend wäre es in solchen Lehrveranstaltungen, eine Trennung der Lern- und Prüfungssituation herbeizuführen, indem beispielsweise Klausurzulassungen abgeschafft werden, wie es bereits mancherorts der Fall ist, zum Beispiel in Wien.

Ein ähnliches Phänomen kann zum Teil auch bei einem Inverted Classroom Konzept beobachtet werden, bei dem Studierende ein schlechtes Gewissen aufgrund ihrer unzureichenden Vorbereitung haben und keine Fragen stellen. Deshalb ist es besonders bei diesen Konzepten wichtig zu wissen, wie viel Material den Studierenden zumutbar ist.

#### 4.4. Selbst Fragen stellen

Eine andere Möglichkeit ist, dass Lehrende selbst Fragen formulieren, die sie erwarten würden oder die sie selbst interessant finden, um auf dieser Basis mit den Studierenden in eine Diskussion zu kommen. Das nimmt den Druck von Studierenden, Fragen zu äußern, und fördert den aktiven Austausch zwischen Lehrpersonen und Studierenden. Diese lernen dadurch außerdem, dass es aktiv gewünscht wird, Fragen zu stellen und dass Wissenschaft über Diskussionen funktioniert, für die es nicht wichtig ist, alles zu wissen. Durch diesen Ansatz wird versucht, Studierenden Diskussionen zu ermöglichen und so die kritische Auseinandersetzung mit den Inhalten der Veranstaltung zu erlernen.

#### 4.5. Schweigen, bis eine Frage kommt

Der Ansatz, als Lehrperson so lange zu schweigen, bis eine Person der Studierendenschaft eine Frage zur Vorlesung stellt, kann ebenfalls gewählt werden. Abhängig von der Atmosphäre in der Lehrveranstaltung kann dies produktiv oder destruktiv sein. Es kann den Studierenden Zeit und Raum geben, über den Inhalt der Vorlesung nachzudenken und Fragen zu formulieren, kann jedoch auch Druck aufbauen, unter welchem es schwierig ist, sich zu konzentrieren. Diese unangenehme Atmosphäre kann dazu füh-

ren, dass Studierende anfangen die Lehrveranstaltung zu meiden, da die Veranstaltung mit Druck und einer Atmosphäre von Angst verbunden wird. Außerdem kann die Lehrperson in Zeiten von „remote learning“ dann einfach vor einem Bildschirm mit lauter abgeschalteten Kameras sitzen. Möglichkeiten zu geben, zu reflektieren und zu überlegen, ist auf jeden Fall förderlich. Wenn diese Methode jedoch als Bestrafung wahrgenommen wird, wird sie scheitern.

#### 4.6. Fragen vorab per E-Mail einfordern

Das Angebot, Fragen per Mail an die Lehrperson zu schicken, sodass diese gesammelt im nächsten Tutorium besprochen werden können, wird häufig schon bereitgestellt. Dennoch bleiben die Postfächer meist leer und in den trotzdem stattfindenden Tutorien sitzen Studierende und Lehrende in Stille zusammen, während die Lehrpersonen versuchen zu erraten, was jetzt interessant sein könnte. Sich in diesem Moment Fragen zu überlegen, die Studierende haben könnten, ist jedoch auch etwas spät. Ein Lösungsansatz wäre, Tutorien nur stattfinden zu lassen, wenn im Vorhinein auch Fragen geschickt wurden, welche dann ausführlich beantwortet werden. Ein konsequenter Ansatz, der einerseits dazu anregt, Fragen zu formulieren, andererseits bestraft und sanktioniert und damit nicht wirklich zu einer angenehmeren Atmosphäre in der Lehre führt.

Studierenden sollte klar gemacht werden, dass sie keine Konsumierenden sind, dafür dürfen sie jedoch auch nicht wie solche behandelt, sondern müssen als aktiver Teil universitären Lernens verstanden werden. Gleichzeitig liegt es in der Verantwortung der Studierenden, sich selbst so zu begreifen und aktiv teilzunehmen. Sollte nicht ausreichend Zeit zur Verfügung stehen, sich auf Einheiten vorzubereiten, so sollte der Umfang des Materials gesenkt werden. Die Lehrenden könnten auch den Diskurs mit Studierenden über die Abwesenheit von Fragen suchen.

