

Workshop: Alternative Übungskonzepte - Ein Beitrag des Studienreform-Forums -

Antonia Bauer¹, Stefan Brackertz^{2,3}, Amr El Miniawy⁴, Rochus Klesse⁵, Jana Lasser^{6,7}, Manuel Längle⁸, Lisa Lehmann⁹, Malte Schröder¹⁰, Annemarie Sich², Simon Tautz¹¹

¹Friedrich-Alexander-Universität, Department Physik, ²Universität zu Köln, Fachschaft Physik, ³Universität zu Köln, I. Physikalisches Institut, ⁴Humboldt-Universität zu Berlin, FSI Physik, ⁵Universität zu Köln, Institut für Theoretische Physik, ⁶Technische Universität Graz, Institut für Institute of Interactive Systems and Data Science, ⁷Complexity Science Hub Vienna, ⁸Universität Wien, ⁹Technische Universität Dresden, Fachschaft Physik, ¹⁰Technische Universität Dresden, Chair for Network Dynamics, Center for Advancing Electronics Dresden (cfa-ed) and Institute for Theoretical Physics, ¹¹IPN Kiel

orga@studienreform-forum.de

Kurzfassung

Übungen sind ein wichtiger Bestandteil des Physikstudiums und machen einen großen Teil der Arbeit sowohl der Studierenden als auch der Lehrenden aus (vgl. [1]). Typischerweise gibt es eine gute Betreuungsrelation und dennoch bleiben sie oftmals hinter den Möglichkeiten zurück: Betretenes Schweigen und wenig sinnvolles Anschreiben einer Musterlösung an die Tafel haben wohl alle schon einmal erlebt. Eine systematische Erhebung im Rahmen einer Masterarbeit hat jüngst bestätigt, dass noch immer fast überall wenig kognitiv anregende Formate vorherrschen, bei denen z.B. der große Aufwand, der typischerweise in die Korrektur von Abgaben gesteckt wird, auch tatsächlich produktiv gemacht wird, um Studierende bei ihrem Lernfortschritt zu unterstützen (vergleiche z.B. [2]).

Im Workshop haben wir ausgehend von dieser Erhebung die aktuelle Situation reflektiert sowie alternative Modelle vor- und zur Diskussion gestellt.

1. Der Workshop

Das Studienreform-Forum trägt bereits seit Jahren u.a. konkrete Beispiele für erprobte Studienreform-Konzepte zusammen, um so Erfahrungen zu dokumentieren und dazu anzuregen, an der eigenen Hochschule die Weiterentwicklung von Studiengängen in den Fokus zu rücken. Abgesehen davon, dass es bisher wenig wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Weiterentwicklung von Physikstudiengängen gibt, gibt es dabei die Besonderheit, dass über die Gestaltung der konkreten Lehrveranstaltung hinaus immer auch der Gesamtstudiengang und die (Weiterentwicklung der) Kultur im Fachbereich im Blick behalten werden.

Eine entscheidende Erkenntnis des Studienreform-Forums ist, dass die Physikstudiengänge in Deutschland – wenn sie auch in der Summe ähnlich viele Credit Points in den einzelnen Bereichen der Physik haben mögen – recht unterschiedlich konzipiert sind (vgl. [3]), was angesichts der Diversität der Forschungslandschaft und des Anspruchs von Einheit von Lehre und Forschung auch erstrebenswert ist. Dementsprechend ist das Anliegen nicht, „das perfekte Konzept“ zu finden; vielmehr geht es bei den Studienreform-Beispielen, die das Studienreform-Forum sammelt, vor allem darum, die Gründe herauszuarbeiten, aus denen etwas besonders gut (oder schlecht) funktioniert, um die Ideen einerseits gezielt

weiterentwickeln und andererseits an anderen Standorten (durchaus auch in Veranstaltungsformaten, die auf den ersten Blick ganz anders aussehen) adaptieren zu können.

Nun gibt es inzwischen mehrere große empirische Studien zur Wirksamkeit von aktivierenden Übungsformate, etwa [7] und [34], im Rahmen einer Masterarbeit wurde die Verbreitung von Übungsformaten in den Experimental-Grundveranstaltungen erhoben [4] und das Studienreform-Forum hatte inzwischen eine ganze Reihe Beiträge zusammen getragen mit Formaten, die noch einmal anders funktionieren als das klassische inverted classroom (Literatur vgl. [32]) und das Rechnen von Übungen im Plenum oder in Kleingruppen während der Übungsstunde. Angesichts dessen hat das Studienreform-Forum noch einmal explizit zu Beiträgen zum Thema „Alternative Übungskonzepte“ aufgerufen [5] und in einem Workshop auf der DPG-Frühjahrstagung diese drei Perspektiven miteinander konfrontiert: Vor dem Hintergrund, dass die Ergebnisse der größeren empirischen Studien zu Wirksamkeit bereits in Plenarvorträgen vorgestellt worden waren, wurden die Ergebnisse der angesprochenen Masterarbeit vorgestellt und mit allen Teilnehmer*innen diskutiert, welche Schlüsse aus den Ergebnissen zur Wirksamkeit und zur Verbreitung zu ziehen sind. Die Autor*innen der Beiträge des Studienreform-Forums saßen dabei in-

sofern mit am Tisch, als Mitglieder des Studienreform-Forums, die die Beiträge gut kannten, sich aktiv in die Debatte eingemischt und – als solche explizit gekennzeichnet – die Erfahrungen und Standpunkte, die in den jeweiligen Beiträgen zum Ausdruck kommen, eingebracht haben. Dieser Workshop und die Beiträge des Studienreform-Forums zum Thema, die bisher noch nicht publiziert sind, werden im Folgenden dokumentiert.

2. Status Quo und Studienlage

In vielen Studiengängen in Deutschland ist ein großer Teil der Module aufgeteilt in eine Vorlesung und eine Übung. Dies gilt auch für viele Physiklehrveranstaltungen. Die Übungen machen dabei häufig ca. ein Drittel der gesamten Lehrzeit aus. Für die Physik z.B. von der Konferenz der Fachbereiche Physik (siehe [1],[2]) festgehalten. Damit nehmen Übungen eine wichtige Rolle in der Lehre ein.

Die im Workshop vorgestellte Masterarbeit [4] hat die Einführungsveranstaltungen der Experimentalphysik in Deutschland untersucht. Das Ergebnis ist, dass in ca. 2/3 der Physikstudiengänge in Deutschland als default vorgesehen ist, dass Studierende (meist Rechen-) Aufgaben bekommen und diese innerhalb einer Woche lösen und zur Korrektur abgeben. In der Präsenzübung werden die einzelnen Aufgaben von Studierenden an der Tafel vorgerechnet und der Lösungsweg erklärt. Bei der Arbeit und durch die vom Studienreform-Forum gesammelten Beiträge wird aber auch deutlich, dass es an sehr vielen Unis mit diesem default zahlreiche Pilotversuche gibt, die von diesem default abweichen.

In den Gesprächen, die im Rahmen der Masterarbeit geführt wurden, sind auch die Gründe deutlich geworden, warum das klassische Übungsformat so verbreitet ist:

- a) Studierende sammeln Lernmaterialien; Die Aufgaben und die in der Übung besprochenen Lösungen dienen als Grundlage für die Klausurvorbereitung. Viele Klausuren bestehen auch aus ähnlichen Aufgaben wie die Übungen.
- b) In der Übung können Probleme und unterschiedliche Lösungsansätze, unterstützt durch eine Tutor*in, besprochen werden. Unterschiedliche Lösungsansätze regen zur Diskussion an.
- c) Durch die Übung wird eine Art formatives Feedback ermöglicht. Tutor*innen sehen beim Präsentieren, wo es noch generelle Verständnisschwierigkeiten gibt. In ihren korrigierten Abgaben erhalten die Studierenden ganz persönliches Feedback zu ihren Problemen.

Deutlich geworden ist aber auch, dass die Entscheidung für dieses Format typischerweise noch aus Diplomzeiten stammt. Seinerzeit waren Videomitschnitte, umfangreiche Internetressourcen, professionelle durch die Dozierenden zur Verfügung gestellte Vorlesungsskripten und schnell, teils im Volltext durchsuchbare Bibliotheksbestände – heute fast

überall selbstverständlich – quasi nicht vorhanden. Somit gibt es heute zahlreiche Alternativen für die Studierenden, um Lernmaterial zu sammeln. Grundsätzlich ist aber ein Wandel der Prüfungsformen: Klausurzulassungen und Klausuren existierten auch im Diplom an den meisten Standorten, nur war ihre Funktion eine andere: Erstens musste nur ein bestimmter Anteil an Klausuren bestanden werden, zweitens waren sie nicht bewertet und hatten auch keine Wiederholbarkeitsbeschränkungen, die in vielen Bachelor-Studiengängen immer noch üblich sind. Die eigentliche Prüfung war eine typischerweise vorlesungsübergreifende mündliche Vordiplomprüfung, die also viel mehr auf qualitatives Verständnis und Vernetzung verschiedener physikalischer Inhalte zielte als die heutigen Klausuren. Dementsprechend spielte das Lösen von Übungsaufgaben, wenn auch auf den ersten Blick sehr ähnlich organisiert, für Studierende und Übungsleiter*innen eine andere Rolle: Sie dienten dem Erarbeiten eines qualitativen, übergreifenden Verständnisses, das heute – zumindest im Rahmen von Prüfungen im Bachelor – gar keine Rolle mehr spielt.

Viele der genannten Vorteile kommen in der heutigen Realität auch wenig zum Tragen. (Den Autor*innen ist unklar, ob das früher anders war.) Häufig fehlt Zeit, sodass Studierende, in dem Bestreben möglichst zu allen Aufgaben Lösungen zu haben, sich nur darauf konzentrieren von der Tafel abzuschreiben. Verstehen und Nachfragen werden auf „später“ verschoben. Damit einher geht auch, dass meistens Studierende die Aufgaben vorstellen, bei denen sie sicher sind die richtige Lösung gefunden zu haben. Dadurch können Fehler nicht als Lernchance genutzt werden. Zudem entsteht bei den Studierenden leicht der einschüchternde Eindruck, alle anderen wären besser als sie selbst.

In diesem Übungsformat sind die Studierenden strukturell nur wenig kognitiv aktiviert und werden nur begrenzt zur Zusammenarbeit angeregt. Zwar ist es in der Regel erwünscht, dass die Aufgaben in Teams gelöst werden, aber in der Präsenzübung ist jeder für sich und die meisten Studierenden sind die meiste Zeit damit beschäftigt, zuzuhören.

„Die wichtigste Voraussetzung für wirkungsvolles und erfolgreiches Lernen ist das Ausmaß der aktiven Lernzeit, das heißt der Zeit, in der sich die einzelnen Schüler mit den zu lernenden Inhalten aktiv, engagiert und konstruktiv auseinander setzen.“[6]

Auch ist das Vorrechnen von Hausaufgaben für Studierende, die diese Aufgaben richtig gelöst haben, oft weitgehend nutzlos und für die, die die Aufgaben gar nicht bearbeitet haben, oft überfordernd, somit also nur für einen mehr oder weniger großen Anteil der Anwesenden überhaupt zugeschnitten. Der Umfang der Übungsaufgaben ist aber häufig so groß, dass fast niemand alle Aufgaben bearbeitet, sei es, weil Studierende die Aufgaben unter sich aufteilen, sei es, weil sie die Menge der Aufgaben überfordert,

sei es, weil Studierende entsprechend ihrer Interessen und/oder Übungsbedürfnisse bewusst eine bestimmte Anzahl an Aufgaben auswählen sollen. Das Ergebnis ist, dass Vorrechen-Übungen von Anfang zu jedem Zeitpunkt einen großen Teil an Studierenden systematisch ausschließen.

Demnach zeigt sich die typische Übung wenig lernförderlich. Die Empirie scheint dies zu belegen. In der Studie „Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses“ zeigte Hake [7] eine Korrelation zwischen Lernerfolg und der Anwendung von Methoden zur Förderung des Interactive Engagements. Dabei gab es kein erprobtes Übungsformat, das – egal wie unausgereift – einen niedrigeren Lernerfolg hatte als die besten herkömmlichen. – Man kann also nicht viel falsch machen, wenn man Aktivierendes ausprobier.

3. Eckpunkte der Workshop-Diskussion

Ausgangspunkt der Diskussion im Workshop war angesichts dieser empirischen Lage, die recht eindeutig dafür spricht vom Standardformat abweichende Übungsformate einzuführen, die Frage, warum dies dennoch relativ selten geschieht.

3.1. We teach as we were taught?

Oft stellt sich bei Dozierenden die Frage – so die Debatte –, warum man überhaupt ein laufendes Konzept ändern sollte – es habe doch bei ihnen selbst vor vielen, vielen Jahren nach der selben Struktur mit Diskussionen und gemeinsamen Problemlösungen funktioniert. Ein Ergebnis des vom Studienreform-Forum in Dresden 2022 [28] ausgerichteten Kolloquium war, dass dies wenig über die heutige Situation aussage – unabhängig davon, ob das Standardformat vor Jahren tatsächlich besser funktioniert hat oder diese Einschätzung auf den Survivorship-Bias zurück geht: Wie bereits in Abschnitt 2 erwähnt sind die Rahmenbedingungen, unter denen dieses Konzept heute Anwendung findet, in entscheidenden Punkten anders. Dass die aktuellen Rahmenbedingungen der verbreiteten Übungskonzepte heute anders sind als zu deren Entwicklung, sei teils erst im Corona-Lockdown für alle unübersehbar geworden.

3.2. Corona

Zwar gibt es schon länger empirische Erkenntnisse zur Gestaltung von Übungen in MINT-Studiengängen, etwa die Arbeiten von McDermott [15], [34], in den letzten Jahren haben Zahl, Systematik und Wahrnehmung dieser Studien in den letzten Jahren aber erheblich zugenommen. Erstens hat die Online-Lehre in der Corona-Pandemie die Probleme der traditionellen Formate so sehr zugespitzt, dass es einen großen Handlungsdruck gab und „We teach as we were taught“ offensichtlich nicht mehr möglich war. Zweitens haben die Unklarheiten dieser Zeit vielfach dazu geführt, dass Dozierende, die schon länger mit alternativen Formaten geliebäugelt haben, sich getraut haben, diese einmal auszuprobieren – es war

nicht notwendig, sich darüber Gedanken zu machen, ob neue Formate kompatibel mit bestehenden Prüfungsordnungen waren oder gegen Department-weite Vereinbarungen verstoßen. Wenn die Gesamtsituation offenbar schlecht ist und alle ratlos sind, waren die Befürchtungen, wenn etwas schief geht, einen shitstorm abzubekommen, geringer (wenn auch sonst weitgehend unbegründet, wie die Empirie zeigt [33]), zumal Prüfungsversuchsrückstellungen für Studierende in der Regel ausgesetzt waren. Nicht zuletzt haben mehrere Hochschulen die Pandemie zum Anlass genommen, kollegiale Gesprächsformate zur Aufrechterhaltung / Weiterentwicklung der Lehre zu etablieren.

Hier sei angemerkt, dass dies natürlich kein allgemeines Plädoyer dafür ist, Regelungen in Prüfungsordnungen auszusetzen. Zudem ist es so, dass eine positive hochschuldidaktische Wendung der insgesamt katastrophalen Lage in dieser Zeit auch nur an sehr wenigen Standorten, voran getrieben durch unglaubliches Engagement einzelner Studierender und Dozierender und nur in Ansätzen, gelungen ist (vergleiche [10]). Dennoch sind viele auch im Rahmen des Workshops diskutierte Beiträge auch in diesem Zusammenhang entstanden und vielerorts wurde festgestellt, dass alle nur gewinnen, wenn auf bestimmte, in der Corona-Zeit vielfach ausgesetzte, Restriktionen der Prüfungsordnungen verzichtet wird (vergleiche [10]). Zu nennen wären hier insbesondere Restriktionen bei der An- und Abmeldung von Prüfungen und vor allem zur Wiederholbarkeit von Prüfungen [33].

3.3. Prüfungen, Leistungsdruck und die Kultur im Fachbereich

Insgesamt wurde aus den Erfahrungen der Workshop-Teilnehmer*innen deutlich, dass es sehr von der örtlichen Gesamtsituation abhängt, was notwendig ist, damit Initiativen zur Reform von Übungsformaten auf fruchtbaren Boden fallen:

Spielen Prüfungen eine große Rolle, weil eine teaching-to-the-test-Kultur herrscht, weil die Durchfallquoten hoch sind, weil Klausurversuche oder die Studiendauer beschränkt sind etc., funktionierten vor allem Formate, die Studierenden das Gefühl vermittelten, sie gut und gezielt auf die Prüfungen vorzubereiten. Was das sei, hänge natürlich sehr von den Prüfungen ab und sei z.B. für mündliche Prüfungen etwas ganz anderes als für Klausuren und wieder etwas anderes für Projekt-orientierte Prüfungsformate.

