

Prüfungsformen im Physikstudium

- Aktuelle Hochschulpraxis bildungswissenschaftlich eingeordnet -

Amr El Miniawy², Annemarie Sich¹, Clara Kofler⁴, Lisa Lehmann³, Maher Valentino Chikho¹,
Manuel Längle⁴, Sebastian Meures¹, Morris Weimerskirch⁴, Sophie Penger¹, Stefan Brackertz¹

¹Universität zu Köln, Fachschaft Physik, ²Humboldt-Universität zu Berlin, Fachschaft Physik, ³Technische Universität Dresden, Fachschaft Physik, ⁴Universität Wien, Studierendenvertretung Physik

studienreformforum@zapf.in

Kurzfassung

In der Physik herrscht ein status quo dominiert von einzelnen, bekannten Prüfungsformaten. In der Schuldidaktik erfolgte schon vor einigen Jahrzehnten die systematische didaktische Aufarbeitung der Prüfungslandschaft. In diesem Vortrag, bzw. in dem Originalposter, aus dem der Vortrag entsprang, wurden Kategorien aus eben jener Analyse, Vernetztes Denken, Prüfungsangst, Trennung von Lern- und Prüfsituation, Verbesserungsschleifen und Produktorientierung herangezogen und auf den Universitätsfall, spezifisch die Physik, angewandt. Hierfür wurden sowohl typische Prüfungsmodi als Beispiele genommen, als auch neuere Formate, die aus Beiträgen des Studierendenforums stammen, eingeordnet.

1. Einleitung

Das Studienreform-Forum setzt sich seit 2018 mit folgender Frage auseinander: Wenn wir Studienreform machen – lokal an unseren jeweiligen Universitäten – was ist unsere wissenschaftliche Grundlage? Seit dem damaligen Anfang des Projektes hat sich viel getan in der hochschuldidaktischen Landschaft in Sachen konkreter Forschung. Seitdem wurde im Rahmen des Forums auch Einiges über diese Entwicklungen gesammelt und in Workshops [5], [7] auf den DPG Didaktik Tagungen 2021 und 2022 präsentiert.

In der bisherigen Arbeit stellte das Studienreform-Forum fest, dass ein systematisches Zurückgreifen auf Prinzipien und Erkenntnisse der Didaktik eher selten ist. Anders: zwar wird „aus dem Gefühl heraus“ sehr viel auch sehr gute Didaktik betrieben, doch Diskussion anhand didaktischer Theorien sind nicht gängig, auch wenn diese reichlich zugänglich sind. Dabei bleiben Erkenntnisse, z.B. der Schuldidaktik, in ihrem Potential für die Hochschullehre in der Physik unausgeschöpft. Eine konkrete Anwendung solcher Prinzipien auf die Prüfungslandschaft der Physik wurde für den Vortrag auf der DPG Frühjahrstagung 2023, dessen Dokumentation dieser Beitrag ist, durchgeführt.

Als Einstieg werden die Begriffe der Schuldidaktik, die auf die Hochschulphysik angewandt werden sollen, für die folgende Diskussion herausgearbeitet und in den Prüfungskontext eingeordnet.

2. Schlüsselbegriffe

Ob gewollt oder nicht prägen Prüfungen das Lernen und die Kultur und umgekehrt nehmen sie Bezug auf das Gelernte bzw. den Lernprozess. Ausgangspunkt dieses Artikels wie der Beiträge zum Studienreform-

forum insgesamt ist es nicht, die perfekte Prüfung zu entwickeln, die völlig gerecht, fälschungssicher o.ä. ist. Ziel ist es vielmehr, die Schnittstelle zwischen Lernen und Prüfung in den Blick zu nehmen, um bessere Lernvoraussetzungen zu schaffen. Diesem Interesse sind die hier gewählten Kategorien geschuldet.

2.1. Prüfungsangst

Der Begriff der Prüfungsangst dient aufgrund seiner Familiarität als sinnvollster Anfang. Der Modus der Übertragung in den Universitätskontext ist offensichtlich, doch eine Analyse davon, was Prüfungsangst ist, d.h. was sie ausmacht und wann sie eintritt, scheint in der Kommunikationskultur der Universität nicht viel Raum einzunehmen.