#### 4.7. Anonyme Fragen

Fragen anonym zu stellen, ist auf jeden Fall eine Möglichkeit, die die Interaktivität in Lehrveranstaltungen fördert. Dabei sollte niemals öffentlich gemacht werden, wer eine Frage gestellt hat. Anonym trauen sich Studierende, auch „dumme“ Fragen zu stellen, die oft gar nicht so dumm sind. Jedoch gilt auch hier wieder, dass Fragen ernstgenommen werden sollten, denn wenn die Fragen nicht ordentlich beantwortet werden, nutzt es den Studierenden auch nichts, welche zu stellen. Um Fragen zu filtern, können Online Tools verwendet werden, bei denen Fragen von Studierenden up- und downgevotet werden können. [15]

#### 4.8. Bewertete Fragen

Eine weitere Möglichkeit mehr Fragen zu erhalten, ist, bei der Abgabe der wöchentlichen Übungsblätter z.B. 5% der Gesamtpunktzahl für eine Frage zum aktuellen Vorlesungsstoff zu geben. Diese werden daraufhin gebündelt in vorbereiteter Form in der

nächsten Veranstaltung beantwortet. Für Lehrende wird so schnell klar, welche Themen der Vorlesung besonders schlecht verstanden wurden, und Studierende werden angeregt, ihren Lernprozess zu reflektieren und zu formulieren, was sie nicht verstanden haben, um die volle Punktzahl zu erreichen. Natürlich zwingt diese Methode Studierende, Fragen zu stellen, wenn sie 100% erreichen wollen. Für Übungsscheine sind allerdings nur 50% erforderlich und es können beliebige, nicht nur besonders schlaue Fragen gestellt werden, die dann anonym beantwortet werden. In einer angenehmen Atmosphäre führt diese Methode durchaus zu einer Kultur des Diskutierens und Fragenstellens, andererseits kann dies auch zu vermehrtem Stress führen. Die Reflexion über das eigene Nichtwissen ist essenziell für Lernprozesse. Sofern auf Klausurzulassungen/ Beurteilung von Übungen bestanden wird, ist dies jedenfalls eine sinnvollere Art herauszufinden, was verstanden wurde, als Studierende zum Abschreiben von Übungsbeispielen zu motivieren.

#### 4.9. Minitests und Online-Lehrplattformen

Bei dieser Methode bauen Lehrende kurze Quizfragen in ihre Videos ein, die in Moodle oder mithilfe eines anderen Werkzeugs beantwortet werden sollen. Im Fall einer falschen Antwort wird eine kurze Erklärung gegeben und auf den jeweiligen Abschnitt der Vorlesung hingewiesen, der das Thema näher erläutert. So können Lücken von Studierenden selbstständig aufgearbeitet werden, ohne sich überwinden zu müssen, in einem Hörsaal vor vielen anderen Studierenden eine Frage zu stellen. Moodle kann genutzt werden, um in Musterlösungsvideos oder durch Hochladen von Musterlösungen typische Probleme von Studierenden zu behandeln oder typische Fragen zu beantworten. So wird Studierenden bewusst, welche anderen Fragen existieren und dass ihre eigenen Fragen nicht dümmer als alle anderen sind.

Auch ist es möglich, zu jeder Vorlesung ein kurzes Quiz mit Verständnisfragen in Multiple-Choice-Form über Moodle zu machen, in dem Studierende selber feststellen, was sie nicht verstanden haben. So ergeben sich für die nächste Vorlesung unter Umständen Fragen, die direkt gestellt werden können, da Studierende Anreiz und Zeit dazu hatten, sich bewusst zu machen, was sie nicht verstanden haben. Dies lässt sich auch mit kurzen Breakout-Rooms oder Murrelgruppen verbinden, um den Studierenden zusätzlich Möglichkeit zum Austausch zu geben.

Die Frage, warum keine Fragen gestellt werden, ist irreführend. Stattdessen sollten wir uns fragen, wie wir eine Atmosphäre kreieren können, in der Fragen nicht abgetan, lächerlich gemacht, übergangen oder schlecht beantwortet, sondern wertgeschätzt und konstruktiv behandelt werden. Wir müssen von einer Kultur des „Alles wissen müssen“ zu einer Kultur des „Dinge lernen wollen“ übergehen, in der Fragen

und Interesse die wichtigsten Komponenten des Lernens sind. Dies stellt das zum Teil existierende Bild von Dozierenden als allwissende Wesen in Frage und macht sie mehr zu begleitenden Coaches auf dem Weg zum wissenschaftlichen Arbeiten.

Viele Vorlesungen, besonders vor der Coronazeit, sind und waren so aufgebaut, dass alles logisch, schlüssig und einfach erscheint, sodass Studierende sich ihrer Fragen erst durch das explizite Überprüfen des Inhaltes bewusst werden. Für die meisten von uns ist dies simultan zur laufenden Vorlesung nur schwer möglich. Und selbst wenn Verständnisschwierigkeiten identifiziert, eine Frage formuliert und die Möglichkeit gegeben ist, sie zu stellen, besteht immer noch die Möglichkeit einer abwertenden Reaktion, die dafür sorgt, in Zukunft besser keine Fragen mehr zu stellen. Ein guter Indikator für Lehrende dafür, ob sie Fragen wertschätzend und gut behandeln, kann daher sein, ob es im Laufe des Semesters mehr oder weniger Fragen werden.