Herrscht insgesamt ein hoher Leistungsdruck und werden in vielen Veranstaltungen regelmäßige Abgaben erzwungen, gebe es schlechte Voraussetzungen für Formate, die nicht direkt kontrollierbare Mitarbeit erfordern, etwa das Durcharbeiten von Material beim inverted classroom. Teilweise sei auch eine Restriktionen-Hochrüstungsspirale zu beobachten: Funktioniere die Mitarbeit der Studierenden nicht wie erhofft und werde dies nicht kollektiv im Fachbereich reflektiert, sei oft der erste Reflex, mit

Anwesenheitspflichten, strengen Klausurzulassungen, Zwischentests etc. eine höhere Beteiligung zu erzwingen, was aber typischerweise zulasten der Parallelveranstaltungen gehe, in denen wiederum ähnlich reagiert werde. Dies berge die Gefahr, dass die Übung von Kontroll- und Prüfungsatmosphäre geprägt werde, der auf Studierendenseite mit einer Haltung begegnet werde, die gleichzeitig von „Versteckspiel und Schaumschlägerei“ geprägt sei. Dies sei „Erziehung in die falsche Richtung“, führe dazu, dass Probleme nicht zielgerichtet adressiert werden könnten, und zudem würden Kontrollmaßnahmen zum Teil auch wertvolle Zeit verbrauchen. Pilotversuche und/oder liberalere Regelungen, mit denen es an anderen Standorten gute Erfahrungen gebe, hätten dann erschwerte Bedingungen. Darüber hinaus führe dies oft zu erheblichen mental-health Schwierigkeiten bei Studierenden und zum Studienabbruch insbesondere von Studierenden, die z.B. parallel arbeiten müssten und in einem Teilzeitstudium keine Alternative sehen.

Herrsche eine Kultur des Abschreibens und wenig gelebte Fehlerkultur, funktionierten Formate wie wenig strukturierte Fragestunden, bei denen es darauf ankomme, offen über Unverstandenes zu sprechen, oft nicht auf Antrieb. Umgekehrt brächten Formate, die systematisch darauf orientierten, dass Studierende zu echter Zusammenarbeit angeleitet würden, vor allem dann einen Fortschritt, wenn es üblich sei, dass Aufgaben lediglich zur Verkürzung der täglichen To-do-Listen auf verschiedene Studierende verteilt werden, die die Aufgaben dann letztlich allein bearbeiten.

Konkret wurden die praktischen Schwierigkeiten mit zwei alternativen Übungsformaten diskutiert, die relativ weit verbreitet, gut dokumentiert und – soweit untersucht – grundsätzlich positiv evaluiert sind. Inverted classroom [32] und das Rechnen von Präsenzaufgaben.

3.3.1. Herausforderungen bei Inverted Classroom

Dieser Abschnitt umfasst nicht nur die Debatten aus dem Workshop bei der DPG-Tagung, sondern wurde ergänzt um Punkte aus Input und Diskussion bei der Veranstaltung des Studienreformforums in Dresden mit Lana Ivanjek [28].

Eine Erfahrung ist, dass in Fachbereichen, in denen die Studierenden gewohnt sind, in Veranstaltungen vor allem zuzuhören, einige Zeit notwendig ist, bis in der Präsenzphase tatsächlich eine aktive Mitarbeit zu Stande kommt. Gerade, wenn Studierende erstmals in höheren Semestern aktiveren Veranstaltungsformaten in Kontakt kommen, müssen sie sich mitunter mehrere Semester daran gewöhnen. Außer den Studierenden brauchen aber auch die Lehrkräfte Zeit, um sich auf ihre neue Rolle einzulassen (vom Instruktor zum Trainer). Vor allem sei es wichtig, sich bei Fehlschlägen nicht entmutigen zu lassen, so Lana Ivanjek.

Dieser Prozess lässt sich allerdings gezielt unterstützen. Lana Ivanjek stellte als wichtigsten Punkt dafür die Erarbeitung eines tatsächlich aktivierenden Konzepts für die Unterrichtszeit heraus. Es gibt viele Quellen für Aktivitäten in dieser Phase.¹ Mit Quizzen gibt es zudem ein sehr einfaches und bewährtes aktivierendes Veranstaltungselement, das in fast allen Veranstaltungsformaten verwendet werden kann, sei es für einen 5-minütigen, aktivierenden Start in eine Diskussions- oder Partner*innen-Arbeitsphase, sei es zur Gestaltung der Gesamtsitzung, siehe [20].

Das zweite große Problem, mit dem sich Lehrende konfrontiert sehen, die einen Versuch des Flipped Classroom wagen, ist, dass die Vorbereitungsmaterialien nicht ausreichend vorab bearbeitet werden. Viel hängt hier vom Zusammenspiel zwischen Material und Gestaltung der Präsenzphase ab: Bringt die Vorbereitung den Studierenden keine für sie offensichtlichen Vorteile für die Teilhabe an der Diskussion, so wird sie nicht gemacht. Umgekehrt scheitert aber auch eine Präsenzphase, die alle Studierenden in die Passivität drängt, die die Materialien nicht (richtig) vorbereitet haben. Außerdem sehr wichtig und häufig vernachlässigt sei zudem, dass den Studierenden vermittelt werde, wie sie mit den Vorbereitungsmaterialien arbeiten können und warum deren Bearbeitung so wichtig ist. Die Materialien sollten nicht zu umfangreich sein (Videos bspw. Nicht länger als 5 bis 10 min) und wöchentlich den gleichen Zeitaufwand beanspruchen. Im Beitrag „Double Inverted Classroom“ unten wird zudem ein Ansatz vorgestellt, der ausgehend von dem Problem, dass Studierende das Material beim Inverted Classroom nicht ausreichend bearbeiten oder diese Bearbeitung aufschieben, das Konzept des Inverted Classroom strukturell abändert.

3.3.2. Herausforderungen bei Präsenzaufgaben

Nicht nur Dozierende sind mitunter schwer davon zu überzeugen, dass es eine gute Idee ist, die Übungen nicht vornehmlich mit dem Vorrechnen der Hausaufgaben zu verbringen. Oft forderten Studierende, so die Erfahrung, explizit ein, dass alle Aufgaben vollständig vorgerechnet werden. Dies führe beispielsweise häufiger zu Hektik und Zeitstress in Übungen, wenn versucht werde, die Hausaufgabenbesprechung zugunsten der Bearbeitung von Präsenzaufgaben zu reduzieren. Grund dafür sei die Angst, ansonsten später keine (ausreichende) Grundlage zu haben, um Versäumtes aufzuholen.

Der Beitrag „Von der Vorlesung zur Aufgabenlösung: In der Übung gemeinsam ans Werk“ setzt sich mit diesem Problem systematischer auseinander und das erfolgreich erprobte Modell, das in dem Beitrag vorgestellt wird, adressiert dieses Problem explizit.

¹ Eine große Sammlung, die zudem viele Verweise auf weitere Beispiele und Sammlungen umfasst findet sich auf [31].

3.4. Pilotprojekte und Umsetzungsdetails

Um mehr aktive Lehre einzubauen, muss ein gesamtes Modul nicht vollständig reformiert werden, teilweise reicht es schon aus, die Übungen zu einem Ort aktiven Lernens zu machen. Das ist die Herangehensweise der University of Washington, die genau dieses Modell erstellt und wissenschaftlich begleitet haben [15].

Auch, so die Diskussion im Workshop, sei es weder notwendig, noch wünschenswert, dass alle Dozierenden eines Moduls gleich verfahren. So Sorge eine Vielfalt an Formaten nicht nur dafür, dass alle Lern-typen unter den Studierenden einmal in den Genuss eines ihnen besonders liegenden Formates kommen, sondern ist anregend und fördere die Denkflexibilität. Probleme, die dadurch entstünden, dass in verschiedenen Veranstaltungen unterschiedlich enge Regeln herrschten (vergleiche Abschnitt 3.3), ließen sich auch nicht durch modul-einheitliche Regelungen lösen, weil es ja auf eine Abstimmung zwischen den Veranstaltungen ankomme, die die Studierenden gleichzeitig bzw. nacheinander belegen. Auch sei es bei vielen Übungsformaten entscheidend, dass sie zu den Dozierenden passten bzw. nicht allzu einheitlich festgelegt seien, sodass sie sich passend adaptieren ließen.

Tatsächlich gab es mit Pilotprojekten in einzelnen Veranstaltungen unter den Workshop-Teilnehmer*innen sehr gute Erfahrungen: Es sei viel einfacher, davon zu überzeugen, etwas Neues als Pilotprojekt auszuprobieren statt als neuen Standard. Und Untersuchungen wie die bereits erwähnte von Hake [7] geben gute Argumente dafür, dass damit jedenfalls kein großer Schaden angerichtet werden kann und es umgekehrt viel zu gewinnen gibt. Entscheidend sei aber, dass die dabei gemachten Erfahrungen, vor Ort auch geteilt würden und gemeinsam daraus gelernt würde, damit nicht nach kurzer Zeit wieder alles im Sande verlaufe.

Unter Kolleg*innen im Gespräch zu bleiben, sei auch deshalb wichtig, weil das Gelingen sowohl herkömmlicher als auch alternativer Formate oft durch auf den ersten Blick unscheinbare Details erheblich gefördert werde. Diskutiert wurde das an vier Beispielen:

- Ob die Überschrift eines ansonsten gleichen Aufgabenzettels „Nachbereitungsaufgaben“ oder „Vorbereitungsaufgaben“, „Übungsaufgaben“ oder „Denkaufgaben“ steht, ob von „Hausaufgaben“, „Foyeraufgaben“ oder „Mensaaufgaben“ die Rede ist, gibt gerade bei Studienanfänger*innen ganz unterschiedliche Impulse für Bearbeitungszeitpunkt, Herangehensweise und Art der Zusammenarbeit.
- Inzwischen weit verbreitete Musterlösungen werden wie auch die Korrekturen von Übungszetteln zu sehr unterschiedlichen Zeitpunkten herausgegeben. Offensichtlich schafft eine Aus-/Rückgabe von beidem vor der Übungsstunde verbunden

mit der Ansage „Legt vor der Übungsstunde beides nebeneinander, überlegt euch Fragen und besprochen werden dann in der Übungsstunden nur die Fragen“ in der Übungsstunde Zeit für Präsenzaufgaben (vergleiche Abschnitt 3.3.2) ohne das Bedürfnis der Studierenden nach Vollständigkeit der Besprechung zu ignorieren.

- Das herkömmliche Vorrechnen wird viel erfreulicher, schreiben Übungsleiter*innen vor der Übungsstunde Studierende an, ob sie nicht eine bestimmte Aufgabe vorrechnen und dabei besonderen Schwerpunkt auf XY legen wollen. Es erleichtert den Studierenden die Entscheidung „ja“ zu sagen, ermöglicht, dass sie sich vorher sortieren, sodass die Präsentation für alle hilfreicher wird und verhindert zudem das kulturell erdrückende Schweigen nach der Frage "Wer möchte die nächste Aufgabe vorrechnen?", das jeder Übung die Dynamik nimmt. Helfen kann auch: „Wir machen jetzt 5 Minuten Kaffeepause. Währenddessen könnt ihr ja mal überlegen, ob ihr euch vorstellen könnt, die nächste Aufgabe vorzuführen; besonders spannend an der Aufgabe ist übrigens XY.“
- Problemlos auch in einem herkömmlichen Format ausprobieren lässt sich die Ansage: „Vorrechnen von Aufgabe 3. Wer sitzen bleibt, wird von mir zur Aufgabe befragt, die Tafel ist der save space.“ Das Ergebnis ist Berichten zufolge bei verschiedenen Studierendengruppen völlig verschieden, aber immer aktivierend und erfreulich. Und falls nicht, kann man es ja bei Aufgabe 4 wieder anders machen.

4. Einordnung der alternativen Übungsformate

Fast alle hier vorgestellten Übungsformate bilden zusammen mit einer Vorlesung eine Gesamtveranstaltung. Dabei lässt sich die Funktion der Übungen je nach Konzeption der Gesamtveranstaltung zwischen drei Polen verorten, die sich vielleicht auch als verschiedene Strategien verstehen lassen, im Sinne Aebli [11] „das Geflecht von Beziehungen, das den Begriffsinhalt konstituiert,“ aufzubauen:

- a) Typischerweise werden in Experimentalphysik-Vorlesungen rund um Phänomene bereits in der Vorlesung gut verstandene Inseln des Wissens aufgebaut und der Übung kommt die Funktion zu, den Bezug zwischen diesen Inseln heraus zu arbeiten.
- b) In der Vorlesung wird eine Landkarte des entsprechenden Gebietes der Physik entwickelt. Die Aufgabe der Übung ist es, sich tatsächlich entlang der Wege der Landkarte durch das Themenfeld zu arbeiten, um es so lebendig zu machen und das Wandern zu trainieren. Dies findet sich oft in der Theoretischen Physik.
- c) In der Vorlesung wird sich entlang eines roten Fadens oft mit detaillierten Beispielrechnungen und Beweisen durch das Themenfeld gearbeitet.

Die Übung hat dann vor allem die Funktion, herauszuarbeiten, dass der rote Faden, der für die meisten Studierenden zunächst einfach nur ein wirres Kneuel zu bilden scheint, auch wenn sie jeden einzelnen Schritt verstehen und mitgehen, in Wirklichkeit ein strukturiertes Netz ist. Dies findet sich vor allem in Mathe-, aber manchmal auch in Theorievorlesungen.

Eine Gemeinsamkeit der meisten Beiträge ist, dass sie herausarbeiten, dass die Lehrveranstaltungen immer wieder klar und explizit benennen müssen, wo innerhalb des Themenbereiches man sich gerade befindet und welcher der drei genannten Punkte gerade vornehmlich (mit einer Aufgabe / einer Diskussion) verfolgt wird. Dies trägt bereits erheblich dazu bei, dass die Wichtigkeit der Aufgaben verstanden wird, dass Studierende sich bewusst entscheiden können, wo sie einen Schwerpunkt legen wollen und dass die oft wenig didaktisch geschulten Übungsleiter*innen reflektiert vorgehen.

Nicht nur, aber ganz besonders bei wenig geschulten Übungsleiter*innen ist Interaktion zwischen Studierenden und Übungsleiter*innen, aber auch zwischen den verschiedenen an der Gestaltung einer Veranstaltung Beteiligten (vergleiche Doku alter Workshop) nicht nur aktivierend für die Studierenden, sondern auch wesentlich, um den Übungsleiter*innen zu ermöglichen, eine gute Übung zu halten. Es scheint eine hohe kulturbildende Bedeutung zu haben, dies explizit zu betonen, und führt teils dazu, dass Studierende Übungsaufgaben mit einer anderen Haltung bearbeiten, als wenn dies vor allem als „Zulassung zur Klausur“ geframed ist. Je nach konkreter Situation kann dies eher informell (Kaffeepause in der Mitte einer Veranstaltung; regelmäßiger gemeinsamer Mensabesuch des Veranstaltungsteams) oder methodisch strukturiert stattfinden (hier gibt es einen großen Fundus an Methoden in den verschiedenen Beiträgen, aber auch aus ganz anderen Kontexten, z.B. talking feedback, siehe [23]). In jedem Fall muss dafür aber Zeit eingeplant werden.

In vielen Beiträgen wird zudem deutlich, dass oft darüber nachgedacht wird, wie Studierende weniger abgehängt werden können, was gut ist. Zu wenig in den Blick genommen wird aber, wie Studierenden, die aus irgendeinem Grund raus sind, wieder einsteigen können. Eine Veranstaltungskonzeption, die dieser Herausforderung nicht ausreichend Rechnung trägt, muss angesichts empirischer Befunde [7], dass MINT-Studierende in den ersten Semestern im Schnitt 30% des Veranstaltungsstoffes verstehen, auch dann scheitern, wenn sie so gut ist, dass die Studierenden 40% des Veranstaltungsstoffes auf Anhieb mitnehmen. Dabei ist zu betrachten, dass viele Gründe, aus denen Studierende „rauskommen“ können, gar nicht unbedingt in der Hand einer Universität liegen, sondern z.B. darauf zurück gehen, dass Studierende auf Grund ihrer sozialen Lage neben dem Studium arbeiten müssen [14]. Insbesondere wenn die Gesamtkonzeption der Veranstaltung in

Richtung des dritten obigen Pols tendiert, ist es eine der wichtigsten Aufgaben der Übung, systematisch Wiedereinstiegsunkte zu schaffen.