Eine Möglichkeit, die Ursachen von Prüfungsangst zu verstehen, ist die Control-Value-Theory [1]. Diese Theorie geht davon aus, dass der Auslöser der Prüfungsangst weniger die konkrete Leistungssituation ist, sondern wie diese subjektiv bewertet wird:

- Der Leistungssituation wird ein hoher Wert beigemessen (z.B. weil sie über die Möglichkeit der weiteren akademischen Laufbahn entscheidet).
- Der Erfolg in der Leistungssituation ist unsicher (z.B. aufgrund einer wahrgenommenen hohen Schwierigkeit oder vergangener Misserfolge).
- Es ist unklar, ob der Misserfolg aus eigener Kraft abgewendet werden kann (z.B. weil die Vorbereitungszeit knapp ist oder die Anforderungen unklar sind)

Das bedeutet im Allgemeinen, eine Prüfungsangst kommt einerseits daher, dass man eine (negative) Bewertung der Kontrollierbarkeit des Prüfungsergebnisses hat, und andererseits daher, dass man ihr anhand eines größeren kulturellen, familiären, oder

persönlichen Kontextes einen hohen Wert beimisst. Dabei ist nicht nur die aktuelle Prüfungssituation von Bedeutung für die Entwicklung der Prüfungsangst, sondern auch generalisierte Überzeugungen, etwa darüber, wie wichtig akademischer Erfolg im Allgemeinen ist, oder wie gut man darin ist „sich auf den Hosenboden zu setzen und zu Lernen“ [2].

2.2. Trennung von Lern- und Prüfsituation

Prüfungs- und Lernsituationen legen strukturell unterschiedliche Schwerpunkte und Verhaltensweisen nahe (vergl. [12]):

- Das Präsentieren von Gekanntem steht dem Adressieren von Schwierigkeiten gegenüber.
- Das breitere Abfragen vom Stoff in einer Prüfung schließt i.d.R. das Vertiefen von interessanteren Einzelfällen aus.
- Dieser Vertiefungsprozess ist am besten geleitet von Neugier. Diese koexistiert nur schwer mit einer auftretenden Prüfungsangst.
- Wo eine Prüfungsleistung eine Einzelleistung darstellt, in der man sich der prüfenden Instanz gegenüber zu behaupten oder sich gegenüber anderen Studierenden hervor zu tun hat, ist eine Lernsituation geprägt durch eine kooperative Atmosphäre: sowohl unter den Studierenden als auch zwischen Studierende und Lehrpersonen.

Selbst wenn alle Beteiligten das zu vermeiden versuchen, führt die Vermischung von Lern- und Prüfungssituation fast immer zur Dominanz der Prüfungssituation. Der damit verbundene Stress sabotiert dann das Lernen: „Der Lichtpunkt des Aufmerksamkeitsscheinwerfers wird kleiner – genauso wie der Fokus dessen, was er sich ins Bewusstsein rufen kann. Es geschieht eine Verstellung im Denken von weit nach eng. ‚Weit denken‘ heißt, dass uns zu einer Fragestellung noch viele damit verknüpfte Gedanken kommen. Wer ‚eng‘ denkt, dem fällt nur eine Sache ein. Sonst nichts.“ [3]

Der Erfahrung nach sind die Konsequenz oft verklemmte Situationen, in denen auf Lernen und Weiterdenken gerichtete Fragen immer auch als Prüfungsfragen wahrgenommen werden und als solche sehr anfällig dafür sind, überfordernd zu sein und zu Angst zu führen. In der Konsequenz versuchen Lernende Fragen aus dem Weg zu gehen und sich möglichst gut zu verstecken. Die Kehrseite davon kann auch Schaumschlägerei sein; über Schwierigkeiten wird jedenfalls nicht gesprochen. Lernen und Prüfen sollten daher in strikt voneinander getrennten Situationen stattfinden und z.B. auch durch Raumwechsel explizit kulturell getrennt werden.