Wir sehen die Verantwortung für den Kulturwandel bei beiden Gruppen. Studierende sollten versuchen ihre Neugierde und ihre Fragen zu behalten. Es ist nicht optional, sondern notwendig, Fragen zu stellen, und einzufordern, Unverstandenes erklärt zu bekommen. Lehrende sollten dies ernst nehmen und Interesse und Neugierde fördern, statt diese zu lähmen. Dies sagt sich sehr leicht, doch ist es sehr schwierig und viele herausragende Lehrpersonen geben ihr Bestes in den Rahmenbedingungen, in denen sie operieren. Hier können wir nur raten, Fortbildungen und Kurse zu besuchen, um sich selbst für diese Dinge zu sensibilisieren.

Insgesamt braucht es eine Atmosphäre des gemeinsamen Lernens und Diskutierens, frei von Angst vor Prüfungen, Beurteilung und sozialer Ächtung. Veranstaltungen können so entwickelt werden, dass Zeit und Raum für Unverstandenes geboten wird, und es kann eingefordert werden, dass Studierende ihren Beitrag dazu leisten, jedoch nur dann, wenn es einen angenehmen und wertschätzenden Rahmen gibt, um Fragen zu diskutieren.

## 5. Redet über die Daten!

### Forschungsdatenmanagement und Hochschullehre in der Physik und darüber hinaus

Ein Beitrag von Philipp Jaeger, Janice Bode

Im Physikstudium wird der Umgang mit allerlei mathematischen Konzepten, Theorien und komplexen Messgeräten erlernt. In den Praktika wird gemessen, abgespeichert, ausgewertet, Messfehler analysiert – wir alle erinnern uns. Und doch steht der sprichwörtliche Elefant mitten im Raum, über den nicht gesprochen wird: die Daten selbst.

Aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung stehen uns heute mehr Daten und Informationen jederzeit zur Verfügung als jemals zuvor, etwa in Online-Enzyklopädiën, Nachrichtenportalen, Suchmaschinen, etc. Auch in der Forschung nimmt die Bedeutung

großer Datenmengen zu und manifestiert sich in Initiativen wie der European Open Science Cloud[16] (EOSC) oder in Deutschland in der nationalen Forschungsdateninfrastruktur[17] (NFDI).

Doch zurück zum physikalischen Grundpraktikum, das im Folgenden als Beispiel dienen soll. Selbst bei sehr einfachen Experimenten müssen Daten so abgelegt werden, dass sie im Nachhinein für den oder die Studierende interpretierbar sind – was wurde wie und mit welchem Instrument gemessen, wie groß sind die Messfehler, aber auch externe Faktoren, wie beispielsweise die Raumtemperatur oder der Luftdruck bei Experimenten zur Thermodynamik.

### 5.1. Digitalisierung des Studiums: Forschungsdatenmanagement im Grundpraktikum

Anhand dieser Metadaten kann später nachvollzogen werden, wo bei der Durchführung des Experiments Probleme aufgetreten sind. Je umfangreicher diese Metadaten sind, desto wertvoller wird der Datensatz insgesamt, etwa weil er auch für Dritte nachvollziehbar wird, wenn eine ausreichend genaue Beschreibung der Messapparatur beiliegt. Werden solche Datensätze – nennen wir sie Datenobjekte – in einer Form abgelegt, die sie anhand der Metadaten vergleichbar macht, kann eine Auswertung der kumulierten Daten völlig neue Antworten liefern, z.B. in Bezug auf temperaturbedingte jahreszeitliche Schwankungen der Resultate oder Materialermüdung in mechanischen Komponenten der Apparatur.

Eine notwendige Voraussetzung für die Nachnutzung von Daten und damit für ein funktionierendes Forschungsdatenmanagement (FDM) ist, dass sie auch nach Jahren noch auffindbar sind. Umfangreiche Metadaten ermöglichen in Kombination mit offenen Lizenzen einen leichten Zugang. Durch die Verwendung standardisierter Dateitypen wird gewährleistet, dass die Daten leicht mit unterschiedlichen Anwendungen bearbeitet werden können und der Zugang möglichst nicht von proprietärer Software abhängt. Kurz zusammengefasst sollten Daten, wo immer möglich, den oben beschriebenen FAIR-Prinzipien[18] (nach den englischen Begriffen findable, accessible, interoperable und reusable) entsprechen.