Angesichts der unterschiedlichen Ausgangssituationen an verschiedenen Standorten (vergleiche Abschnitt 3.3) sind die verschiedenen im Folgenden vorgestellten alternativen Übungsformate von verschiedenen Ausgangsfragen her entwickelt:

- Wie kann aus der Gestaltung, Besprechung und Korrektur der Übungsaufgaben der größte Lerneffekt geschaffen werden?
- Wie gelingt es, das meiste aus der wertvollen Zeit mit Übungsleiter:innen zu machen?
- Zwischen den Veranstaltungen wird über Physik geredet. Wie können die Veranstaltungen genutzt werden, um diesen Prozess sinnvoll in die Wege zu leiten?

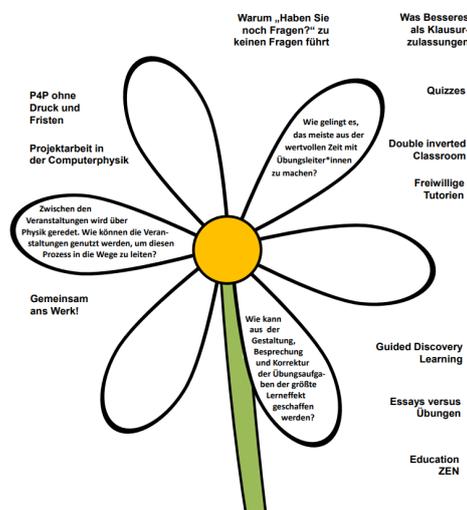


Abb.1: Die vorgestellten alternativen Übungsformate sind von verschiedenen Ausgangsfragen her entwickelt.

4.1. Wie kann aus der Gestaltung, Besprechung und Korrektur der Übungsaufgaben der größte Lerneffekt geschaffen werden?

Die Beiträge, die diese Fragestellung in den Blick nehmen, betonen, dass Aufgabenstellungen und Übungsstruktur auf Eigenverantwortung und freie Zeiteinteilung der Studierenden gerichtet sein sollten und gleichzeitig klar definierte Anforderungen und Einordnungen bieten müssen.

So arbeitet der Beitrag „Guided Discovery Learning“ [17] heraus, wie die Aufgabenblätter das Entdecken theoretischer Erkenntnisse „erzwingen“ können, ohne dass die Studierenden große Recherchearbeit leisten zu müssen. Dadurch könnten sowohl komplett neue mathematisch-physikalische-Konzepte angerissen werden, als auch die eigenständige Vertiefung begleitet werden.

Umgekehrt wird beim im angelsächsischen Bereich verbreiteten Essay-schreiben, das im Beitrag „Übungen versus Essays“ [18] vorgestellt wird, das selbständige Recherchieren und das Herausarbeiten ei-

nes Gesamtüberblicks zu einer spezifischen Frage gerade durch die Studierenden geleistet. Neben dem Erlernen des Handwerkszeugs spielt das Präsentieren von selbst-erlerntem und selbst-erforschtem Grundlagenwissen mithilfe schlüssiger Erklärungen unter Einhalten eines Roten Fadens eine große Rolle. Eine Kernherausforderung dabei ist, entlang einer Fragestellung eine solide wissenschaftliche Argumentation aufzubauen, ohne das gesamte Fachgebiet im Detail durchdringen zu haben; durch das Übungsformat sollen Studierende systematisch lernen, sich wissenschaftlich zu orientieren ohne den oftmals von der Schule mitgebrachten Vollständigkeitsanspruch.

Das Lehrkonzept „EducationZen“ [19] sieht eine beliebige Zahl von Neueinreichungen von Übungsaufgaben vor, wobei am Ende aber eine sehr hohe Punktzahl erreicht werden muss; ähnlich wie oft bei Praktikumsauswertungen müssen die Übungsaufgaben korrigiert werden, bis sie wirklich vollständig und richtig sind. Ziel dabei ist, dass aus Fehlern wirklich gelernt und wirklich mit Feedback gearbeitet wird. Dabei erfolgen die Zwischenkorrekturen weitgehend peer-to-peer mit Hilfe von Musterlösungen, sodass Studierende aus anderer Perspektive lernen. Hierbei müssen Rechenwege klar nachvollzogen werden können und sich intensiv mit der Musterlösung auseinandergesetzt werden. Dadurch werden die Übungen zu einem Ort des aktiven Diskurses und Rechnens und es wird nahegelegt, verschiedene Teile der Vorlesung aufeinander zu beziehen, wenn verschiedene Studierende zusammenarbeiten, die gerade mit Übungen zu verschiedenen Teilen der Vorlesung beschäftigt sind. Zusätzlich dazu kann Peer marking Fehler aufzeigen, die anderen Studierenden passieren können.

4.2. Wie gelingt es, das meiste aus der wertvollen Zeit mit Übungsleiter*innen zu machen?

In den meisten Beiträgen, die von dieser Fragestellung ausgehen, stehen die Übungsaufgaben als solche und deren Bearbeitung nicht im Mittelpunkt, nehmen aber typischerweise dennoch eine wichtige Rolle zur Vorbereitung der Präsenzphase, die den eigentlichen Kern der Veranstaltung bildet, ein. In gewisser Weise stellt die Vorlesung dabei den roten Faden dar, die durch ein Mini-inverted classroom im Übungsbetrieb ergänzt wird.

Durch interaktive/kommunikative Aufgaben kann dabei die Zusammenarbeit der Studierenden in vielen Formaten angeregt werden. Ein einfaches und nicht nur in Übungen erfolgreich erprobtes Veranstaltungselement dafür sind „Quizzes“ [20], wie z.B. auch die Peer-Instruction Methode von Eric Mazur [16] zeigt. Sie machen Widersprüche und unterschiedliche Kenntnisstände im Raum unmittelbar sichtbar, auch wenn nicht alle Studierenden zu Worte kommen und zeigen damit Studierenden wie Dozierende innerhalb kürzester Zeit auf, wo und dass Gesprächsbedarf besteht. Sie eignen sich dabei auch

als Ausgangspunkt, um Übungen in heterogenen Gruppen (z.B. verschiedene Voraussetzungen aus dem Bachelor in Masterveranstaltungen, Aufgaben gerechnet oder nicht) für alle fruchtbar zu gestalten. Werden die Fragen geschickt erstellt, sodass sie wunde Punkte von „nicht wirklich verstandenem, aber gut eintrainiertem“ treffen, können aus den Gesprächen notwendige Aha-Momente (nachgeholt)/geschaffen werden.

Das „Double Inverted Classroom“ [21] reduziert die Rolle der Vorlesung weiter und stellt den roten Faden der Veranstaltung durch die Übungsblätter und deren Besprechung her, die eine umfangreiche Einordnung der Aufgaben vornehmen. Vorlesungsvideos gibt es dabei nicht mehr wochenweise portioniert; vielmehr dienen Vorlesungsmitschnitte früherer Semester als eine von vielen Ressourcen, die bei der Bearbeitung der Aufgaben genutzt werden können.

Durch das Abschaffen von Klausurzulassungsbeschränkungen und eine strikte Trennung von Lern- und Prüfungssituationen die Übungszeit panik- und stressfrei gestalten und eine Kultur etablieren, in der offen über Fehler und Schwierigkeiten gesprochen wird – diesem Ziel gehen die Beiträge „Was Besseres als Klausurzulassungen“ [23] und „Warum ‚Haben Sie noch Fragen?‘ zu keinen Fragen führt“ [22] nach.

Anders als der Name vielleicht suggeriert geht es im Beitrag „Wie ein freiwilliges Tutorium die Durchfallquote reduziert“ [24] um ein freiwilliges teaching-to-the-test Nachhilfe-Angebot. Vielmehr ist die Kernidee, das, was in der Kernveranstaltung vermittelt wird, durch vielfältige Bezüge, ein buntes Potpourri aus verschiedenen Methoden, Lernorten und Inhalten, die durchaus über den Veranstaltungsstoff hinaus gehen, zu kontextualisieren und lebendig zu machen. Entscheidender Punkt dabei ist, dass die Studierenden in die Themenwahl und Veranstaltungsgestaltung mit einbezogen werden. Es widerlegt dabei Annahmen, dass vor allem eine gezielte 1:1-Vorbereitung auf das, was in der Prüfung passiert, zu einer Verbesserung der Prüfungsleistungen führe, oder der zusätzliche Arbeitsaufwand so hoch würde, dass Studierende sich nicht freiwillig darauf einließen.

4.3. Zwischen den Veranstaltungen wird über Physik geredet. Wie können die Veranstaltungen genutzt werden, um diesen Prozess sinnvoll in die Wege zu leiten?

Dass Studierende Übungsaufgaben nicht (eigenständig) bearbeiten, dass Vorlesungen nicht nachbereitet werden, liegt oft nicht daran, dass Studierende nicht genug Zeit ins Studium investieren, sondern dass sie schlicht nicht wissen, wie sie produktiv mit dem nach der Schule für sie neuen Format Vorlesung, mit Übungsaufgaben, die ein Knobeln oder eigenständige Recherche erfordern usw., umgehen sollen. Viele haben zudem keine produktive Erfahrung damit gemacht, in Gruppen zu arbeiten und das Bild der Phy-

sik in der Öffentlichkeit ist nicht vorwiegend, dass man Physik versteht, indem man drüber redet. Wenn Studierende dennoch nicht aufgeben, liegt es vielleicht daran, dass sie zufällig eine erfolgversprechende Herangehensweise als erstes ausprobieren. Vor allem aber liegt es daran, dass sie Ratschläge und vor allem Zuspruch bei ersten Misserfolgen von älteren Studierenden und aus der Verwandtschaft bekommen und finanziell so abgesichert sind, dass sie das Gefühl haben, es sich leisten zu können, den Dingen auch dann auf den Grund zu gehen, wenn sie erstmal mit Misserfolgen konfrontiert sind. Dies zu ändern ist also offensichtlich entscheidend um die soziale Selektivität des Studiums [29], [14] zu reduzieren und zudem für alle Beteiligten erfreulich.

Verbreitet ist, dies mit kleinteiligeren, weniger offenen Lehrformaten und Verschulung zu adressieren. Davon abgesehen, dass der Bolognaprozess, der dieses Ziel zumindest auch beansprucht hat, nicht zu einer Reduktion des Problems geführt hat, wird damit zwar – falls dieser Ansatz funktionieren sollte – eventuell eine Stoffvermittlung sichergestellt und die Zahl der Studienabbrüche reduziert, gleichzeitig wird aber auch der Anspruch, dass Studierende den Umgang mit offeneren Fragestellungen und eine eigenständige bewusste Gestaltung von Studium und Leben lernen, weitgehend aufgegeben.

Mehrere Beiträge des Studienreform-Forums dokumentieren, dass es auch anders geht: Seien es freiwillige Tutorien, die spezifische und wichtige Kompetenzen fördern – beschrieben im Beitrag „Wie ein freiwilliges Tutorium die Durchfallquote reduziert“ [24], oder Projektarbeiten in der Computerphysik ohne enge Deadlines; wird den Studierenden Freiraum in der inhaltlichen und zeitlichen Gestaltung gelassen, ohne ihnen unvorbereitet und teils vereinzelt abzuverlangen klarzukommen, können Lernprozesse erfolgreich und ohne den sonst verbreiteten Frust (am Studienbeginn) [30] stattfinden.

Die Beiträge „Projektarbeiten als Modulprüfung in der Computerphysik“ [26] und „Übungen und Projektarbeit ohne Druck und Fristen“ [25] zeigen, wie Produktorientierung dazu beitragen kann. Geschickt eingesetzte Diskussionsformate, vorbereitbar durch offene Fragen auf Aufgabenzetteln, führen dabei zum schrittweisen Erlernen einer Diskussions- und gemeinschaftlichen Arbeitskultur.

Im Übungsmodell des Beitrags „Von der Vorlesung zur Aufgabenlösung: In der Übung gemeinsam ans Werk!“ [27] werden dagegen konventionelle Aufgabenformate genutzt, die eine konventionelle Vorlesung begleiten. Entscheidend ist aber, dass der Anfang, sowohl der Nachbereitung der Vorlesung als auch des Bearbeitens der Übungsaufgaben unter Anleitung gemeinsam geschieht und systematisch darauf gesetzt wird, dass Studierende den Wiedereinstieg finden, anstatt sich zurückzunehmen, wenn sie das Gefühl haben, hinterher zu sein.

5. Bisher nicht publizierte Beiträge zu alternativen Übungsformaten

5.1. Double Inverted Classroom – Übungen statt Vorlesungen als roter Faden durch die Veranstaltung

Ein Beitrag von Stefan Brackertz

Die Kölner Master-Veranstaltung Molecular Physics II ist eine sehr Mathematik-lastige Experimentalphysik-Veranstaltung, die sich mit einem Nischenthema befasst, das meistens vor allem von Theoretischen Chemiker*innen bearbeitet wird. Um dabei die Expertise des Wuppertaler Kollegen Per Jensen, Experte auf diesem Gebiet, einzubinden, wurde schon länger mit Inverted Classroom-Elementen experimentiert. Angeregt durch die Fachbereichsdebatten zur Umstellung auf Online-Lehre im April 2020 wurde schrittweise eine eigene Variante von Inverted Classroom entwickelt. Dabei entsteht der Rote Faden der Veranstaltung nicht mehr durch das von den Studierenden vorzubereitende Material, vielmehr wird die Veranstaltung zu einer Schnitzeljagd durch Online-Vorlesungen, alte Mitschriften aus Bachelor-Vorlesungen, die Bibliothek usw.

Per Jensen hat nicht nur Standard-Lehrbücher zum Thema Molekülsymmetrien geschrieben (z.B. [8], [9]), sondern angefangen seine Vorlesung zum Thema inklusive Folien und Übungsaufgaben bereits in hoher Qualität über seine Webseite der Allgemeinheit zur Verfügung zu stellen, als noch nicht überall über Open Science gesprochen wurde.² Die Kölner Molekülphysik hat zudem bei diesem Thema und besonders auch zu floppy molecules, bei denen Symmetrien teils der einzige Zugang sind, eng zusammengearbeitet. Vor diesem Hintergrund haben immer wieder einzelne Kapitel der Veranstaltung Molecular Physics II quasi als Inverted Classroom aufbauend auf der Wuppertaler Online-Vorlesung stattgefunden.

Eine Erfahrung dabei war, dass nur sehr wenige Studierende sich die Vorlesungsvideos tatsächlich zur Vorbereitung ansehen. Zu den Gründen dafür zählen sicherlich u.a.

- Die Studierenden waren (damals) Inverted Classroom wenig gewohnt waren.
- Der Leistungsdruck in der Veranstaltung ist gering (nicht allzu aufwändige Übungsaufgaben, deren Abgabe nicht verpflichtend ist, keine Anwesenheitspflicht, keine Prüfungszulassung, flexibel terminierbare mündliche Prüfung); gleichzeitig belegen die Studierenden typischerweise parallel Veranstaltungen mit verpflichtenden Abgaben und festem Klausurtermin am Ende des Semesters.

² Nach seinem unerwarteten Tod 2022 hat die Universität Wuppertal leider die Webseite von Per Jensen inklusive aller Open-Science-Ressourcen darauf innerhalb kürzester Zeit vom Netz genommen und plant auch nicht, diese Ressourcen der Allgemeinheit wieder zur Verfügung zu stellen.

- Ein recht dichtes Curriculum, das nur wenige Studierende in Regelstudienzeit absolvieren, wobei gleichzeitig relativ viele Studierende auf Visa angewiesen sind, deren Verlängerung über die Regelstudienzeit hinaus bürokratische Hürden, wenn nicht mehr bedeutet, und die oft auch Schwierigkeiten haben ihr Studium zu finanzieren, weil sie in Deutschland keine Arbeitserlaubnis haben.
- Die Wuppertaler Materialien sind für Chemie-Studierende gestaltet und legen daher in der Ausführlichkeit der Erläuterungen manchmal Schwerpunkte, die nicht 1:1 für Physik-Masterstudierende passen.

Begegnet wurde dieser Schwierigkeit recht erfolgreich dadurch, dass die Übungsleiter bei Bedarf Zusatztermine angeboten haben, um bei Kaffee und Kuchen die Vorlesungsvideos im Rudel zu gucken, wobei auch immer wieder einmal angehalten, drüber geredet, vor oder zurück gespult wurde etc.