2.3. Vernetztes Denken

Nach Aebli [4] sollten zu lernende Begriffe schrittweise erklärt und entwickelt werden, da Wissen immer als Geflecht von Beziehungen in unserem Geist entsteht. Die Vorstellung erinnert an eine Spinne, die ein Netz aus einem durchgehenden Faden spinnt. Der Lehrprozess an sich ist linear (der Faden), aber

das zu erreichende Wissen ist ein Geflecht (das Netz). Es ist also nötig, Teilbegriffe festzuhalten, um zu ihnen zurückzukehren und dann mit einer neuen Perspektive einen neuen Abschnitt des Netzes zu weben.

Für die Lehrenden bedeutet dies, dass sie zum einen das gesamte Netz gegenwärtig haben müssen, aber auch, dass sie erkennen müssen, wann Teilbegriffe bei den Lernenden nicht (mehr) vorhanden sind und noch ergänzt (oder wiederholt) werden müssen, um voranzuschreiten.

Prüfungsformate, die dem angemessen sind, können weder in der simplen Faktenabfrage oder formelhafte Anwendung bestehen, noch müssen sie Transfer bedeuten. Vielmehr entsprechen dem Aufgaben, die auf die Klarheit der Begriffe zielen.

2.4. Verbesserungsschleifen

Offensichtlich ist Feedback zum Lernfortschritt für Studierende wichtig [5]. Die Frage, welche Art von Feedback hilfreich ist, ist aber oft nicht so einfach und/oder das Feedback wird nicht ausreichend berücksichtigt. Wenn anhand des Feedbacks eine Überarbeitung erfolgt, hat dies strukturelle Vorteile:

- Lernen funktioniert durch Selbsttätigkeit. Durch die Überarbeitung wird sichergestellt, dass das Feedback nicht nur eventuell bei der nächsten Aufgabe einbezogen wird, sondern auf jeden Fall durchgearbeitet wird.
- Es wird sichergestellt, dass Studierende und Lehrende nicht aneinander vorbei kommunizieren: Lehrende bekommen mit, worauf es beim Feedback ankommt; Studierende bekommen mit, ob sie das Feedback richtig verstanden haben.
- Jede Verbesserungsschleife kostet Zeit. Wenn dies durch eine geringere Zahl an Aufgaben kompensiert wird, finden Wiederholungen genau da statt, wo sie notwendig sind, und es wird weniger über Unklarheiten hinweg gegangen, ohne insgesamt langatmig auf alle Details einzugehen.

Überarbeitungsschleifen können Prüfungsangst reduzieren, weil sie den Studierenden mehr Kontrolle über die Qualität des Endergebnisses geben. Sie erschweren das Abschreiben, sind aber mit einer Betonung auf Grund von Fehlerzahlen inkompatibel.

2.5. Produktorientierung

Dem hohen Aufwand bei der Erstellung von Produkten als Teil des Lernprozesses stehen zahlreiche prinzipielle Vorteile gegenüber:

- Erhöhte Selbstwirksamkeitserfahrung: Werden die Produkte tatsächlich verwendet, tritt neben intrinsischer Motivation durch das Thema, Interesse am eigenen Lernfortschritt und extrinsischer Motivation eine weitere Motivationsdimension¹

¹ Dies kann auch ein Beitrag sein, um die von Markard [8] kritisierte Dichotomie „extrinsisch versus intrinsisch“ aufzubrechen. Nach Markard versperrt diese Gegenüberstellung nicht nur den Blick, weil sich der Mensch nicht darauf reduzieren lässt, sich

hinzu: Mit der eigenen Arbeit (nicht erst in Zukunft) eine nützliche Rolle zu spielen.

- Das Gelernte wird selbständig (um-)strukturiert und damit im Sinne des Vernetzten Denkens durchgearbeitet
- (Zwischen-)Produkte erleichtern die Bezugnahme in Lerngruppen untereinander, sodass insbesondere bei Gruppenarbeiten Peer-Feedback mit daraus folgenden Überarbeitungsschleifen auf natürliche Art entsteht. Viele Schwierigkeiten werden so bereits ohne Lehrende und ohne Prüfungssituation bearbeitet.