FAIRe Datenobjekte[19] (FDO) sind wie am oben stehenden Beispiel gezeigt der elementare Baustein nachhaltiger Datennutzung. Der Umgang mit Daten wird klassischerweise im Zuge des Grundpraktikums erstmals ausführlicher gelehrt. Diese Gelegenheit sollte genutzt werden, um frühzeitig den Mehrwert gemeinsamer Datennutzung zu vermitteln und dem derzeit weit verbreiteten Datenprotektionismus vorzubeugen. Die Zusammenkunft aller deutschsprachigen Physikfachschaften (ZaPF) hat diesbezüglich 2020 Vorschläge vorgelegt[20], die auch der Diskussion um Open Science Rechnung tragen.

### 5.2. Technische Möglichkeiten von FDO

Wie bei de-facto-Standards zum Datenaustausch im Internet – etwa HTML-Seiten für formatierten Text

oder JSON für komplexere Objekte – können FDO ein sehr abstraktes Vehikel für jede Art von Daten sein. Dies gilt insbesondere auch für große Datenmengen, die man in der Regel nicht bei der ersten Anfrage an den Server übertragen möchte, da oft nur ein kleiner Teil davon wirklich beim Client gebraucht wird. Sowohl HTML als auch JSON können Spezifizierungen eines FDO-Standards sein, ebenso wie sehr große Dateien auf einem Object-Storage-Dateisystem, in denen Metadaten und das eigentliche Objekt schon konzeptuell getrennt sind und nicht notwendig auf derselben Festplatte oder demselben Rechner gespeichert sind.

Intelligente Speicherungs- und Cachingmechanismen können dabei eine hohe Verfügbarkeit und durch dezentrale Datenaufbewahrung Ausfallsicherheit gewährleisten. Dabei gehen einzelne Repositorien in so genannten Data Lakes auf, deren Struktur der des Internets selbst ähnelt. Durch geeignet abgesicherte Identifizierungscodes bleibt auch bei verteilter Datennutzung nachvollziehbar, welche Forschenden einen Datensatz zur Verfügung gestellt haben, sodass dieser bei daraus resultierenden Publikationen über einen Digital Object Identifier[21] (DOI) zitiert werden kann.

Wissenschaftspolitisch hätte dies den Nebeneffekt, dass sich FDO mittelfristig neben Veröffentlichungen in anerkannten Peer-Review-Zeitschriften als eine weitere Währung für akademischen Erfolg etablieren könnten. Hier bleibt die Frage zu klären, inwieweit eine Qualitätssicherung und Kuration von FDO notwendig ist und wie diese aussehen kann, ohne den freien Zugang zum Data Lake unnötig zu verkomplizieren, vor allem aber ohne hohe Kosten für dessen Nutzung zu verursachen – es sei an die laufende Debatte um predatory Journals und die Rolle der großen Wissenschaftsverlage erinnert. Positive Beispiele sind etwa Zenodo[22] oder das Open Science Framework (OSF)[23]. Es dürfen in diesem Prozess auf keinen Fall Institutionen entstehen, die eine „Gate Keeper“-Funktion haben. Auch diese Diskussion findet – z.B. durch die Monopolstellung großer Digitalkonzerne befeuert – bereits in den Medien statt. Lehren daraus sollten also schon in der Konzeption zukünftiger Infrastrukturen berücksichtigt werden.

### 5.3. Transdisziplinäre Ausgestaltung von FDM-Systemen

Aufmerksamen Lesenden dürfte nicht entgangen sein, wie universell FDO einsetzbar sind. Wie oben beschrieben können viele der heute üblichen Standards zur Datenübertragung im Internet leicht so modifiziert werden, dass sie den FAIR-Prinzipien entsprechen – es ist also nur folgerichtig, die Umsetzung von FDM-Systemen jenseits des Kontexts und der Anwendungsfälle einzelner Disziplinen zu betrachten. Damit rücken automatisch der Forschungsgegenstand und die eingesetzten Methoden in den Vordergrund. Bei Letzteren kommen zu den eta-

bierten Methoden der Fachwissenschaft die der technologiegestützten Datenanalyse hinzu, wie etwa der Einsatz künstlicher Intelligenz zur Transkription und strukturierten Repräsentation von Texten oder die automatisierte Suche nach statistischen Anomalien der zugrunde liegenden Daten.