5.1.1. Herausforderung Corona

Einerseits machte die Schließung der Unis zu Beginn des Sommersemesters das Rudelgucken unmöglich, andererseits reagierte die Physik-Fachgruppe erfreulich proaktiv auf die Unischließung, indem eine Reihe von Arbeitsgruppen aus Dozierenden und Studierenden gebildet wurden, an denen sich sehr viele Dozierende und Studierende beteiligt haben und die sich teils mehrmals pro Woche mehrere Stunden (online) getroffen haben, um für die gesamte Fachgruppe Wege zu entwickeln, um unter den gegebenen Bedingungen eine halbwegs erfreuliche Lehre zu gestalten.[10] Diese Wege wurden in zahlreichen Treffen der gesamten Fachgruppe vorgestellt und in einem Fachgruppen-internen Wiki dokumentiert. Erfreulicherweise ging es dabei nicht nur um technische Aspekte, sondern auch um didaktische. Exemplarisch findet sich die Seite dieses Wikis zu den didaktischen Herausforderungen der Online-Lehre und Lösungsstrategien im Supplementary Material dieses Beitrages. Gleichzeitig wurde von Anfang an in den Blick genommen, wie durch Teststrategien, technische Gebäudeausstattung, Lehre unter freiem Himmel etc. möglichst zügig wieder ein Präsenzbetrieb ermöglicht werden konnte.

5.1.2. Schnitzeljagd

Nachdem das Semester mit den Wuppertaler Online-Videos und abgewandelten Wuppertaler Übungsaufgaben, die in ausführlichen ZOOM-Sitzungen besprochen wurden, gestartet hatte, wurden in Rücksprache mit den Studierenden verschiedene Ideen aus den Arbeitsgruppen der Fachgruppe ausprobiert. Relativ schnell hat sich dabei im beschriebenen Setting mit nur einer Übungsgruppe aus rund 15 Studierenden, von denen die meisten etwa jeden zweiten Veranstaltungstermin wahrgenommen haben, folgendes Modell als passend erwiesen:

- Nicht mehr die Vorlesungsvideos, sondern die zu bearbeitenden Übungszettel leiten durch die Veranstaltung. Dazu ist jedes Übungsblatt einem Thema gewidmet, das in den verschiedenen Aufgaben des Übungsblattes von verschiedenen Seiten her aufgerollt wird. Dabei gibt es immer so viele Übungsaufgaben, dass die Studierenden eine Auswahl haben, welche Aspekte sie interessant finden. Das Thema des Übungsblattes wie die einzelnen Aufgaben sind dabei knapp eingeordnet, wobei meistens drei Aspekte berücksichtigt sind: Was ist die Relevanz des Themas im Gesamtkontext der Veranstaltung? Welche technischen Aspekte lassen sich daran erarbeiten und üben? Welche wissenschaftshistorische Rolle spielt das Thema / die Herangehensweise / das Phänomen / der Versuch?
- Alle Aufgaben waren mit Hinweisen dazu versehen, wie sich die Studierenden die zur Lösung notwendigen Kenntnisse erarbeiten konnten. Dabei spielten die Wuppertaler Vorlesungsvideos bzw. die Folien dazu die Hauptrolle, eingebunden wurde aber auch Literatur, Kenntnisse der Studierenden aus anderen Veranstaltungen, die Kommiliton*innen etc. Im Laufe der Zeit ist die Veranstaltung dabei immer weniger der Reihenfolge der Vorlesungsvideos gefolgt
- Im Sinne der Idee des sog. Just-in-Time Teachings hat sich der Veranstaltungs-Rhythmus dabei immer weiter verdichtet: Die Studierenden haben die Aufgaben wöchentlich in Gruppen am Nachmittag vor der Übung per Mail geschickt und bis zum nächsten Morgen um 8 Uhr korrigiert und mit individuellen Lerntipps zurückbekommen. In den Rückgabe-Mails wurden sie auch je nach Abgabe individuell gefragt, ob sie bestimmte Teile ihrer Lösung vorstellen wollen. Dadurch hatten sie bis zur Übung am Mittag nicht nur Zeit, sich ihre Korrekturen anzusehen, sondern auch zu überlegen, ob und wie sie etwas vorstellen wollen. Erst angesichts des Verlaufs der Übung wurde dann das nächste Übungsblatt gestaltet und noch am selben Tag veröffentlicht. (Um dies zu ermöglichen wurde teils auf „Schönheit“ verzichtet und Aufgaben wild aus den Wuppertaler Materialien, Büchern usw. zusammenkopiert, um eigene Aufgaben ergänzt, ausgedruckt, handschriftlich verändert, wieder eingescannt usw., was in den Evaluationen teils als „Collage“ bezeichnet wurde.)
- Die sich auf einen wöchentlichen Rhythmus einpendelnden Übungen, die oft deutlich länger als die vorgesehenen 90 Minuten dauerten und immer mitgeschnitten wurden, wurden durch zwei ganztägige Workshops ergänzt, die an Samstagen inklusive gemeinsamer Mittagspause unter freiem Himmel stattfanden.

5.1.3. Didaktische Überlegungen

Aebli schreibt: „Begriffe bilden wir (...), indem wir das Geflecht von Beziehungen, das den Begriffsinhalt konstituiert, aufbauen. (...) Der Lehrer hat in seinem Geiste das Netz der aufzubauenden Beziehungen gegenwärtig. (...) In jedem Falle nehmen wir nun aber das Netz der aufzubauenden Beziehungen an einem Zipfel auf und entfalten es schrittweise.“ [11]

5.1.3.1. Zum Veranstaltungsgefüge

Bei der nachträglichen Einordnung dessen, was sich über das Semester herauskristallisiert hat, ergibt sich: Mit jedem Übungsblatt wurde das Netz an einem anderen Zipfel aufgenommen. Dabei haben die einzelnen Aufgaben jeweils Fäden am betreffenden Zipfel gesponnen, sodass in der Besprechung jedes Übungszettels ein Teilnetz entstanden ist.

Dabei wurden aber nicht nur Fäden innerhalb des Teilnetzes gesponnen, sondern auch Fäden ausgeworfen sowohl zu anderen Zipfeln (ob sie in der Veranstaltung schon besprochen waren oder nicht) des Netzes als auch zu anderen Veranstaltungen (ob sie alle Studierenden belegt hatten oder nicht). Typischerweise wurden dabei Zipfel aufgenommen, die in der Nähe bereits behandelter Zipfel lagen. Daran wurde in der Übung dann aktiv angeknüpft. Dadurch, dass sich immer auch auf Ba-Grundkenntnisse zur Quantenmechanik bezogen wurde, gab es immer ausgeworfene Fäden, die bei allen Beteiligten direkt an etwas anknüpfen konnten, obwohl viele Studierende nicht jede Woche an den Übungen teilgenommen oder etwas abgegeben haben und sicherlich zwischendurch auch mal Studierende verloren gegangen waren, die aber so wieder neu einsteigen konnten. Bei dieser Anknüpfung leisteten Quizzaufgaben wie in [20] diskutiert sehr hilfreich.

In den Workshops wurde dann eine Landkarte des jeweils bis dahin aufgebaute Netzes erarbeitet.

5.1.3.2. Zu den Aufgaben

- Die klassischen Rechenaufgaben, die sich z.B. auch viel im Wuppertaler Material finden, lassen sich oft mit den Anleitungen in den Wuppertaler-Videos Kochrezept-artig lösen und sind auf diese Art für Physik-Masterstudierende oft trivial. Deshalb wurde ihre Anzahl im Verhältnis zu früheren Durchläufen ein wenig reduziert. Dafür wurden sie in bereits angedeuteter Weise in einen größeren Kontext eingebunden. So haben die Studierenden sie einerseits kurz durchrechnen und ein erstes Erfolgserlebnis erreichen können. Sie mussten in der Übung auch meist nicht, oder nur kurz diskutiert werden.
- Damit es nicht beim Abarbeiten von solchen Rezepten bleibt, wurden diese Aufgaben ergänzt durch Fragen, die genau auf die Stellen der Vorlesung zielen, an denen für Chemiker*innen Selbstverständliches nur kurz gestreift wird, an denen die Mathematik nicht allzu formal sauber

oder mit impliziten Annahmen aufgeschrieben ist. Z.B.: „In Minute 5 von Video 8 findet sich Halbsatz ‚XY‘. Schreibt dies so auf, wie ihr es in einer Analysis-Übung tun würdet.“ „Warum hat die Wellenfunktion SU(2)-Symmetrie, die angeblich aus der Rotationssymmetrie des Raumes folgt? Rotationssymmetrie ist doch SO(3), oder nicht?“ „Auf Folie 6 von Vorlesung 2 kommt die Variable K vor, auf Folie 3 von Vorlesung 12 auch. Ist das das Gleiche?“

- Dabei sind immer auch Aufgaben dabei, die eine Vernetzung zwischen verschiedenen Teilen der Vorlesung herstellen, vor allem aber auch mit dem bei einem Studiengang mit rund 40% internationalen Studierenden sehr heterogenen Vorwissen aus dem Ba, z.B. „Schlagt in euren Ba-Notizen das Ehrenfest-Theorem nach. Kann man die Formel von Folie X prinzipiell auch damit herleiten?“ „Warum kann man diese Schrödinger-Gleichung nicht einfach lösen? Welche Ansätze kennt ihr aus dem bisherigen Studium, um Physikalische Probleme anzugehen, die nicht / nur schwer analytisch gelöst werden können. Welche sind hier anwendbar, welche nicht?“

Die Erfahrung mit diesen Aufgaben ist, dass die Studierenden diese Aufgaben fast immer mit der richtigen Formel beantworten, aber fast immer drunter schreiben, dass sie das leider schon damals nicht verstanden haben und sie es frustrierend finden, das vor Augen geführt zu bekommen. Dennoch ist das Nachlesen und Stutzen sehr hilfreich für die Besprechung, die sich dann leicht mit den bereits angesprochenen Multiple-Choice-Quizzfragen beginnen lässt und die die Studierenden in den Evaluationen durchweg als besonders wertvoll einschätzen. Auf diese Weise wurde auch immer versucht, eine Brücke zwischen dem eher Chemie-orientierten Zugang der Wuppertaler Vorlesung, dem Physik-orientierten Vorwissen der Studierenden und einer Herausbildung der Grundbegriffe und -ideen der Darstellungstheorie, die zwar die Sprache der „reinen Mathematik“, die die Studierenden in ihren ersten Unisemestern irgendwann einmal gelernt haben, verwendet, inhaltlich für die Studierenden aber komplett neu ist.

- Um den erwähnten Gesamtkontext herzustellen, wurden immer wieder vereinfachte hypothetische oder historische Forschungsprozesse nachempfunden, z.B.: „19XX kannte man die Geometrie des Wassers noch nicht. Es gab dazu zwei Hypothesen, nämlich S und P. Die Entscheidung darüber, welche stimmt, war von grundsätzlicher Bedeutung, weil... 19YY Auf diesem Übungsblatt wollen wir exemplarisch durcharbeiten, wie sich diese Frage mit Hilfe der 19YY neuen Messung eines Spektrums beantworten lässt...“

Hierbei wurden auch immer wieder Aufgaben zur Literaturrecherche und zum Umgang mit

Messdaten eingebaut, die manche Studierenden aber konsequent nicht bearbeitet haben („Ich habe es in altertümlich gedruckten Tabellen zu wühlen.“). Gerade auch in Lockdown-Zeiten gab es aber z.B. auch (beliebtere) Aufgaben wie: „Findet eine*n Studierende*n mit Ba-Arbeit in Festkörperphysik, eine*n mit Ba-Arbeit in Theoretischer Physik und eine*n mit Ba-Arbeit in Kernphysik und befragt sie und Wikipedia, was ein Quasi-Teilchen ist. Kristallisiert das Gemeinsame der Antworten heraus. Was davon findet sich im Vorlesungsvideo 3?“

Wie viele Studierende Übungsaufgaben abgegeben haben und wie viele Aufgaben dann jeweils wie gut bearbeitet wurden, hat sehr geschwankt. Fast alle Studierende sind über das Semester dran geblieben, haben aber in etwa 50% der Wochen die Aufgaben nicht angesehen. Wenn die Studierenden abgegeben haben, haben sie meist alle Aufgaben angesehen und etwa 50% davon bearbeitet, wobei die Bearbeitungen selten vollständig waren. Die Gesamtkonzeption, dass jede Übung als Ganze einem Zipfel des Netzes gewidmet war und z.B. Quizzfragen, die erst nach der Korrektur der Übungen erstellt wurden und zum Zipfel gepasst haben, die Besprechungen eröffnet haben, hat es ermöglicht, sich in der Übung dem Thema der Übung von einer Seite zu nähern, die einerseits für alle neu war und andererseits ermöglicht hat, dass die, die Aufgaben bearbeitet hatten, sich damit einbringen konnten.

Sehr bewährt haben sich Quizzfragen, die sich ableiten aus Abgaben, die nicht falsch, aber auch nicht wirklich richtig sind: Fortgeschrittene Physikstudierende haben typischerweise ein gutes Gefühl und genug assoziativen Background, um zu wissen, was man schreiben muss, damit etwas nicht falsch ist (oder zumindest in einer Klausur keinen Punktabzug gibt). Gleichzeitig liest man als Übungsleiter mit ein bisschen Erfahrung zwischen den Zeilen fast immer dennoch raus, wo eigentlich etwas unverstanden ist, sei es, dass im Lösungsweg an entscheidender Stelle ein Zwischenschritt fehlt, aber es dennoch richtig weiter geht, weil die Sprache schwammig wird oder nicht mehr sagt, was physikalisch ist, sondern nur noch beschreibt, wie Formeln umgestellt werden, weil Formeln ohne klar definierten Bezug assoziativ nebeneinander stehen. Solche Fundstücke haben sich als hervorragender Ausgangspunkt herausgestellt: Eine Quizzaufgabe, die auf den Punkt in solch eine Unklarheit reingrätscht, nutzt erfahrungsgemäß allen Studierenden, räumt oft mit jahrelangen Unklarheiten auf und sorgt damit für viele befriedigende nachgeholt Aha-Effekte. Im Rahmen einer solchen Diskussion lassen sich die ursprünglichen Aufgaben auf dem Übungszettel dann oft in einem Nebensatz klären, zumal alle oben erwähnten Aufgabenarten sich – den richtigen Ansatz vorausgesetzt – immer in maximal 5 Zeilen lösen ließen.

5.1.4. Wie weiter?

Sowohl die Evaluation durch die Fakultät als auch eine immer wieder zwischendurch durchgeführte DIY-Evaluation³ waren positiv und die Prüfungen mit erfreulichem Ergebnis, vor allem aber sind kaum Studierende abgesprungen und relativ viele sind danach der Molekülphysik auf irgendeine Weise treu geblieben. Auch als 2021 Präsenzveranstaltungen dieser Größe problemlos wieder möglich waren, wurde dieses System erfolgreich beibehalten. In 2022 war der Anteil der Molekülsymmetrie erheblich geringer. Auf Wunsch der Studierenden waren zahlreiche Exkurse in die Molekülphysik I-Veranstaltung eingebaut worden, weshalb Stoff, der in den Vorjahren dort behandelt worden war, in die Molekülphysik II gerutscht ist. Dieser Stoff wurde herkömmlich mit Tafelvorlesung und davon abgeleiteten Übungsaufgaben behandelt. Umgekehrt wurden die im Folgenden noch näher erläuterten didaktischen Überlegungen hinter der Gestaltung der Übungsaufgaben, das Just-in-Time Teaching und die Gestaltung der einzelnen Übungen 2022 in der gesamten Molekülphysik so gehandhabt wie hier beschrieben.

Wenn nicht nur die Kontaktzeit zur Diskussion statt für Input genutzt wird, sondern zusätzlich der Rote Faden nicht aus dem Input, sondern aus den Aufgaben kommt, ist eine verknüpfende Aufgabenbesprechung einerseits wichtig und andererseits mit ein paar einfachen Tricks wie dem erwähnten Einsatz der Quizzes auch relativ leicht zu realisieren. Eine Dynamik, wie sie die erwähnte dichte just-in-time-Gestaltung mit sich bringt, ist dabei sehr hilfreich. Dabei stellt sich die Frage, ob dies auch bei größeren Veranstaltungen mit mehreren Übungsgruppen zu realisieren ist bzw. was man real verliert, wenn die Rahmenbedingungen diese Dynamik nicht erlauben.