Produktorientierung entfaltet ihr Potenzial besonders, wenn sie mit Verbesserungsschleifen einher geht, zumal Produkte, die noch Fehler haben, wenig nutzbar sind. Sie hat dann auch das Potenzial zur Trennung von Lern- und Prüfsituation, die dennoch unmittelbar aufeinander bezogen sind. [6]

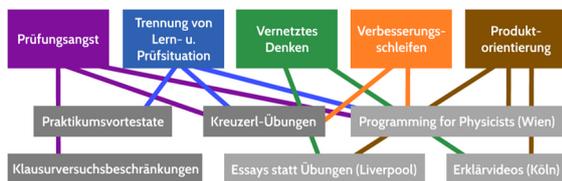


Abb. 1: Das Beziehungsnetzwerk zwischen einigen in diesem Artikel erwähnten Anwendungsbeispielen (unten) und der didaktischen Kategorien (oben).

3. Anwendung der Begriffe

In diesem Abschnitt werden exemplarisch einige weit verbreitete Prüfungsformate und die im Rahmen des Studienreformforums gesammelten Prüfungsformate angesichts der vorgestellten Kategorien didaktisch eingeordnet.

3.1. Praktikumsantestate

Die häufig vorgefundene Doppelfunktion des „Antestats“ einerseits abzu prüfen, ob Studierende ausreichend vorbereitet sind, und andererseits physikalische Fragen im wissenschaftlichen Gespräch wirklich zu klären, hat sich als prinzipielle Schwierigkeit herausgestellt. Die Trennung von Lern- und Prüfsituation ist genau nicht gegeben, wenn Studierende zeitgleich erstmalig den Versuchsaufbau haptisch erfassen, und im Detail versuchen zu verstehen, worauf es im Experiment ankommt und der Anspruch im Raum steht, präsentieren zu müssen, dass und wie gut man vorbereitet ist. Der Normalfall ist, dass Praktikum seine Funktion als wissenschaftliches Kolloquium und Herantasten an den Versuch kaum erfüllen kann und die Prüfungssituation auch dann dominiert, wenn die Betreuer*innen dies zu verhindern versuchen.

entweder grundlos, rein aus Geschmack für etwas zu interessieren oder wie ein Esel mit extrinsischer Motivation gelockt zu werden. Vielmehr werde mit dieser Gegenüberstellung auch das Ziel verfolgt, dass es außer dem nichts geben dürfe.

Allein schon eine explizite Aufteilung des Antestats in eine Prüfungs- und eine Kolloquiumsphase kann absehbar erhebliche Verbesserungen bringen, auch wenn fraglich ist, ob jedes Experiment mit einer Kontroll- bzw. Prüfungssituation verbunden sein muss. Hier gibt es auch deutlich weitreichendere und ebenfalls erfolgversprechende Reformvorschläge.

3.2. Klausurversuchsbeschränkungen

Ein zentraler Punkt in der Argumentation gegen die Verwendung von Klausurversuchsbeschränkungen [7] ist, dass diese Prüfungsängste hervorbringen können. Die Wertung der Wichtigkeit der Prüfung bzgl. sehr handfester Gründe wie „ich könnte zwangsexmatrikuliert werden“ wird dadurch erheblich gesteigert. Sie kann auch dahingehend an Gewicht gewinnen, dass Studierende eine Wertung der Anzahl „erlaubter“ Versuche erwägen, mit dem Gedanken „wenn nur drei Versuche vorgesehen sind, dann ist ein Fehlversuch schon ein Indiz dafür, dass ich sehr schlecht bin“.

Die Klausurzulassungsbeschränkungen wurden für die meisten Module in Köln zum WiSe 15/16 aufgehoben. Die Erfahrungen nach 7 Semestern sind ermutigend:

- Studiendauer sowie Durchfall- und Studienabbruchquoten haben sich nicht erkennbar geändert.
- Tendenziell gehen Studierende inhaltlichen Fragen bei ihrer Studienplanung und der Wahl ihrer Bachelor-Arbeit genauer nach. Zunehmend werden auch Veranstaltungen über das Pflichtpensum hinaus besucht, etwa Kolloquien.
- Prüfungsversuche werden weniger aufgeschoben.
- Mehr Studierende mit Berufserfahrung, über den zweiten Bildungsweg erworbenem Abitur und mit Kind, berichteten auf Nachfrage, dass die geringen Restriktionen ein Kriterium für die Wahl ihres Studienortes war.