Die rasante Digitalisierung der letzten Jahrzehnte zeigt die Notwendigkeit eines solchen Konzepts im Umgang mit Daten. So hat sich gemäß Moore'schem Gesetz[24] die Transistordichte in elektronischen Komponenten zwischen 1965 und 2020[25] etwa alle zwei Jahre verdoppelt. Die Leistung von modernen Supercomputern liegt im ExaFLOP-Bereich[26, 27] und Smartphones haben mehr Rechenleistung als den Apollo-Mondmissionen der späten 1970er Jahre zur Verfügung stand. Im internationalen Vergleich liegt Deutschland auch in Sachen FDM im Mittelfeld: In Nordamerika müssen Forschungsprojekte in naher Zukunft FDM-Konzepte vorlegen, während in anderen EU-Ländern viel stärker mit offenen Lizenzen gearbeitet wird als hierzulande[28]. Sowohl die deutliche Zunahme der zur Verfügung stehenden Rechenleistung und der Datenmengen als auch mindestens vergleichbare Bestrebungen im internationalen Vergleich zeigen, dass ein neuer Umgang mit Forschungsdaten erforderlich ist.

Die NFDI riskiert in ihrer aktuellen Struktur aus voneinander weitgehend unabhängigen Konsortien der Einzeldisziplinen, eine absehbare Entwicklung nicht ausreichend vorweg zu nehmen. Die Querschnittaspekte der Konsortien der einzelnen Disziplinen – von Überlegungen zum wissenschaftstheoretischen Hintergrund über die konkrete Umsetzung einer FDM-Infrastruktur bis zu tragfähigen Konzepten zur digitalen Transformation in der Breite der akademischen Community und der Gesellschaft als Ganzem – müssten stärkere Berücksichtigung finden. Zum jetzigen Zeitpunkt hätte das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Chance diese Prozesse mit zusätzlichen Mitteln anzustoßen und den Wissenschaftsstandort Deutschland in Sachen Digitalisierung wieder in eine Führungsrolle zu bringen.

Derart tiefgreifende Veränderungen sind nicht in der Breite realisierbar, wenn sie allein von den NFDI-Konsortien umgesetzt werden sollen. Stattdessen können alle zukünftigen Forschenden mit deutlich geringerem Aufwand schon im Studium erreicht werden, wie oben im Fall des physikalischen Grundpraktikums skizziert. Dabei muss gewährleistet werden, dass alle Studierenden, die das Grundpraktikum absolvieren, in gleichem Maße von den Neuerungen profitieren. Insbesondere für Studierende, die das Praktikum im Nebenfach oder als Importmodul absolvieren, muss ebenfalls ein Mehrwert entstehen, etwa durch die Betonung methodischer anstatt fachlicher Kompetenzen. Mit dieser Schwerpunktsetzung wird ein transdisziplinärer Arbeitsansatz implizit mit gestärkt, bei dem, im Gegensatz etwa zur interdisziplinären Forschung, der Gegenstand der Forschung

und die verwendeten Methoden ins Zentrum rücken und die unterschiedlichen Sichtweisen einzelner Disziplinen in den Hintergrund treten. Voraussetzung hierfür ist die strukturelle Integration von FAIRem FDM in die Lernziele von Studiengängen und in möglichst verschiedene Module im gesamten Studium.

#### 5.4. Ein Realitätscheck

Die gesetzlichen Regelungen sehen vor, dass die Qualifikationsziele von Studiengängen dem Abschlussniveau entsprechen und zu einer wissenschaftlichen Tätigkeit bzw. einer qualifizierten Erwerbstätigkeit befähigen[29]. Insbesondere folgt daraus, dass in der Studiengangentwicklung nicht nur der Status quo Berücksichtigung finden muss, sondern auch absehbare Entwicklungen der kommenden Jahre vorweggenommen werden müssen.

Typische Physikstudiengänge sind sehr stark inhaltsbasiert konzipiert – es werden die traditionellen Themen Mechanik, Elektrodynamik, Optik, Quantenmechanik, etc. gelehrt. Die meisten Studiengänge sind auf den Empfehlungen der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) zum Bachelor- und Masterstudium[30] von 2010 bzw. dem vorhergehenden Papier zur Umstellung der früheren Diplomstudiengänge[31] von 2005 aufgebaut, die sich wiederum auf eine lange Tradition der inhaltlichen Gestaltung von Physikstudiengängen berufen. In der Astronomie oder Teilchenphysik sind Experimente häufig zu groß und kostenintensiv, um sie an anderer Stelle nachzubauen. So kommt beim ATLAS-Experiment am CERN bereits eine FDM-Lösung zum Einsatz[32]. Hier werden kontinuierlich Daten akkumuliert und damit die statistische Signifikanz der Messungen verbessert. Ähnliche Repositorien sind z.B. mit dem MAST-Archiv[33] in der Astronomie etabliert. Das Verfügbarmachen experimenteller Rohdaten ist hier von entscheidender Bedeutung, damit die Datenanalyse vollständig nachvollziehbar ist und somit ein Mindestmaß an Reproduzierbarkeit gewährleistet werden kann.