5.2. Guided Discovery Learning

Ein Beitrag von Malte Schröder, Jana Lasser und Lisa Lehmann

Vorlesungen stehen im Zentrum von klassischen Lehrveranstaltungen. Dabei ist das Entdecken und Selbstrechnen gerade auch beim Lernen von theoretischer Physik wichtig und sehr gut möglich. Wie

³ Der Übungsleiter hat in einem geteilten Online-Textdokument z.B. 2 Fragen gestellt und Antwortmöglichkeiten darunter geschrieben. Die Studierenden konnten über einen geteilten Link anonym sowohl weitere Antwortmöglichkeiten als auch weitere Fragen ergänzen und über die Antwortmöglichkeiten abstimmen, indem sie z.B. ein „+1“ dahinter geschrieben haben. Darüber hinaus konnten die Studierenden die Fragen, die Antwortmöglichkeiten und auch das Abstimmungsverhalten der anderen Studierenden kommentieren. Typischerweise haben die Studierenden mehr und triftigere Fragen gestellt als die vom Übungsleiter als Start vorgegebenen und sich alle zu sämtlichen Antwortmöglichkeiten verhalten. Die Diskussionen, die sich innerhalb kürzester Zeit im Pad ergeben haben, waren immer wertschätzend, oft amüsant und sehr hilfreich für die weitere Veranstaltungsgestaltung.

verschiedene Aufgabentypen aktives Lernen ermöglichen können – ein Plädoyer für Übungen, aber weniger üben.

Im Studium dreht sich alles um die Vorlesungen – zumindest in der Wahrnehmung vieler Studierender und gerade auch weil oft nur diese Art des Mathematik- und (theoretische) Physik-Lernens aus der Schule bekannt ist. Diese Vorstellung wird durch unseren alltäglichen Sprachgebrauch und auch durch die Kommunikation über die Lehrveranstaltungen oft weiter verstärkt. Die Übungen und ‚Hausaufgaben‘, die es im Rahmen der meisten Lehrveranstaltungen ebenfalls gibt, werden dann eher als Beiwerk empfunden, in dem das Gelernte nur nochmal (wie der Name schon sagt) geübt wird. Neue Konzepte und Ideen werden also zuerst in der Vorlesung erklärt und im Anschluss in den Übungsaufgaben wiederholt. Dadurch passiert das Lernen von neuen Konzepten und Methoden in diesem klassischen Modell von Vorlesungen und Übungen implizit passiv in der Vorlesung. Dieses Bild des universitären Lernens entbindet damit zumindest teilweise auch die Studierenden von der Verantwortung für ihr Lernen, denn es impliziert, dass man alles Wichtige mitbekommt, wenn man nur in der Vorlesung ist und zuhört.

Dabei ist das aktive Lernen und Anwenden der Konzepte und Methoden ein zentraler – wenn nicht sogar der zentrale – Bestandteil des Lernens. Übungen und Übungsaufgaben, um in der Vorlesung erlernte Konzepte und Methoden anzuwenden, zu üben und zu wiederholen, sind und bleiben dabei unersetzlich, um die komplexen Zusammenhänge und Methoden zu verinnerlichen. Übungen bieten aber zusätzliche Möglichkeiten, das Selbststudium und die Vorbereitung als aktives Lernen in den Mittelpunkt der Lehrveranstaltung zu stellen. Solche Ansätze sind in anderen Fällen, insbesondere zum Beispiel beim Programmieren, bereits üblich. Oft werden dabei nur die grundlegenden Konzepte erklärt und die Lernenden können und müssen diese dann eigenständig und ohne explizite Vorgaben zur Lösung von (in vielen Fällen eigenen) Programmieraufgaben anwenden. Das kann so weit gehen, dass neue Inhalte asynchron in Form von Videos oder anderen Vorlesungsunterlagen von den Studierenden in Eigenregie erlernt und geübt werden, und die Präsenzzeit in der Vorlesung dafür genutzt wird, Fragen und über den eigentlichen „Stoff“ hinausgehende Inhalte zu diskutieren (flipped classroom).

Auch in das Physikstudium findet diese Art des Lernens Einzug. Gerade in weiterführenden Vertiefungsvorlesungen können die nötigen Grundlagen meist als bekannt vorausgesetzt werden und die Studierenden bringen oft eine größere intrinsische Motivation mit, da sie sich die Themen der Lehrveranstaltungen selber aussuchen. Das selbstständige Entdecken und Erforschen komplexer Zusammenhänge in speziellen Themengebieten bereitet dabei zusätzlich gut auf zukünftige eigene wissenschaftliche Ar-

beiten, zum Beispiel im Rahmen von Abschlussarbeiten, vor. Je weiter fortgeschritten die Studierenden sind, desto einfacher kann dieser Ansatz auch mit wenig Anleitung erfolgreich sein (unassisted discovery).

Grundsätzlich eignen sich Übungsaufgaben, die das aktive Lernen und Entdecken fördern, aber auch für Grundvorlesungen, wobei hier eine entsprechend enge Begleitung notwendig ist (assisted/guided discovery). Dabei unterscheiden wir im Folgenden grob zwischen drei verschiedenen Arten von Aufgaben:

- Klassische Übungsaufgaben ermöglichen das Anwenden und Wiederholen bereits erlernter Konzepte.
- Vorbereitungsaufgaben können neue Konzepte ganz oder teilweise in der Übung einführen, bevor diese in der Vorlesung besprochen werden. Dabei führen sie im Sinne von Guided Discovery Learning in kleinen Schritten durch einfache Beispiele oder Anwendungen, die die Konzepte illustrieren und schließlich verallgemeinern.
- Vertiefungsaufgaben folgen einer ähnlichen Idee wie Vorbereitungsaufgaben, folgen aber nach dem Erlernen der Konzepte, um die Bedeutung und Implikationen der erlernten Konzepte zu vertiefen. Dazu können Vertiefungsaufgaben anhand von Beispielen und Anwendungen unter anderem spezielle Details der Konzepte aufgreifen oder weiterführende verwandte Konzepte einführen.

Die Integration entsprechender Aufgaben in die Lehrveranstaltungen können die Studierenden auch in der theoretischen Physik dazu anleiten, Konzepte oder Fragestellungen selber zu entdecken und aktiv über deren Bedeutung nachzudenken. Im Idealfall können die Studierenden dabei Fragestellungen und Konzepte in den Vorbereitungsaufgaben selbst aktiv erarbeiten, mit den anschließend in der Vorlesung vorgestellten Konzepten und Methoden direkt eine Anwendung verbinden, und diese schließlich in der folgenden Übung anwenden und vertiefen.

Eine große Herausforderung dieser Art des Lernens ist es, die Studierenden über die ganze Lehrveranstaltung hinweg mitzunehmen. Insbesondere in der Mathematik und (theoretischen) Physik mit vielen aufeinander aufbauenden Konzepten ist ein gutes Verständnis der theoretischen und mathematischen Grundlagen für ein erfolgreiches aktives Entdecken notwendig. Diese Art der Übungen setzt daher auch die kontinuierliche Mitarbeit durch die Studierenden voraus, was in manchen Fällen als zusätzlicher Arbeitsaufwand empfunden werden kann, aber oft das kurzfristige Lernen vor der Prüfung vereinfacht. Funktioniert dies, kann diese Art der Aufgaben und des eigenen Entdeckens Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Konzepten aufzeigen und das tiefergehende Verständnis und die Motivation zur kontinuierlichen Mitarbeit weiter fördern. Fehlen dazu aber die Grundlagen oder machen die Übungen zu

große Sprünge, kann dies auch schnell in Frustration bei den Studierenden umschlagen und damit gerade zum gegensätzlichen Ergebnis führen. Diese Übungen können und sollen die Vorlesungen als Aufbereitung der Lerninhalte also nicht ersetzen, sondern nur begleiten und im Idealfall vereinfachen und verkürzen.

Insbesondere muss viel mehr als bei anderen Lernformen darauf geachtet werden, Studierende nicht zu verlieren. Daher ist für Lehrende ein kontinuierliches Feedback wichtig, um zu verfolgen wie gut die Studierenden die jeweiligen Aufgaben (eigenständig) bearbeiten können oder wo es besonders große Verständnisprobleme gab. Insbesondere reicht es nicht, nur die Evaluierung der gesamten Lehrveranstaltung am Ende des Semesters zu nutzen. Kontinuierliches Feedback kann zum Beispiel in Form von anonymen Umfragen oder kurzen Multiple-Choice-Aufgaben im Rahmen der Vorlesung erfolgen, um neben der Selbsteinschätzung der Studierenden auch Informationen über den tatsächlichen Kenntnisstand zu erhalten. Passieren solche Überprüfungen kontinuierlich im Verlauf des Semesters, können Lehrende auf eventuell entstandene Verständnislücken reagieren und den Inhalt der nächsten Vorlesungen und/oder Übungen entsprechend anpassen.

Aus dem gleichen Grund stellt diese Art von Übungen, insbesondere bei der Nutzung als Vorbereitungsaufgaben, auch sehr hohe Ansprüche an die Aufgabenstellungen. Die Aufgaben müssen so gestaltet sein, dass das zentrale Konzept deutlich wird und die Fragestellung nicht zu offen bleibt, zum Beispiel durch präzise Fragen, bevor die Konzepte verallgemeinert werden. Bei längeren Aufgaben sollte außerdem darauf geachtet werden, hinreichend kleine Schritte zu machen und am besten Zwischenergebnisse anzugeben, damit die Studierenden einen Leitfaden haben und nicht zu große Lücken entstehen. Andererseits dürfen die Aufgaben eine Herleitung oder Lösung nicht wie in einem Buch im Detail beschreiben, sodass keine oder nur triviale Schritte von Seiten der Studierenden notwendig sind. Dabei kann das Verstehen von Formeln und Zusammenhängen, die zwar nicht explizit besprochen wurden, deren Grundlagen aber bekannt sind, durchaus ein wichtiger Aspekt der Aufgaben sein. Insbesondere bei Vorbereitungsaufgaben muss aber auf eine entsprechend genaue Aufgabenstellung geachtet werden, die die Studierenden dabei unterstützt, und immer die Möglichkeit gegeben sein, dass die Studierenden Fragen stellen können, damit sie bei den Aufgaben nicht stecken bleiben. Vorbereitungsaufgaben eignen sich daher auch sehr gut als Präsenzaufgaben zur gemeinsamen Bearbeitung in den Übungen. Dadurch können das Ziel und die zentralen Konzepte der Aufgaben durch die Übungsleiter explizit herausgestellt und Probleme oder Unklarheiten in der Aufgabenstellung oder den betrachteten Konzepten direkt besprochen werden.

Aber auch zum Erkunden neuer Konzepte oder Anwendungen in Vertiefungsaufgaben ist es wichtig, dass die Aufgabenstellung ausreichend viel, aber nicht alles erklärt und dennoch die wichtigen Zwischenschritte zur Kontrolle mitliefert. Die Problemstellung und die betrachtete Anwendung und die sich daraus ergebenden Fragen müssen klar beschrieben und motiviert sein. Dabei sollte deutlich zwischen den zentralen Konzepten, die untersucht werden sollen, speziellen Aspekten der betrachteten Anwendung und möglicherweise interessantem Hintergrundwissen unterschieden werden. Dies ist insbesondere auch für die Lösungen der Aufgabe wichtig. Die Erstellung der Aufgabenstellungen ist dadurch meist aufwändiger und die Aufgaben und Lösungen auch oft um ein Vielfaches länger als einfache Übungsaufgaben, sodass diese Aufgaben und auch lange Lösungen mit vielen weiterführenden Informationen anfangs oft abschreckend wirken können.

Eine klare Kommunikation der Ziele und des Schwierigkeitsgrads der Aufgaben, zum Beispiel eine deutliche Kennzeichnung der Aufgaben, ist wichtig, um Studierenden eine sinnvolle Priorisierung zu ermöglichen. Eine Herausforderung liegt dabei in oft großen Unterschieden zwischen (einfachen) Vorbereitungsaufgaben und (schwierigen) Vertiefungsaufgaben. Insbesondere sollte für die Studierenden klar werden, welche Aufgaben grundlegende Aspekte behandeln und künftige Lerninhalte vorbereiten und welche Aufgaben fortgeschrittene Konzepte erkunden, die für die Kerninhalte der Lehrveranstaltung nicht direkt relevant sind. Um besonders engagierte Studierende nicht zu langweilen, und gleichzeitig weniger engagierte Studierende nicht zu verlieren, kann zum Beispiel mit optionalen (Vertiefungs-)Aufgaben mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad gearbeitet werden, die mit (einer kleinen Anzahl von) Bonuspunkten für die Klausur belohnt werden können.

Vorbereitungs- und Vertiefungsaufgaben können dabei zusätzlich sehr gut durch ein Angebot diverser Lehrmaterialien unterstützt werden. Um den Arbeitsaufwand auf Seiten der Lehrenden zu begrenzen und gleichzeitig die Diversität der angebotenen Lehrmaterialien zu erhöhen, kann es dabei sinnvoll sein, existierende Lehrmaterialien, die über Bücher oder Skripte hinausgehen, einzusetzen. Vielfach gibt es hervorragende Vorlesungsmitschnitte anderer Bildungseinrichtungen, Podcasts und Blogposts, die die Themen aus anderen Blickwinkeln beleuchten. Diese eignen sich einerseits als alternative Angebote, um Konzepte aus Vorbereitungsaufgaben kennenzulernen, andererseits als weiterführende Materialien zu speziellen Anwendungen in Vertiefungsaufgaben. Beim Einsatz solcher Lehrmaterialien kommt den Lehrenden dabei vor allem die wichtige Rolle der Kurator:innen des vorhandenen Materials zu: Im Überfluss an verfügbaren Angeboten ist es gerade für Studierende oft schwierig, gute und relevante Inhalte herauszufiltern. Hier können Lehrende gezielt

Angebote kuratieren und mit den von den Lehrenden selbst erstellten Materialien in Bezug setzen, um den Studierenden die Navigation durch das Angebot zu erleichtern.

Vorbereitungsaufgaben lassen sich dabei für ganz grundlegende mathematische Methoden mit Vorlesung und anschließender Übung integrieren, zum Beispiel für die Dirac-Delta-Distribution: Sobald Grenzwerte, Integration und Taylorentwicklung bekannt sind, wird in einer Vorbereitungsaufgabe die Funktion (oder eine äquivalente Funktionenfolge) und der Grenzwert der Funktion und verschiedener Integrale untersucht. In der folgenden Vorlesung wird die Dirac-Delta-Distribution eingeführt, deren Eigenschaften grundsätzlich bereits aus der Vorbereitungsaufgabe bekannt sind. Im Anschluss kann in Übungsaufgaben das Rechnen mit der Delta-Distribution geübt und deren Bedeutung, zum Beispiel als Massendichte einer Punktmasse, in einer einfachen Vertiefungsaufgabe diskutiert werden. Dabei ist allerdings eine gute Abstimmung von Vorlesungen und Übungen wichtig, damit die Aufgaben und Konzepte in der richtigen Reihenfolge bearbeitet und besprochen werden.

Aber auch für fortgeschrittenere Themen der theoretischen Physik ist dieser Ansatz durchaus geeignet. Gute Beispiele für Vertiefungsaufgaben aus dem Bereich der statistischen Physik finden sich zum Beispiel im Buch ‚Statistical Mechanics‘ von James Sethna. Die einzelnen, relativ kurzen Kapitel führen dabei die zentralen Grundlagen ein, grundlegende Konzepte und weiterführende Details oder Anwendungen sind dabei meist gut voneinander getrennt. Die meisten Aufgabenstellungen, begleitet von oft relativ langen Erklärungen, zeigen schließlich Anwendungen auf und erkunden die vielen tiefergehenden, subtilen Details und weiterführenden Konzepte. Aufgrund der oben genannten Herausforderungen ist das Buch dadurch aber nur bedingt als isoliertes Selbst-Lern-Buch für den Einstieg in das Thema geeignet, sondern setzt die Aufbereitung und begleitende Interaktion mit Lehrenden und die Möglichkeit für aktives Fragenstellen durch die Studierenden voraus.

Guided discovery learning in Übungen zur theoretischen Physik umzusetzen ist sicherlich keine einfache Aufgabe. Die Themen werden oft als sehr schwierig empfunden und Studierende wollen oft „einfach nur bestehen“. Gerade deshalb bietet die theoretische Physik aber auch viel Potential, Studierende aktiver in das Lernen einzubinden und Neugier zu wecken. Wir möchten mit unserem Beitrag Lehrende dazu ermuntern, neue Formate wie die beschriebenen Übungen auszuprobieren und Studierende mehr einzubinden. Studierende möchten wir dazu einladen, sich auf die Formate einzulassen und sich mit Fragen und Feedback einzubringen. Denn nur durch ein Miteinander von Lehrenden und Lernenden können wir weg von Lehr- und hin zu Lernveranstaltungen kommen, in denen das Lernen im Mit-

telpunkt steht, mit mehr Fokus auf die Übungen, aber weniger „üben“.