Weitere Infos, Argumente und Erfahrungen zum Thema finden sich auf der zugehörigen Themenseite des Studienreformforums. [13]

3.3. Kreuzerlübungen

Diese Übungspraxis ist sowohl in Teilen Österreichs als auch in Deutschland an einigen Standorten gängig als Alternative zur sonst verbreiteten Abgabe und Korrektur der Aufgaben. Studierende bekommen jede Woche eine Liste von Aufgaben, die sie für die Übungseinheit vorbereiten sollen. Es ist notwendig mehr als 50 % der Aufgaben zu „kreuzen“, also als „bearbeitet“ anzugeben, um die Übung zu bestehen. In der Übung wird zu jedem Beispiel zufällig eine Person an die Tafel gerufen, die dieses Beispiel gekreuzt hat, welche dann, oft ohne Notizen, vorrechnen muss. Bei unzureichender Leistung werden Kreuze aberkannt. Die Übung stellt sozusagen eine permanente Prüfungssituation dar. Dadurch stellen Studierende oft keine Fragen, sollte ihre Lösung von der präsentierten abweichen, da sie sich

nicht bloßstellen möchten, das Beispiel gekreuzt und nicht verstanden zu haben. Umgekehrt wollen sie auch nicht die Studierenden, die vorn stehen, durch Fragen in die Bedrouille bringen. Die Trennung von Lern- und Prüfungssituation ist eindeutig nicht gegeben, obwohl es wohl niemanden gibt, der sich nicht lebendigere Übungen und echte Auseinandersetzungen mit Schwierigkeiten in den Übungen wünschen würde.

3.4. „Education Zen“

Bei diesem über mehrere Semester erfolgreich in Berlin erprobten Format [15] wurden Beispielaufgaben (ca. 200 Stück) im Videoformat vorgerechnet. Es fanden Übungen in Präsenz statt, in denen neue Übungsaufgaben individuell durchgerechnet wurden. Die korrigierten Übungen konnten beliebig oft neu eingereicht werden bis 80% der Punktzahl, und damit die Klausurzulassung, erreicht waren. Besonders war zudem, dass die Übungsleitenden die Abgaben direkt in der Übung korrigierten und zudem ein peer-Korrektur-Verfahren zum Einsatz kam. So wurden systematisch Gesprächsanlässe und damit Feedback-Schleifen geschaffen. Durch die Möglichkeit, immer wieder abzugeben, wird die Prüfungsangst reduziert, weil die Studierenden (bei ausreichendem Engagement) den Erfolg beliebig steigern können. Das Projekt erzielte eine erhebliche Verbesserung des Notendurchschnittes und viel Zustimmung bei Studierenden.

3.5. Essays statt Übungen

In Liverpool spielt in einigen Physikkursen das Schreiben von Essays eine wichtige Rolle [14], was man in Deutschland aus den Geisteswissenschaften kennt, nicht aber aus den Naturwissenschaften. In den Essays geht es darum, einer (oft selbst ausgesuchten) Frage mit wenigen Grundkenntnissen nachzugehen. Dabei ist es oft auch notwendig, schon in frühen Semestern Paper zu lesen. Im Gegensatz dazu erfordern die klassischen Übungsaufgaben in der Regel wenig Recherche, sondern sollen mit Hilfe des in der Vorlesung erworbenen Wissens selbstständig gelöst werden. Beim Schreiben der Essays steht die eigenständige Restrukturierung viel mehr im Mittelpunkt als bei Übungsaufgaben. Der Ansatz stellt damit vernetztes Denken in den Mittelpunkt der Prüfung. Am Ende steht sogar als Produkt eben ein selbst gefertigtes Essay. Das Produkt hat dabei aber noch eine andere Funktion: Mit seiner Erarbeitung geht ein entscheidender Lernprozess einher, dementsprechend viel Zeit ist auch dafür eingeplant; gleichzeitig ist das Essay Bewertungsgrundlage. Die prinzipielle Inkompatibilität zwischen Lern- und Prüfungssituation wird hier aber teilweise durch das Produkt vermittelt (und spielt dann beim Abgabestress wieder eine Rolle).