Diese Beispiele zeigen, dass sich die Rahmenbedingungen des Physikstudiums und des Forschungsalltags fundamental verändert haben. Allerdings scheint dies bisher keine wesentliche Veränderung der Art, wie Physik in Schule und Hochschule unterrichtet wird, bewirkt zu haben. Man muss fragen, ob die Ziele physikalischer Bildung nicht mittlerweile an den gesellschaftlich relevanten Themen vorbeigehen. Eine digitale und interaktive Gestaltung der Praktika, sodass Studierende neben der Arbeit mit Daten auch die Entwicklung experimenteller Aufbauten erlernen, ist dringend notwendig. Außerdem wäre eine Nutzung – bevorzugt quelloffener und frei lizenzierter – digitaler Tools, die dazu geeignet sind, kollaboratives und studierendenzentriertes Lernen zu fördern, wünschenswert. Damit würde auch die gesetzlich vorgesehene kompetenzorientierte Überprüfung von Lernzielen[29] deutlich vereinfacht.

#### 5.5. Die niedrig hängenden Früchte

Die tiefer gehenden Aspekte von FDM-Systemen bedeuten weitreichende Umstrukturierungen in Forschung und Lehre. Allerdings können, wie bereits am Beispiel des physikalischen Grundpraktikums beschrieben, erste Schritte sehr leicht gegangen werden. Etwa könnten Studierendengruppen leicht unterschiedliche Versuche durchführen, ihre Messdaten miteinander teilen und dann jeweils eine Auswertung unter Berücksichtigung aller Messdaten anfertigen, ohne dass die Bewertung der individuellen Leistungen der Studierenden im prüfungsrechtlichen Sinne beeinträchtigt wäre. Hierbei wird nicht nur wie bisher das Experimentieren und Protokollieren der Ergebnisse erlernt, sondern auch das Aufbereiten der eigenen und der Umgang mit fremden Daten. Darüber hinaus sollte ein kritischer Umgang mit den eigenen Daten hinsichtlich der Ursachen von statistischen und systematischen Abweichungen, der Überprüfung theoretischer Erwartungen, und der Aussagekraft der durchgeführten Messreihen gefördert werden.

Weiter könnten alleinstehende Module, beispielsweise in Master-Studiengängen im Wahl- oder Wahlpflichtbereich, geschaffen werden. Dies öffnet die Möglichkeit, in der Konzeption und Durchführung des Moduls verschiedene Disziplinen zu beteiligen und deren jeweilige Rezeption von Forschungsdaten zu berücksichtigen und gleichzeitig übergreifende Konzepte wie FDO, Repositorien, Metadaten und die FAIR-Prinzipien zu thematisieren. Soweit diese auf konkrete, interdisziplinäre Beispiele angewendet werden, wird in einem solchen Modul sehr einfach eine objekt- und methodenbasierte, transdisziplinäre Arbeitsweise vermittelt. Für Promovierende und Forschende in den ersten Karriereabschnitten können passende Angebote in Form von Summer Schools geschaffen werden. Diese sollten sowohl fachspezifische Inhalte als auch Querschnittsthemen im zuvor beschriebenen Sinne beinhalten.

Entsprechend der vorzunehmenden Änderungen müssen die vorgesehenen Lernziele angepasst und um entsprechende digitale und datenspezifische Kompetenzen und Qualifikationsziele erweitert werden. Das „Hochschulforum Digitalisierung“ hat dazu unter Beteiligung der Hochschulrektorenkonferenz (HRK) ein Diskussionspapier[34] vorgelegt. Nach Abschlussniveaus gestufte Vorschläge der ZaPF zur Integration von FDM-Inhalten in Physikstudiengänge[35] werden zeitnah veröffentlicht. Auf dieser Basis können im nächsten Akkreditierungszyklus entsprechende Lernziele in Studiengänge integriert werden.

Auf diese Weise entsteht ein Bewusstsein für einen FAIRen Umgang mit Daten. Gleichzeitig wird mit niedrigem Aufwand ein großer Personenkreis erreicht. Dies wird auch die langfristigen Ziele der NFDI – die Schaffung breit angelegter Repositorien

und Data Lakes – deutlich vereinfachen, da der erste Schritt zu einem systematischen FDM bereits getan ist. Vor allem aber können Studierende und Forschende durch eine vereinfachte Kontrollmöglichkeit ihrer eigenen Ergebnisse und bessere Nachvollziehbarkeit und Weiternutzbarkeit von Publikationen unmittelbar von zitierbaren Datensätzen und deren vereinfachter Vergleichbarkeit profitieren.