5.3. Von der Vorlesung zur Aufgabenlösung: In der Übung gemeinsam ans Werk!

Ein Beitrag von Annemarie Sich, Stefan Brackertz und Rochus Klesse

Angeregt durch eine hochschuldidaktische Schulung wurde seit 2018 in einigen Veranstaltungen die Gestaltung der Übungen komplett abgeändert. Die bisher dominante Besprechung der von den Studierenden abgegebenen Übungen wurde fast komplett gestrichen; stattdessen werden die Übungen nun durch eine kurze Diskussion des Vorlesungsstoffes an Hand exemplarischer Fragen eingeleitet, der Hauptteil der Übungszeit wird dafür verwendet, gemeinsam die neuen Übungsaufgaben zu beginnen. Es hat sich herausgestellt, dass diese Konzeption auch über mehrere Semester hinweg und in verschiedenen Veranstaltungen zu einer hohen Beteiligung der Studierenden trotz reduzierter Restriktionen führt und sich die Klausurergebnisse verbessern.

Bereits seit einigen Jahren gibt es in der Fachgruppe Physik an der Universität zu Köln eine mehr oder weniger systematische Debatte darüber, wie der Übungsbetrieb fruchtbarer und gleichzeitig weniger restriktiv gestaltet werden kann.[12] Ein Ergebnis dieser Debatte ist, dass regelmäßig 2-tägige freiwillige Fortbildungen für Übungsleiter*innen angeboten werden, in denen Grundlagen kognitiver Aktivierung und kooperativen Lernens vermittelt werden. Diese Fortbildungen stoßen auch deshalb auf hohe Akzeptanz, weil durch den Referenten, Prof. Dr. Karl Friedrich Siburg von der Mathematik-Fakultät der TU Dortmund, eine große Nähe zum Setting des Übungsbetriebs im Physikstudium sichergestellt war.

Mehr aus der Betreuungsrelation in den Übungen machen!

Eine Grundthese dieser Fortbildungen ist: Der klassische Übungsbetrieb, bei dem mehr oder weniger gut erläuterte Musterlösungen an die Tafel geschrieben und meist nur Vorzeichenfehler diskutiert werden, ist angesichts der meist hervorragenden Betreuungsrelation in den Physikübungen vor allem ein Trauerspiel nicht genutzter Möglichkeiten: Die Zeit, die wirklich darauf verwendet werde, aus Fehlern zu lernen oder offene Fragen der Studierenden zu diskutieren, ist minimal; 80% dessen, was in einer klassischen Übung geschieht, lasse sich besser und mit geringerem Gesamtaufwand für alle Beteiligten durch die Herausgabe von Musterlösungen erledigen. Die Erkenntnis, die allen Mathe- und Physikstudierenden im ersten Semester mit auf den Weg gegeben werde, dass man nämlich Mathe und Physik nur lerne, indem man drüber rede (\neq vortrage), werde in diesem Format völlig ignoriert. Hinzu komme: Was auch immer man davon halte, dass Studierende in Übungen eine gewisse Punktzahl erreichen müssten: Fakt sei, dass viele Studierende in Übungen Angst

hätten, über ihre Abgaben zu reden, sei es, weil sie sie platt abgeschrieben haben oder sich an einer Gruppenabgabe nicht beteiligt haben, sei es, weil sie eine Lösung mehr assoziativ geraten als solide hergeleitet haben, sei es, weil sie denken, ausreichend engagierte Studierende müssten sich ihre Fragen mit Büchern selbst beantworten können; in jedem Fall sei das Ergebnis oft eine unerträgliche Kultur des Schweigens, die es zu durchbrechen gelte.

Immer wieder diskutiert wird, wie es gelingt, in den Übungen Raum für Fragen zu schaffen, die über den konkreten Lösungsweg der Aufgaben hinaus gehen und wie die Übungen insgesamt diskursiver werden können. Die naheliegende Antwort, die auch in vielen Varianten erprobt ist: Die Herausgabe von Musterlösungen ermöglicht die Besprechung der Aufgaben auf das zu reduzieren, was durch die Musterlösungen noch nicht geklärt ist, und die Gestaltung der Übungen durch Präsenzaufgaben.

5.3.1.1. Schlechtes Gewissen und Fear of Missing out

Die Schwierigkeit dabei ist vor allem eine „fear of missing out“ bei Studierenden: Anders als im Physikunterricht der Schule ist es an der Uni für die Mehrheit der Studierenden fast unmöglich, den gesamten Veranstaltungsstoff beim ersten Hören einer Veranstaltung zu verstehen. Dass, je nach Vorlesungskonzept, schon 30% gar nicht so schlecht sind, ist eine Erfahrung, die gerade Studienanfänger*innen erst einmal machen müssen (und typischerweise nicht glauben). Dies bringt allerdings erhebliche Verunsicherungen mit sich: Habe ich die entscheidenden 30% verstanden? Wie kann ich mich halbwegs sicher im Stoff bewegen, wenn darin immer Löcher sind? Kann ich meinen Ergebnissen vertrauen, sie sogar selbstbewusst an der Tafel vorstellen? Die Verunsicherung ist gerade bei Studienanfänger*innen auch deshalb so groß, weil in Schule und Gesellschaft typischerweise ein Bild von Physik vermittelt wird, in dem Annäherungsprozesse, assoziatives Arbeiten usw. nicht vorkommen, sondern lediglich analytisches, überwiegend deduktives Vorgehen, bei dem jeder Schritt zu 100% abgesichert ist; gleichzeitig ist solch ein Bild natürlich umso dringender zu überwinden, je mehr auf eine Einheit von Lehre und Forschung Wert gelegt wird, denn Forschung kann ja nie mit vollständiger Sicherheit und Klarheit beginnen. Das damit und hohem Leistungsdruck verbundene Gefühl, dauernd hinterher zu hinken, führt oft dazu, dass Studierende teils panisch einfordern, dass alle Lösungen von Aufgaben im Detail vorgerechnet werden – nicht um sie während der Übung zu verstehen, sondern um sie abschreiben zu können und sicher zu gehen, dass sie „später, wenn man endlich Zeit hat, sich alles genau anzusehen und aufzuholen“, als Material zur Verfügung stehen. (Ähnliche Tendenzen gibt es bei Videomitschnitten von Veranstaltungen.) Vor diesem Hintergrund entlasten aus Studierendensicht verläss-

liche und ausreichend vollständige Musterlösungen ungemein und ermöglichen oft überhaupt erst eine andere Gestaltung der Übungen, selbst wenn sie am Ende doch niemand liest (was aber typischerweise spätestens bei der Klausurvorbereitung geschieht).

Während sich Musterlösungen in der Kölner Physik inzwischen zu weiten Teilen etabliert haben, gibt es bei Präsenzaufgaben trotz vieler Versuche auch viel Hadern: Dadurch, dass oft ungeklärt ist, wie sie im Verhältnis zu den Hausaufgaben stehen und der Bedarf bei allen Seiten oft groß ist, auch bei der Existenz von Musterlösungen über die vergangenen Hausaufgaben zu sprechen, steht beides oft zeitlich in Konkurrenz zueinander und geschieht in großer Hektik.

5.3.2. Modell

Hier setzt das in diesem Beitrag vorgestellte Modell an: Anstatt zulasten der Hausaufgabenbesprechung Raum für Präsenzaufgaben zu schaffen, wird beides in ein produktives Verhältnis zueinander gestellt. Die Grundidee ist dabei, dass die Aufgaben nicht nach ihrer Lösung und Abgabe in der Übung besprochen werden, sondern vorher als Auftakt zu ihrer Bearbeitung. Dabei wird die Trennung zwischen Präsenz- und Hausaufgaben aufgegeben; gleichzeitig werden Musterlösungen und auch die Möglichkeit, über dann noch offene Fragen im Nachhinein zu sprechen, sichergestellt. Ein wichtiger weiterer Aspekt ist, dass Studierende bei diesem Modell systematisch angeleitet werden, wie sie Hausaufgaben produktiv bearbeiten und Gruppenarbeit, mit der viele schlechte Erfahrungen aus der Schule haben, gelingen kann:

- **Wöchentliche Übungsserien** im üblichen Umfang einer Bachelor-Physik-Vorlesung. Zur Zulassung zur Klausur ist im Semestermittel eine Mindestpunktzahl zu erreichen, allerdings ist diese Hürde deutlich niedriger, als sonst im Studiengang üblich (z.B. 20% statt 50% Zulassungshürde), sodass dies eher eine Mitmach- als eine Leistungsanforderung ist. Dadurch ist für die Studierenden auch klar, dass die Zulassung nicht zum Bestehen reicht, dass man sich also nicht für den Rest des Semesters zurücklehnen kann, sobald man genug Punkte für die Zulassung erreicht hat, wozu gerade leistungsstärkere Studierende sonst oft tendieren.
- **Es gibt keine Unterscheidung in Präsenz- und Hausaufgaben**, allerdings beginnt jeder Übungszettel mit einigen (nicht bepunkteten) Diskussionsfragen, die auf ein vertieftes Herausschärfen zentraler Begriffe bzw. Ideen der Vorlesung zielen, die für die weiteren Aufgaben des Übungszettels relevant sind. Die neuen Übungsaufgaben werden i.d.R. 2 Tage vor der Übung zur Verfügung gestellt, sodass Studierende bereits einen Blick hineinwerfen können, ohne dass dies bei der Gestaltung der Übungen vorausgesetzt würde.

- In den wöchentlichen Übungsgruppen (ca. 15 Teilnehmer*innen) **keine Präsentation von Lösungen**, weder von Tutor*innen noch von Studierenden, stattdessen
- Kurze **Besprechung der Diskussionsaufgaben im Plenum** (vorgesehen: 15 min, in der Praxis variiert dies aber sehr stark, siehe unten),
- **Beginn der Bearbeitung der Übungsaufgaben** in Lerngruppen von bis zu drei Studierenden. Wesentlich dabei ist individuelle und bereitwillige Anleitung und Hilfestellung durch die/den Tutor*in.
- Die Übungsaufgaben werden in der 90-minütigen Übungsstunde nur zu einem geringen Teil bearbeitet. (In Evaluationen gaben die Studierenden an, im Schnitt noch etwa 5 Stunden pro Woche für die Lösung der Aufgaben aufzuwenden.) **Die begonnenen Lösungen werden von den einzelnen Gruppen gemeinschaftlich zu Ende geführt, aufgeschrieben und zur Korrektur abgegeben.**
- **Korrekturen und Lösungshinweise** (nicht unbedingt Musterlösungen, eher Hinweise wie sie auch die Tutor*innen erhalten, manchmal aber auch detaillierte Lösungen) werden nach der Abgabe den Studierenden so zeitig zur Verfügung gestellt, dass die Studierenden sie sich vor der nächsten Übung ansehen können. Ausschließlich auf konkrete Nachfrage gibt die/die Tutor*in zusätzliche Erläuterungen zu den Lösungshinweisen. Dies geschieht z.B. am Ende der Übung (in den letzten 10 min), während eigentlich die neuen Aufgaben bearbeitet werden bzw. im Anschluss an die eigentliche Übung, oft aber auch per Mail.
- **Das gesamte in die Veranstaltung involvierte Team trifft sich wöchentlich.** Dabei berichten die Übungsleiter*innen aus den Übungen, sodass dies im weiteren Verlauf der Gestaltung von Vorlesung und Übungsserien berücksichtigt werden kann. Außerdem gibt es oft kurze Erläuterungen, was Knackpunkte an den neuen Aufgaben sind, was man daran lernen kann und wie sie in den Kontext der Vorlesung passen.

Mit kleineren Änderungen findet dieses Modell auch in Theorie-Master-Veranstaltungen Anwendung.

5.3.3. Erfahrungen

Seit 2018 wurde dieses Modell in allen von Rochus Klesse verantworteten Veranstaltungen [13] (Ausnahme: Vorkurs) und einigen Veranstaltungen anderer Kollegen angewandt. Dabei handelt es sich um Vorlesungen zur Theoretischen Physik und von der Theoretischen Physik verantwortete Mathematik-Vorlesungen vom Ba-Erstsemester-Veranstaltungen bis zu Master-Spezialvorlesungen, für Hauptfach- und Nebenfach-Studierende. Auch nach mehreren Iterationen und in verschiedenen Personenkonstellationen hat sich das Modell bewährt. (Bei früheren

Experimenten mit z.B. Bonuspunkten hatte es den Effekt gegeben, dass die ersten Semester recht überzeugend waren, sich über die Zeit aber unerwünschte Effekte einschlichen.)

Über die angestrebten Effekte hinaus hat sich gezeigt, dass das gemeinsame Anfangen der Aufgaben auch dazu führt, dass die Studierenden systematischer Arbeitsgruppen bilden, in diesen Gruppen tatsächlich zusammenarbeiten und weniger dazu tendieren, Lösungen von anderen Studierenden oder aus der Literatur abzuschreiben. Die Erfahrungen im Detail:

5.3.3.1. Hard facts

- **Die Teilnahme an den Übungen war durchweg sehr gut**, obwohl es keine Anwesenheitspflicht oder Ähnliches gab. Dabei ist anzumerken, dass es keine Musterlösungen / -antworten zu den Diskussionsfragen gab.
- **Die meisten Studierenden haben sehr regelmäßig und auch tatsächlich in Gruppen abgegeben.** Nach dem üblichen Schwund in den ersten beiden Vorlesungswochen, der darauf zurückgeht, dass Studierende am Anfang des Semesters erstmal sondieren, was sie wirklich belegen wollen, sind nur wenige Studierende über das Semester verloren gegangen. Allerdings kam es je nach Veranstaltung systematisch vor, dass eine nicht zu vernachlässigende Zahl von Studierende jede Woche nur einen Bruchteil der Aufgaben auf dem Übungszettel bearbeitet haben, diese Aufgaben aber typischerweise recht gut. Dadurch gab es immer wieder auch Studierende, die die niedrige Zulassungshürde nur knapp genommen haben.
- **Die Klausurergebnisse sind im Vergleich zu vorherigen Semestern, in denen die Übungen vor allem in einer Besprechung der Hausaufgaben bestanden, wesentlich besser geworden.** Bei diesem Standardmodell gab es immer einen gewissen Anteil von Studierenden, die trotz klar erreichter Klausurzulassung in der Klausur so gut wie gar nichts hinbekommen haben, was darauf hindeutet, dass diese Studierenden die Zulassung nicht durch eigenständige Lösung der Übungsaufgaben erreicht haben oder zumindest sehr wenig aus den Übungen mitgenommen haben. Dieses Phänomen gibt es mit dem neuen Modell fast gar nicht mehr. Dagegen hat sich am Rest der Ergebnisverteilung relativ wenig geändert.

Angesichts dieser Beobachtungen und Gesprächen mit einigen Studierenden und Übungsleiter*innen liegt die Vermutung nahe, dass es gelungen ist, dass kaum Studierende verloren gehen bzw. dass die Gestaltung der Übungen es ermöglicht, dass Studierende, die den Anschluss verloren haben, die Chance haben, wieder einzusteigen und diese Chance auch nutzen.

Da sich abgesehen vom Wegfall der sehr schwachen Klausurergebnisse an der Verteilung der Klausurergebnisse nicht viel geändert hat, obwohl einige Gruppen immer nur einen kleinen Teil der Übungsaufgaben bearbeiten, würden wir zudem eine weitere These wagen: Kann es sein, dass der teils geringe Bearbeitungsgrad der Übungszettel im Prinzip sichtbar macht, wie viel die Studierenden in diesem Modell wie im herkömmlichen tatsächlich eigenständig bearbeiten? Oder andersrum: Kommt der höhere Bearbeitungsgrad der Hausaufgaben, den es bei manchen Studierendengruppen im herkömmlichen Modell gibt, daher, dass Studierende Aufgaben nicht gemeinsam bearbeiten sondern sich aufteilen, wer in einer Gruppe, welche Aufgaben bearbeitet, dann alleine oft überfordert sind und die Aufgaben in Wirklichkeit von anderen Studierenden oder aus der Literatur abgeschrieben? Oder sind die, die nur einen kleinen Teil der wöchentlichen Aufgaben bearbeiten, die, die im herkömmlichen Modell verloren gehen?