3.6. Projekt-orientiertes Programmieren

Programmieren (und Computerphysik) sind die Teile des Physikstudiums, die sich offensichtlich anbieten, um eine projektorientierte Prüfungsform in typischer

Form zu etablieren. Der Beitrag „Projektarbeiten als Modulprüfung in der Computerphysik“ [18] dokumentiert, wie dies in Köln mit gutem Erfolg geschehen ist.

Ein bisschen weniger naheliegend ist die in Wien erprobte Variante [17], die gleichzeitig mit Produktorientierung einen möglichst weitreichenden Verzicht auf Restriktionen und eine fast perfekte Trennung von Prüfungs- und Lernsituation realisiert hat: Der Hauptfokus der Lehrveranstaltung Programming for Physicists (P4P) liegt darauf, die Studierenden zu befähigen, selbstständig programmieren zu können. Dafür werden Übungsbeispiele zur Verfügung gestellt, welche automatisiert getestet und beliebig oft abgegeben werden können. Übungsleiter:innen dienen als Coaches während des Semesters, um Konzepte neu zu erklären und bei den Beispielen zu unterstützen. Die Prüfung am Ende besteht darin, dass Studierende in ausreichend Zeit (24 h) ein einfaches Programm selbstständig schreiben. Zur Vorbereitung gab es ein Gruppenprojekt am Ende des Semesters, das inhaltlich wie personell vom Prüfungsprojekt getrennt war.

3.7. Erklärvideos

Ähnlich wie beim Schreiben von Essays ist hier die Prüfungsleistung ein Produkt, nämlich ein Video, auf dem Studierende Übungsaufgaben aus dem jeweiligen Semester (teils in abgewandelter Form) erklären. Ein ursprünglich beim in Köln entwickelten und erprobten Konzept [6] nicht all zu sehr in den Blick genommener Nebeneffekt ist, dass die Studierenden beim Erstellen der Videos natürlich auch etwas lernen. Überraschenderweise hat dieses Format dazu geführt, dass die Prüfungssituation die Lernsituation verdrängt hat, sondern die ursprünglich als reines Prüfungsformat geplanten Erklärvideo-Projekte haben auf Grund ihrer engen Ankopplung an Vorlesung und Übung und in den vorher schon eingespielten Studierendengruppen die Diskutierbarkeit und auch den Perfektionismus der Studierenden so sehr angeregt, dass immer wieder neue Iterationen auf Grund des Feedbacks unter den Studierenden (das gar nicht eingeplant war) stattgefunden haben.

3.8. Quizzes

In verschiedenen Veranstaltungen wurden Multiple-Choice Kurzfragen, über deren Ergebnisse die Studierenden im Sinne von formativen Prüfungen, teils anonym, abgestimmt haben, mit großem Erfolg erprobt. Fehler: Verweis nicht gefunden Teils in Übungen, teils in Fragestunden dienten sie dazu,

- zur aktiven Mitarbeit anzuregen und
- Studierenden wie Lehrenden jenseits einer Prüfungssituation unmittelbar und in kürzester Zeit Feedback zu geben.

Dabei stellte sich heraus, dass ihre eigentliche Stärke aber darin besteht, explizit zur Wissensvernetzung beizutragen:

- Sie sind hilfreich, um zwischen Big Picture und konkreter Rechnung hinein und heraus zu zoomen.
- Sie eignen sich zur Verbindung des aktuellen Veranstaltungsthemas mit anderen Veranstaltungskapiteln bzw. früher von den Studierenden belegten Veranstaltungen. Sie dienen so auch der Wiederholung aus anderer Perspektive und erleichtern Studierenden, die Teile der Veranstaltung nicht (richtig) mitbekommen haben, den Wiedereinstieg.
- Sie eignen sich somit auch als ein Einstieg in die Besprechung von Übungsaufgaben, wenn manche die Aufgabe bearbeitet haben und andere nicht und/oder die Studierenden unterschiedliche Voraussetzungen aus der Schule oder früheren Semestern mitbringen.