## 6. Weitere Informationen

Weitere Infos zum Studienreformforum und seinen Aktivitäten sowie ältere Beiträge finden sich auf der zugehörigen Webseite:

[www.studienreform-forum.de](http://www.studienreform-forum.de)

## 7. Literatur & Anmerkungen

- [1] <https://studienreform-forum.de/de/forum-2020/call-papers-2020/> (Stand: 5/2021)
- [2] BRACKERTZ, Stefan et al. (2019). Forum Studienreform. In: PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2019.
- [3] [https://www.youtube.com/watch?v=kNVKX-KUIRKY&list=PLxBGoo9cyo3-gl0SC\\_7TUfl-Z8jFiCXtOT](https://www.youtube.com/watch?v=kNVKX-KUIRKY&list=PLxBGoo9cyo3-gl0SC_7TUfl-Z8jFiCXtOT) (Stand 28.1.2020)
- [4] F.-J. Schmitt, T. Schönemann, F. Kruse, F. Egbers, S. Delitzscher, J. Weissenborn, A. Aljanazrah, T. Friedrich (2015): Targeted Inversion of the Tutorials in “Mathematics for Chemists”, A Case Study, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2015/4, 191-200 (2015) (Stand 28.01.2020)
- [5] F.-J. Schmitt, F. Kruse, F. Egbers, S. Delitzscher, T. Schönemann, B. Theis, S. Wilkening, M. Moldenhauer, R. Wiehe, M. Willoweit, C. Keuer, A. Aljanazrah, T. Friedrich (2017): Effectiveness of Using Interactive Targeted Inverted (IGT)–Education on Students’ Learning at the Technische Universität Berlin, Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, 2146-2153 (2017), (Stand 28.01.2020)
- [6] A. Aljanazrah, F.-J. Schmitt, T. Friedrich, Evaluation of the use of flipped classroom based tutorials in “mathematics for chemists” course from students’ perspective, Research Highlights in Education and Science 150 (2017), (Stand 28.01.2020)
- [7] F. Schmidt, F.-J. Schmitt, L. Böger, A. Wilhelm-Weidner, N. Torjus, Digital Teaching and Learning Projects in Engineering Education at Technische Universität Berlin, ASEE 2019 Conference Proceedings (2019) (Stand 28.1.2020)
- [8] F.-J. Schmitt, C. Schröder, Z. Yenice Campbell, S. Wilkening, M. Moldenhauer, T. Friedrich, Self-dependent students in transdisciplinary projects tend to higher interest in sustainability research, Education Excellence for Sustainable Development, SEFI Annual Conference 2017, 25-32, (Stand 28.01.2020)
- [9] F.-J. Schmitt, Z. Yenice Campbell, H.-J. Schwab, M. Weinkauf, C. Schröder, Forschendes Lernen in der Studiengangsphase – die Projektlabore im Orientierungsstudium MINT-grün Greifswalder Beiträge zur Hochschullehre, Okt. 2018, S. 75 ff.
- [10] F.-J. Schmitt, Z. Yenice Campbell, J. Lefebvre, F. Graeger, S. Frielingsdorf, N. Budisa Studierendenzentrierte Projekte nach dem Prinzip des forschenden Lernens stiften hohe Motivation, Proceedings des MINT Symposiums Nürnberg, 26./27.9.2019
- [11] vergl. z.B. Niclas Schaper: „Prüfungsanforderungen und -praxis nach Bologna“ In: Forschung & Lehre 10/2017, <https://www.forschung-und-lehre.de/pruefungsanforderungen-und-praxis-nach-bologna-155/>, zuletzt abgerufen am 22.5.2021
- [12] vergl. z.B. „Faires Prüfen – Validität, Reliabilität und Objektivität“ Hochschuldidaktisches Infoportal der TU Darmstadt, [https://www.einfachlehren.tu-darmstadt.de/themensammlung/details\\_8960.de.jsp](https://www.einfachlehren.tu-darmstadt.de/themensammlung/details_8960.de.jsp), zuletzt abgerufen am 22.5.2021
- [13] vergl. z.B. exemplarisch: Kiehl C, Simmenroth-Nayda A, Goerlich Y, Entwistle A, Schiekirka S, Ghadimi BM, Raupach T, Koenig S. Standardized and quality-assured video-recorded examination in undergraduate education: informed consent prior to surgery. J Surg Res. 2014 Sep;191(1):64-73. doi:10.1016/j.jss.2014.01.048. Epub 2014 Jan 30. PMID: 24746952
- [14] „Studierendenstress in Deutschland – eine empirische Untersuchung“ AOK-Bundesverband (2016), III, 80 S., [https://web.archive.org/web/20200725065947/https://www.ph-ludwigsburg.de/uploads/media/AOK\\_Studie\\_Stress.pdf](https://web.archive.org/web/20200725065947/https://www.ph-ludwigsburg.de/uploads/media/AOK_Studie_Stress.pdf), zuletzt abgerufen am 14.8.2021
- [15] <https://www.onlinequestions.org/> (Stand 5/2021)
- [16] [eosc-portal.eu/about/eosc](http://eosc-portal.eu/about/eosc) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [17] [www.dfg.de/foerderung/programme/nfdi](http://www.dfg.de/foerderung/programme/nfdi) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [18] Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. Sci Data 3, 160018 (2016). [doi.org/10.1038/sdata.2016.18](https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [19] De Smedt, K., Koureas, D., & Wittenburg, P. (2020). FAIR digital objects for science: from data pieces to actionable knowledge units. Publications, 8(2), 21.
- [20] Positionspapier zu FAIR und Open Data im physikalischen Praktikum, ZaPF, 2020 [zapfev.de/resolutionen/wise20/opendata/opendata.pdf](https://www.zapfev.de/resolutionen/wise20/opendata/opendata.pdf) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)