5.3.3.2. Lernkultur und das Problem des Anfangens

Einvernehmlich berichten Studierende wie Übungsleiter*innen, dass das gemeinsame Anfangen der Übungsaufgaben über die konkrete Hilfestellung, die die Übungsleiter*innen dabei leisten, hinaus eine große Bedeutung hat:

- **Die Studierenden bilden tatsächlich Arbeitsgruppen und diskutieren die Aufgaben, anstatt wie sonst häufig einfach nur die Aufgaben untereinander aufzuteilen und dann faktisch allein zu bearbeiten.** Dabei bleiben auch schüchterne Studierende, die sonst teilweise Schwierigkeiten haben, Arbeitsgruppen zu finden, nicht allein. Wenn auch viel seltener, springen auch im beschriebenen Modell vor allem in den ersten zwei Semesterwochen, in denen viele Studierende noch an ihrem Semester-Stundenplan basteln, Studierende ab. Insbesondere wenn die Übungsleiter*innen darauf ein Auge haben, finden die verbliebenen Studierenden aber nun anders als sonst zwanglos neue Gruppen. Auch wenn Gruppen nicht (mehr) gut miteinander klar kommen (was auch Physik-fremde Gründe wie zerbrochene Beziehungen oder neue Arbeitszeiten im Nebenjob haben kann), klappt die Neubildung von Arbeitsgruppen quasi automatisch.
- Nicht nur wenn Studierende eine Aufgabe alleine bearbeiten, haben sie oft Schwierigkeiten einen Lösungsansatz zu finden und geben zu schnell auf, den Ansatz selbst zu finden. **Wird in der Übung der Anfang gemeinsam gemacht, gibt es die Erfahrung, dass und wie man es tatsächlich selbst schaffen kann. Dies ist nicht nur ermutigend, sondern verringert auch die Wahrscheinlichkeit, dass Studierende bei der weiteren Bearbeitung der Aufgaben in das Muster aus Arbeitsteilung statt Zusammenar-**

beit und Recherchieren oder Abschreiben des Ansatzes statt Selbstversuchen zurückfallen.

Einschränkend muss angemerkt werden, dass die meisten Gruppen z.B. nur 2 von 5 Aufgaben in der Übung beginnen und dann bei den übrigen Aufgaben mitunter doch die klassische Arbeitsteilung geschieht und/oder die Hürden des Anfangens bestehen bleiben. Nur wenig Studierenden gelingt es, in der Übungszeit alle Aufgaben daraufhin zu screenen, wo es Schwierigkeiten geben könnte, und diese alle zu klären.

- Gerade bei hoher Arbeitsbelastung neigen Studierende dazu, Aufgaben erst kurz vor der Abgabe zu beginnen. Besonders bei Aufgaben, die Kreativität erfordern (etwa Beweise, die keinem festen Schema folgen) oder reifen müssen, um beispielsweise eine Idee auf den Punkt zu bringen, ist dies auch dann ein Problem und führt zu Stress, wenn der späte Beginn bezogen auf die reine Bearbeitungszeit noch ausreicht. Anders im hier besprochenen Modell: **Ist der Anfang gemeinsam frühzeitig gemacht, können die Aufgaben auch dann im Kopf reifen und sich sortieren, wenn die Studierenden sie erst auf den letzten Drücker fertig machen.**
- Ein Grund, warum Studierende die Bearbeitung von Aufgaben oft vor sich her schieben, ist, dass sie den Eindruck haben, hinterher zu hinken und erst noch Stoff aufholen müssten. Dies führt dann wiederum dazu, dass der aufzuarbeitende Berg immer größer wird und Studierende letztlich verloren gehen. **Die Erfahrung mit dem vorgestellten Modell ist, dass es Studierenden den Wiedereinstieg, gerade auch wenn sie einen großen Berg und ein schlechtes Gewissen vor sich her schieben, ungemein erleichtert:** Bei den Diskussionsfragen fällt allen Beteiligten typischerweise sehr schnell auf, welche der für die anstehenden Aufgaben notwendigen Grundlagen fehlen oder nur halb richtig verstanden wurden. Das hat einerseits den Effekt, dass die Studierenden merken, dass sie nicht die einzigen sind, die etwas noch nicht oder vielleicht auch falsch verstanden haben – oder aber auch, dass sie gut dabei sind –, und die Übungsleiter*innen können sehr gezielt mit Exkursen diese Lücken stopfen, bevor es dann tatsächlich gut vorbereitet an die Bearbeitung der Aufgaben geht. So ist denn auch die Erfahrung, dass diese Diskussionsphase abhängig von der Gruppe, aber auch vom aktuellen Vorlesungsthema sehr unterschiedlich lange (10-60 Minuten) dauern kann. Diese Situation kommt insbesondere auch sehr heterogenen Gruppen zugute. So wurde das Modell mehrfach in einer zweiseimestrigen Vorlesungsreihe zur Theoretischen Physik angewandt, die sich an Physik-Lehramts-Studierende, Studierende des Bachelorstudiengangs Geophysik&Meteorologie sowie Mathe-studierende mit Physik-Nebenfach richtet. Diese Studierenden haben auch dann,

wenn sie im Prinzip alle das für die Vorlesung nötige mathematische Handwerkszeug gelernt haben, doch sehr unterschiedliche Voraussetzungen im Umgang mit abstrakteren mathematischen Strukturen wie etwa Hilberträumen. In den Diskussionsphasen ist es dabei oft gelungen, dass die Studierenden voneinander gelernt haben, was bei meist qualitativen Diskussionen über kurze Fragen erheblich besser funktioniert als beim Vorrechnen einer längeren Lösung – allein schon, weil bei einem echten Wortwechsel in einem ganz anderen Maße aufeinander Bezug genommen werden muss. Dabei profitieren nicht nur die Studierenden, die weniger erfahren im Umgang mit den mathematischen Grundlagen sind, sondern auch die, denen direkt klar ist, wie ein mathematisches Objekt gehandhabt werden muss, weil es auch für die eine Herausforderung ist, spontan, nachvollziehbar und kurz zu formulieren, was sie da eigentlich tun.

Die Hürden mitzureden sind dabei auch deshalb niedriger, weil es weder in der Diskussion noch beim Beginn der neuen Aufgaben eine Rolle spielt, ob man die letzten Lösungen abgeschrieben hat und niemand ein schlechtes Gewissen hat, sich irgendwas vor der Übung nicht angeschaut zu haben. So betonen sowohl Studierende als auch Übungsleiter*innen die angenehme und aktive Gesprächsatmosphäre, die sich ausnahmslos spätestens nach den ersten Wochen eingestellt hat, die Studierende wie Übungsleiter*innen typischerweise brauchten, um sich an das meist für sie ungewohnte System zu gewöhnen.

Zudem lernen Studierende in der Diskussionsphase nebenbei die **Nachbereitung von Vorlesungen**.

Besonders durch die individuelle Unterstützung in der Aufgaben-Bearbeitungsphase bekommen Übungsleiter*innen nicht nur sehr gut mit, wo die Studierenden stehen, was sie können und wo sie Lücken haben; vielmehr bekommen sie anders als beim Korrigieren von Abgaben auch mit, wie die Studierenden denken und wie sich daran anknüpfen lässt. Letzteres können erfahrungsgemäß wenig didaktisch geschulte, fortgeschrittene Studierende sonst häufiger nicht treffend intuitiv einschätzen. Auch wenn die Übungsleiter*innen alle berichten, dass dies viel anstrengender und herausfordernder ist als eine übliche Übung, weil man ständig on-point etwas aus diesem Feedback machen muss, wird dies als sehr motivierend empfunden. Die sehr konsequent wöchentlich stattfindenden Teambesprechungen werden dabei als sehr hilfreich empfunden.

5.3.3.3. Und was ist mit den Korrekturen?

Die Nachbesprechung der abgegebenen Übungsaufgaben, die im klassischen Übungsbetrieb mehr oder weniger die gesamte Zeit einnimmt, kommt in diesem Modell gar nicht (explizit) vor. Kann das gut

gehen? Und falls ja: Ist dann all die Arbeit im klassischen Übungsbetrieb komplett überflüssig?

Unsere Erfahrung ist: Das, was den klassischen Übungsbetrieb ausmacht, kommt implizit sehr wohl auch im hier vorgestellten Modell vor:

Wenn Studierenden wirklich Bedarf sehen, über bestimmte Knackpunkte zu sprechen, wird das – genau auf den Bedarf der jeweiligen Studierenden abgestimmt – in individuellen Gesprächen in der Arbeitsphase geklärt. Tatsächlich geschieht dies aber nur selten, weil die meisten Studierenden bei einer hilfreichen Korrektur und im Zweifel unter Hinzuziehung der Musterlösung angesichts von Zeitdruck unter dem Semester von sich aus nicht allzu oft größeren Gesprächsbedarf sehen.

Typischerweise bauen alle Übungsleiter*innen Erläuterungen, die sie angesichts der Korrekturen und der Team-Besprechungen für sinnvoll erachten, aber von sich aus in die Besprechung der Diskussionsfragen ein. Der Fokus ist dabei dann aber weniger: „Wie muss man es machen, wenn das in der Klausur dran kommt?“ Sondern viel mehr: „Hier taucht etwas auf, was euch vorher schonmal Schwierigkeiten bereitet hat, und zwar...“ Dadurch, dass diese Besprechung unmittelbar für die Studierenden nützlich ist, beschäftigen sie sich dann viel eher tatsächlich damit, anstatt sich lediglich Notizen für die Klausurvorbereitung am Ende des Semesters zu machen.

Manche Übungsleiter*innen triggern auch bewusst, dass Studierende die Fragen zu den aktuellen Aufgaben haben, nochmal in alte Aufgaben schauen, indem sie – was die Aufgaben oft hergeben – Fragen beantworten wie: „Schaut nochmal in Aufgabe 3 von vorletzter Woche und überlegt, wie ihr das auf diese Aufgabe übertragen könnt.“

5.3.4. Weiterentwicklungspotenzial

- Wie Studierende dabei unterstützt werden können, das Screening der Aufgaben auf zu stellende Fragen hin zu lernen, anstatt sich direkt in eine Aufgabe so sehr zu vertiefen, dass sie in der Übung auf die anderen gar keinen Blick mehr werfen können, ist eine offene Frage, der sich die Autor*innen weiter widmen wollen.
- Viele, aber nicht alle Übungsleiter*innen haben von sich aus ein Auge auf die Gruppenbildung der Studierenden. In den Teambesprechungen könnte expliziter angesprochen werden, dass dies hilfreich ist.
- Ebenfalls könnte in den Teambesprechungen angesprochen werden, dass es sich als hilfreich herausgestellt hat, wenn die Übungsleiter*innen bewusst an geeigneter Stelle dazu anregen, nochmals in alte Übungsaufgaben zu schauen.

5.3.5. Fazit

Die Ausgangsfrage beim klassischen Übungskonzept ist: „Welche Aufgabe ist am besten dafür geeignet, den Vorlesungsstoff zu vertiefen und wie muss

sie besprochen werden, damit die Studierenden aus ihren Fehlern für die Klausur lernen?“ Demgegenüber ist die Ausgangsfragestellung, die in den Fortbildungen für Übungsleiter*innen am Anfang der Überlegungen steht: „Wie gelingt es, das meiste aus der wertvollen Zeit mit Übungsleiter*in zu machen?“

Beides steht sich bei ersten Gehversuchen in Richtung Reform des Übungsbetriebs auf Grund der begrenzten Übungszeit oft ungewollt entgegen. Gerade in Master-Spezialveranstaltungen, in denen das Erlernen des Handwerkszeugs oft weniger im Mittelpunkt steht und traditionell das Rechnen von Hausübungen eine geringere Rolle spielt, wurde auf diese Schwierigkeit in den vergangenen Semestern teilweise reagiert, in dem die Hausaufgaben so überarbeitet wurden, dass sie weniger eine eigenständige Rolle spielen. Stattdessen wurde – ausgehend von der Frage „Wie gelingt es, das meiste aus der wertvollen Zeit mit Übungsleiter*in zu machen?“ überlegt, welche Vorarbeit kann zu Hause dafür geleistet werden, dass dies besonders gut klappt. Dafür wurden oft bei klassischer Vorlesung, Elemente von inverted-classroom-Konzeptionen für den Übungsbetrieb übernommen.

In diesem Modell ist die Ausgangsüberlegung eine dritte: „Das Entscheidende im Studium sind nicht die Veranstaltungen, sondern die Zeit dazwischen, in denen die Studierenden anlässlich der zu bearbeitenden Aufgaben miteinander über Physik reden. Wie kann die Zeit in den Veranstaltungen genutzt werden, um diesen Prozess so gut wie möglich auf die Schiene zu setzen?“

Aufgrund der durchweg positiven Erfahrungen aller beteiligten Seiten (Studierende, Tutor*innen, Dozent) wurde das Übungsmodell seit der Einführung 2018 beibehalten.

Wir danken Simon Fischer für die Initiative, dieses Modell zu entwickeln. Dank gilt auch Philipp Bönninghaus, Dennis Hardt und Daniel Oros dafür, dass sie mit ihren Erfahrungen als Studenten und Übungsleiter zu diesem Artikel beigetragen haben.

5.4. Wie ein freiwilliges Tutorium die Durchfallquote reduziert

Ein Beitrag von Antonia Bauer

In diesem Aufsatz geht es um ein freiwilliges Tutorium in der Physikdidaktik, das an der Friedrich Alexander Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) im Wintersemester 2022/23 eingeführt wurde, und das, wie die Modulnoten zeigen, bereits zu einem enormen Erfolg wurde.

Zunächst ist es wichtig zu verstehen, unter welchen Bedingungen das Tutorium entstanden ist.

5.4.1. Rahmenbedingungen

Eigentlich war alles anders geplant, als es abgelaufen ist. Ursprünglich sollte ein anderer Dozent die Vorlesung zum ersten Didaktik-Modul „Einführung

Fachdidaktik Physik“ im Rahmen seiner Habilitation halten. Dafür wurde auch ein neues Konzept erarbeitet und Geld für studentische Hilfskräfte bei der Studienzuschusskommission beantragt. Doch dann hat er eine Vertretungsprofessur an einer anderen Universität erhalten. Also wurde auch im Wintersemester 2022/23 die erste Hälfte der Physikdidaktik von unserem Erlanger Physikdidaktiker, Herrn Professor Meyn, gehalten. Die Stellen für die studentischen Hilfskräfte waren aber schon vergeben, somit hatten die Hilfskräfte die Wahl, ob sie mit dem eigentlichen „Chef“ an einer anderen Universität lehren oder an der Heimatuniversität ein eigenes Konzept aufbauen, obwohl es nach Prüfungsordnung gar kein Tutorium gibt. In Erlangen besteht das erste Physikdidaktikmodul aus 5 ECTS mit einer Vorlesung und einem Experimentierteil. Eine Tutorin blieb tatsächlich in Erlangen und hielt dort ein Tutorium. Während der Corona-Semester konnte der praktische Teil des Moduls, die Experimentiertechnik, nicht stattfinden. Stattdessen wurde eine Online-Veranstaltung angeboten, welche die Vorlesungsinhalte vertiefte. Dies war auch der Ausgangspunkt für die neue Form des Tutoriums, dieses Mal wurde es jedoch von einer studentischen Hilfskraft gehalten. Es wurde also nicht ganz bei „Null“ angefangen.

5.4.2. Was ist der Inhalt eines solchen Tutoriums?

Das Tutorium setzt auf verschiedene Bereiche. Zum einen wurden gewisse Themengebiete aus der Vorlesung vertieft, zum anderen aber auch Elemente aus der Schulpraxis angesprochen, die sonst zu kurz kommen oder gar nicht im Studium an der FAU angesprochen werden. Es wurde durch das Tutorium auch regelmäßig ein Zusammenhang zwischen Vorlesung und Schulpraxis hergestellt, was wiederum die Vorlesungsinhalte vertiefte. Die Studierenden konnten aber auch Themenwünsche einbringen und von Anfang an wurde ein Themenplan für das gesamte Semester veröffentlicht, sodass alles erwartbar war. Es wurde auch eine Art „Wunschstunde“ gegen Ende des Semesters eingeplant. Dafür konnten die Studierenden Vorschläge sammeln, die dann zur Abstimmung gestellt wurden. Durch verschiedene Elemente wie der Wunschstunde oder dem Anpassen der Inhalte auf die Gruppe der Studierenden konnte eine konstante Diskussionskultur unter den Studierenden aufgebaut werden. Allgemein wurden die Tutorien auf die Gruppe der Studierenden angepasst. Außerdem gab es eine, oder besser gesagt zwei Klausurvorbereitungsstunden. Die Didaktik 1 Prüfung an der FAU ist eine mündliche Prüfung mit Experimentierteil. Der theoretische Teil wurde im Tutorium geübt, fachliche Fragen zur Klausur beantwortet und Probeklausuren simuliert. Wichtig war über das gesamte Semester hinweg, dass zusammen diskutiert wurde, egal ob vorhandene didaktische Konzepte besprochen oder selbst entwickelt wurden.