- [21] DOI Handbook, [dx.doi.org/10.1000/182](https://dx.doi.org/10.1000/182) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [22] Zenodo Open Library, OpenAIRE/CERN [zenodo.org](https://zenodo.org) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [23] Open Science Framework, Center for Open Science [osf.io](https://osf.io) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [24] G. E. Moore, Cramming more components onto integrated circuits, Reprinted from Electronics, volume 38, number 8, April 19, 1965, pp.114 ff., in IEEE Solid-State Circuits Society Newsletter, vol. 11, no. 3, pp. 33-35, Sept. 2006, [dx.doi.org/10.1109/N-SSC.2006.4785860](https://dx.doi.org/10.1109/N-SSC.2006.4785860) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [25] Ob Moore's Gesetz noch gilt und wie lange es Gültigkeit behalten wird ist umstritten, siehe z.B. [arxiv.org/abs/1511.05956](https://arxiv.org/abs/1511.05956) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [26] FLOP: floating point operation per second – Anzahl and Rechenoperationen pro Sekunde. 1 ExaFlop = 10<sup>18</sup> FLOP
- [27] T. Ishikura, No contest: Japan's Fugaku again fastest supercomputer, The Ashai Shimbun, 2020, [www.asahi.com/ajw/articles/13938448](https://www.asahi.com/ajw/articles/13938448) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [28] RfII – Rat für Informationsinfrastrukturen, Entwicklung von Forschungsdateninfrastrukturen im internationalen Vergleich, Göttingen (2017). [rfii.de/?p=2346](https://rfii.de/?p=2346)(zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [29] Studienakkreditierungsstaatsvertrag Art. 2 Abs (3), [www.akkreditierungsrat.de/sites/default/files/downloads/2019/Studienakkreditierungsstaatsvertrag.pdf](https://www.akkreditierungsrat.de/sites/default/files/downloads/2019/Studienakkreditierungsstaatsvertrag.pdf) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [30] [www.kfp-physik.de/dokument/KFP\\_Handreichung\\_Konzeption-Studiengaenge-Physik-101108.pdf](https://www.kfp-physik.de/dokument/KFP_Handreichung_Konzeption-Studiengaenge-Physik-101108.pdf) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [31] [www.kfp-physik.de/dokument/Empfehlungen\\_Ba\\_Ma\\_Studium.pdf](https://www.kfp-physik.de/dokument/Empfehlungen_Ba_Ma_Studium.pdf) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [32] ATLAS Open Data, [atlas.cern/resources/open-data](https://atlas.cern/resources/open-data) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [33] Mikulski Archive for Space Telescopes (MAST), [archive.stsci.edu/about-mast](https://archive.stsci.edu/about-mast) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [34] Hochschulforum Digitalisierung. 20 Thesen zur Digitalisierung der Hochschulbildung, Arbeitspapier Nr. 14, Berlin, 2015. [hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD\\_AP\\_Nr\\_14\\_Diskussionspapier.pdf](https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_Nr_14_Diskussionspapier.pdf) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)
- [35] Einbindung von Forschungsdatenmanagement in der Lehre, ZaPF, 2021. [zapfev.de/resolutionen/sose21/fdm/fdm.pdf](https://zapfev.de/resolutionen/sose21/fdm/fdm.pdf) (zuletzt abgerufen am 26.5.2021)