5.4.3. Teilnahme

Das ist der nicht so erfreuliche Teil. Etwas mehr als die Hälfte der Teilnehmenden des Didaktik-Moduls hat regelmäßig am Tutorium teilgenommen. Einige haben die Aufgaben zu Hause nachbereitet. Um Termin Konflikte zu vermeiden, wurde bei der Vorlesungsplanung darauf geachtet, dass das Tutorium mit keiner Veranstaltung, die typischerweise von Physikgymnasiallehramtsstudierenden im fünften Semester besucht wird, zeitgleich stattfindet. Doch obwohl das Modul eigentlich im fünften Semester eingeplant ist, nahmen nur zwei Studierende auch in diesem Semester daran teil; insgesamt haben 14 Studierende teilgenommen, die im Schnitt jedes zweite Mal da waren.

5.4.4. Ablauf

Zunächst zum Ablauf der einzelnen Tutorien, welcher jederzeit den Studierenden auf der Studienorganisationsplattform der FAU in Form einer Tabelle zugänglich war. Jede Woche wurde ein Übungsblatt für die kommende Woche auf der Studienorganisationsplattform veröffentlicht. Der erste Absatz beschrieb die Vorbereitung auf das Tutorium, also die „Hausaufgabe“. Diese wurde nicht kontrolliert. Meist sollten sich die Studierenden in ein Thema einarbeiten, also Rechercheaufträge oder Bücher, Paper, etc. lesen. Dies sind alle Aufgaben, zu denen man keine Gruppe braucht und zudem klassische Aufgaben zur Einzelarbeit. Es wurde auch sehr darauf geachtet, dass (fast) alle Einzelaufträge zu Hause von den Studierenden auszuführen waren, sodass im Tutorium möglichst viel Zeit zur Diskussion vorhanden war, die Zeit konnte somit also sinnvoll genutzt werden. Allerdings funktionieren Diskussionen nur, wenn eine gewisse Anzahl an Studierenden am Tutorium teilnimmt, was bei gelegentlichen Krankheitsausfällen nicht immer gegeben war.

Der nächste Abschnitt auf dem Übungsblatt war immer eine kleine Motivation, warum das Thema relevant ist, meist eine Begründung aus dem Schulalltag oder zum didaktischen Sinn dahinter. Dadurch erscheint das Tutorium und die Beschäftigung mit dem Thema nicht als sinnlos, es handelt sich hierbei also auch um ein motivationales Element.

Als vorletzter Abschnitt wurden dann die Aufgaben für das entsprechende Tutorium aufgelistet. Dabei wurde auf eine Formulierung mit Operatoren geachtet. Zum einen, damit klar ist, in welchem Umfang und wie die Aufgaben zu bearbeiten sind. Zum anderen, da man nicht von den Studierenden bei der Erstellung von Aufgaben verlangen kann, Operatoren zu verwenden, wenn man es dann selbst auf dem Übungsblatt nicht einhält. Wenn in einem Tutorium mehr als ein Thema behandelt werden sollte, so wurde auf eine klare Strukturierung der Aufgaben geachtet — es gab also dann zwei Abschnitte für Aufgaben. Bei nur einem Thema wurden entsprechend die Aufgaben untereinander aufgelistet. Wichtig war zudem, dass die Aufgaben aufeinander aufbauten;

nicht nur innerhalb des Tutoriums, sondern auch tutoriumsübergreifend, sodass von den Studierenden Zusammenhänge hergestellt werden konnten.

Zuletzt gab es immer noch eine Auflistung an möglichen Quellen. Alle Quellen waren den Studierenden über einen VPN aus dem Uninetz als E-Book zugänglich, worauf bei der Auswahl der Quellen geachtet wurde. Zudem wurden mehr Quellen zur Verfügung gestellt als für die Vorbereitung gefordert, sodass den Studierenden bei besonderem Interesse eine Art Literaturliste vorliegt. Auch in Hinsicht auf die Klausurvorbereitung wurden die weiteren Quellen als hilfreich von den Studierenden bewertet. So wurde vermieden, dass die Studierenden im Internet nach den Texten suchen mussten. Weitere Quellen wurden zudem auf der Studienorganisationsplattform veröffentlicht, wobei auf eine klare Anordnung nach Themen mit Ausklappenmenüs geachtet wurde. Dort waren auch die Videos, die im Tutorium verwendet wurden, eingebettet, sodass die Studierenden das Video nicht erst auf verschiedensten Plattformen suchen mussten.

Im Folgenden werden einige Tutorien etwas genauer vorgestellt. Diese dienen lediglich als ein Beispiel und waren zum Teil auf diese explizite Gruppe an Studierenden angepasst.

5.4.4.1. Die Bibliotheksübung

Das erste Tutorium fand in der Bibliothek statt. Nicht nur, weil der erwartete Jahrgang ein Corona-Jahrgang war und somit wahrscheinlich die Physik-Bibliothek noch nicht kannte, sondern auch, um Inspirationen für innovativen Physikunterricht zu sammeln. Dort wurden unter anderem Didaktikbücher durchstöbert sowie Fachzeitschriften auf Englisch und auf Deutsch. Für solche Recherche-Aufgaben braucht es klare Arbeitsaufträge. Zum Beispiel gab es eine Liste an Lehrplanthemen, die in der Uni-Ausbildung zu kurz kommen, aus der Themen fachwissenschaftlich und didaktisch bearbeitet werden sollten. So konnte gleich die Sinnhaftigkeit dieses Tutoriums gewährleistet werden. Auf den Recherchegrundlagen konnte dann in den folgenden Stunden aufgebaut werden. Es wurde in den weiteren Übungen immer wieder als Vorbereitung gefordert, gewisse Kapitel in Büchern zu lesen.

5.4.4.2. Texte schreiben

Ein Format, das sich zunächst etwas komisch anhört. Auf Literaturgrundlage wurden in diesem Tutorium (und auch später noch) Schulbuchtexte adressatengerecht geschrieben und bewertet. Der Hintergrund ist jener, dass diese Fähigkeit im späteren Beruf als Lehrkraft äußerst hilfreich sein kann. Außerdem fehlt den Studierenden regelmäßig das Vokabular schulgerecht einen physikalischen Sachverhalt zu erklären. Bei einer Schreibübung hat die schreibende Person viel mehr Zeit über Formulierungen nachzudenken als beim Sprechen. Es ist vor allem in den folgenden Tutorien aufgefallen, dass die Studieren-

den nach der Schreibübung auch besser über Physik sprechen konnten. Wichtig ist bei solchen Aufgaben in Tutorien, dass die Studierenden den physikalischen Sachverhalt schon (aus der Fachwissenschaft) kennen.

5.4.4.3. Weitere Themen

Es wurde eingeübt, Aufgaben zu formulieren, es gab aber auch genauso „thematische“ Tutorien. Zu fünf Teilbereichen jeweils eines: Mechanik, Elektrizitätslehre, Optik, Quantenphysik und Thermodynamik. Beispielsweise wurde in der Elektrizitätslehre der Wunsch von den Studierenden geäußert, über Stromkreismodelle zu sprechen, was in der Planung berücksichtigt wurde. Als anderes Beispiel kann das Mechanik-Tutorium dienen, bei dem ein Beispielunterricht von Studierenden präsentiert werden konnte und sehr dicht am Lehrplan gearbeitet wurde, was positiv aufgefasst wurde.

Gegen Ende der Vorlesungszeit gab es dann noch eine „Wunschstunde“. Das Thema für diese wurde abgestimmt, wobei es explizit um Themen gehen sollte, die zu kurz kamen. Die Themenvorschläge waren eine Mischung aus studentischen Vorschlägen und denen der Tutorin. Das Einbinden der Studierenden kann zu deren Motivation beitragen. Im letzten Tutorium gab es dann noch eine Klausursimulation. Der Tutorin waren die Klausurfragen zu keiner Zeit bekannt. Zu Beginn dieses Tutoriums wurden offene Fragen beantwortet, die im Tutoriumsforum gestellt und beantwortet wurden und erst dann begann die Simulation. Diese machte die mündliche Klausur etwas erwartbarer und die Studierenden hatten noch Zeit, sich gegenseitig zu helfen, auszutauschen und ihre Lücken zu schließen.

Hier muss auch angemerkt werden, dass der Anspruch auf Vollständigkeit zugunsten des studentischen Austauschs aufgegeben wurde, mit erheblichem Erfolg.

5.4.5. Fazit

Abschließend muss man aber auch anmerken, dass das Tutorium einen Mehraufwand für die Studierenden bedeutet. In manchen Tutorien waren nicht genügend Personen für Diskussionen anwesend, wodurch die Bearbeitung der Aufgaben deutlich erschwert wurde. Auch eine unzureichende Vorbereitung auf der Seite der Studierenden ist hinderlich.

Eine Diskussion über Physik unter Studierenden ist heutzutage nicht mehr selbstverständlich, weshalb auch ein gewisser Aufwand betrieben werden muss, dass die Studierenden dies lernen. Die ersten Diskussionen waren noch nicht so sehr gewinnbringend, jedoch sind die Ergebnisse umso fruchtbarer und wertvoller, sobald die nötigen Fähigkeiten antrainiert sind. Dies erinnert an das Nutzungsdefizit aus der Lernpsychologie, nach dem Strategien zwar spontan eingesetzt werden können jedoch noch nicht zum Lernerfolg führen, wenn diese noch nicht ausreichend automatisiert sind. Für diese Automatisie-

rung muss im Rahmen eines solchen Tutoriums gesorgt werden.

Wie im Titel des Textes schon zu lesen ist, konnte mit diesem Diskussionsformat die Durchfallquote in diesem Modul deutlich reduziert werden. Durch praktische und motivationale Aspekte konnte das gesamte Semester über die Tutoriumsgruppe in der gleichen Zusammensetzung gehalten werden und die Studierenden blieben fast immer nach dem Ende des Tutoriums noch da, um zu diskutieren oder zu experimentieren. Nicht nur didaktische sondern auch fachliche Gesichtspunkte konnten in diesem Tutorium dazugelernt werden.

Dies war zwar nur eine Art Pilotversuch, ein Tutorium so aufzubauen, aber der Erfolg dessen führt zu einem Versuch dieses Format im kommenden Wintersemester fortzuführen.

6. Literatur

- [1] Handreichung der KFP (2010): Zur Konzeption von Bachelor- und Master-Studiengängen in der Physik
https://www.kfp-physik.de/dokument/KFP_Handreichung_Konzeption-Studiengaenge-Physik-101108.pdf
(Stand: 5/2023)
- [2] Praetorius et al. (2018): Generic dimensions of teaching quality: the German framework of Three Basic Dimensions. In: ZDM Mathematics Education 50, 407–426 (2018).
<https://doi.org/10.1007/s11858-018-0918-4>
- [3] Brackertz et al. (2021): Wie sieht die Struktur des Physikstudiums aus? In: PhyDid B 2021.
<https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1178/0>
- [4] Tautz, S.: Übungskonzepte der einführenden Kursvorlesung Physik – Ein Vergleich deutscher Standorte, Masterarbeit – noch nicht veröffentlicht –
- [5] Studienreform-Forum (2023): Call for Papers zu alternativen Übungskonzepten
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2023/call-papers-2023/>
(Stand 5/2023)
- [6] F. E. Weinert (1996): Lerntheorien und Instruktionsmodelle
Aus: Enzyklopädie der Psychologie. Bd. 2. Psychologie des Lernens und der Instruktion, S. 1-48.
- [7] Hake R. (1998): Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. In: American Journal of Physics 66, 64-74
<https://doi.org/10.1119/1.18809>
- [8] Bunker, P.R., and Jensen, P.: Molecular Symmetry and Spectroscopy. E-book edition. NRC Research Press 2012

- [9] Bunker, P.R., Jensen, P.: Fundamentals of molecular symmetry. Inst. of Physics Publ., Bristol 2005
- [10] Brackertz et al.: Workshop: Hochschuldidaktische Konsequenzen aus zwei Semestern Krisenlehre. In: PhyDid B 2021, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung
<https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1176>
- [11] H. Aebli: Grundformen des Lernens; Klett, 1977, 10. Auflage, S. 201 ff.
- [12] Geisel-Brinck et al.: „Was Besseres als Klausurzulassungen“. Posterbeitrag zum Studienreformforum 2019, Supplementary Material zu; Brackertz et al.: „Studienreformforum“ In: PhyDid B 2019
<https://www.studienreform-forum.de/de/forum-2019/beitraege-2019/2019/03/13/was-besseres-als-klausurzulassungen/>
- [13] Lehre-Webseite von Rochus Klesse
<https://www.thp.uni-koeln.de/~rk/teaching.html>
(Stand 5/2023)
- [14] Die Studierendenbefragung in Deutschland: 22. Sozialerhebung – Die wirtschaftliche und soziale Lage der Studierenden in Deutschland 2021
https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/4/31790_22_Sozialerhebung_2021.pdf?__blob=publicationFile&v=6
(Stand 05/2023)
- [15] McDermott, L, Oersted Medal Lecture 2001: „Physics Education Research-The Key to Student Learning“, Am. J. Phys. 69 (11), 1127 (2001).
- [16] Mazur, E. (1997) Peer Instruction: A User’s Manual, Pp. 253. Prentice Hall, Deutsche Ausgabe, 2017.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-54377-1>
(Stand 5/2023)
- [17] Guided Discovery Learning, Artikel des Studienreform-Forums,
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2023/beitraege-2023/2023/03/04/guided-discovery-learning/>
(Stand 5/2023)
- [18] Übungen versus Essays, Artikel des Studienreform-Forums,
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2019/beitraege-2019/2019/03/24/uebungen-versus-essays/>
(Stand 5/2023)
- [19] Education Zen, Artikel des Studienreform-Forums,
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2020/beitraege-2020/2020/02/08/essay-educationzen/>
(Stand 5/2023)
- [20] Quizzes, Artikel des Studienreform-Forums,
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2023/beitraege-2023/2023/03/05/quizzes/>
(Stand 5/2023)
- [21] Double Inverted Classroom, Artikel des Studienreform-Forums,
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2023/beitraege-2023/2023/03/05/double-inverted-claasroom/>
(Stand 5/2023)
- [22] Warum haben Sie noch Fragen, Artikel des Studienreform-Forums,
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2020/beitraege-2020/2021/06/14/warum-haben-sie-noch-fragen-zu-keinen-fragen-fuehrt/>
(Stand 5/2023)
- [23] Was besseres als Klausurzulassungen, Artikel des Studienreform-Forums,
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2019/beitraege-2019/2019/03/13/was-besseres-als-klausurzulassungen/>
(Stand 5/2023)
- [24] Wie ein Freiwilliges Tutorium die Durchfallquote Reduziert, Artikel des Studienreform-Forums,
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2023/beitraege-2023/2023/03/04/wie-ein-freiwilliges-tutorium-die-durchfallquote-reduziert/>
(Stand 5/2023)
- [25] Programming 4 Physicists, Artikel des Studienreform-Forums,
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2023/beitraege-2023/2023/03/05/bunsmodus-programming-physicists/>
(Stand 5/2023)
- [26] Projektarbeit der Computerphysics
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2023/beitraege-2023/2023/03/05/projektarbeit-der-computerphysik/>
(Stand 5/2023)
- [27] Gemeinsam ans Werk, Artikel des Studienreform-Forums,
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2023/beitraege-2023/2023/03/04/gemeinsam-ans-werk/>
(Stand 5/2023)
- [28] Veranstaltungsreihe: Impulse zur Studiengangsentwicklung, Veranstaltungen des Studienreform-forums
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2022/vortragsreihe-impulse-zur-studiengangsentwicklung/#Dresden>
(Stand 5/2023)
- [29] Erhebung des Deutschen Studentenwerkes 2013:
<https://www.studentenwerke.de/de/content/mehr-chancengleichheit>
(Stand 5/2023)

- [30] Breckertz et al.: Workshop: Forum Studienreform In: PhyDid B 2020, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/996>
(Stand 5/2023)
- [31] Siehe die Webseite von PhysSport <https://www.physport.org>
(Stand 5/2023)
- [32] Herausgegeben von: Jürgen Handke und Alexander Sperl: Das Inverted Classroom Model – Begleitband zur ersten deutschen ICM-Konferenz <https://doi.org/10.1515/9783486716641>
(Stand 5/2023)
- [33] Webseite des Studienreform-Forums: Themenseite Prüfungsversuchsbeschränkungen <https://studienreform-forum.de/de/themen/pruefungsversuchsbeschränkungen/>
(Stand 5/2023)
- [34] Eichler 2013: Design of Tutorial Activities and Homework Assignments for a Large-Enrollment Introductory Course in Control Systems <https://doi.org/10.3182/20130828-3-UK-2039.00011>
(Stand 5/2023)