4. Bildungsphilosophischer Hintergrund

Bei den bisherigen Einordnungen in Kapitel 3 stand die Frage im Mittelpunkt: „Warum funktioniert eine Konzeption (schlecht/gut)? Wie gelingt es, dass Prüfungen den Lernprozess nicht gefährden? Was sind erfolgversprechende Ansatzpunkte für eine Verbesserung des Lernerfolgs?“

Teilweise suggerieren sie, dass es einen Konsens darüber gäbe, was überhaupt ein Erfolg ist, was Lern- und Prüfungsinhalte sind und ob und wofür es eigentlich Prüfungen geben sollte.

Diesen Konsens gibt es nicht, wie auch zahlreiche andere Beiträge des Studienreformforums zeigen. Wer Prüfungsformate (weiter-)entwickelt muss sich zu diesen Fragen aber auch verhalten (und hat auch typischerweise eine Position dazu). Deshalb sollen im Folgenden ein paar unverzichtbare Eckpunkte zur Verortung in dieser Diskussion aufgezeigt werden.

4.1. Kritik an Prüfungen unabhängig von ihrer konkreten Gestaltung

Die Diskussion von Prüfungsformaten nimmt vorweg, dass Prüfungen jedenfalls gewünscht oder zumindest notwendig wären. Dies ist aber durchaus in Frage zu stellen.

Exemplarisch für die Kritik in der Tradierung der Kritischen Theorie:

- „Die Notengebung ist die formale Repräsentanz des Verwertungsstandpunktes des Kapitals im Bildungswesen.“
- Die „in das Notenwesen eingebaute Konkurrenz wiederum legt faktisch die Negation von Sachinteresse nahe [...]. Favorisiert werden dagegen abstrakte Fähigkeiten des Blendens, des Nachdem-Munde-Redens, der gemäßigten Kritik, der vorwegnehmenden Eingemeindung des Inhaltlichen in das Erwünschte.“
- „Die Benotung schafft in der konkurrenziellen Vereinzelung gleichzeitig die Normierung der so Vereinzelten, in bürgerlicher Form Individualisierten.“ [8]

4.2. Koordinatensystem der Orientierungen

Oftmals wird suggeriert, die Debatte wäre vor allem zwischen Output-Orientierung, bei der die Lehrperson am Lernerfolg interessiert sei, und „Nürnberger-Trichter“ zu verorten. Dies hat vor allem die Funktion, Kritik an Output-Orientierung als altertümlich und ignorant zu diffamieren.

Als triftigere Orientierung in der Debatte schlagen wir ein (mindestens) zweidimensionales Koordinatensystem mit nicht ganz orthogonalen Achsen wie in Abbildung 2 gezeigt vor.

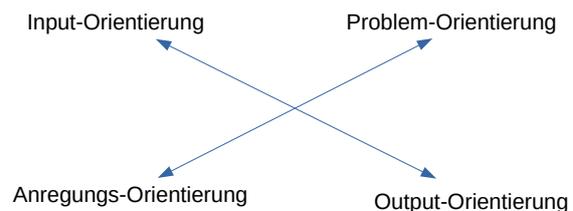


Abb. 2: Koordinatensystem der bildungspolitischen Orientierungen

4.2.1. Input- vs. Outputorientierung

Bei der Inputorientierung denkt man an den „Nürnberger Trichter“; kulturell vom Preußischen Militarismus inspirierter Unterricht, bei dem die Lehrenden die Studierenden mit zu lernenden Inhalten überschütten und ansonsten sich selbst überlassen. Dahingegen übernehmen bei der Outputorientierung Lehrende Verantwortung dafür, dass Studierende systematisch auf die zuvor definierten Lernziele vorbereitet werden und diese auch erreichen. Als verbreitete Methode gilt das Constructive Alignment, bei dem zuerst die Lernziele festgelegt werden, anschließend die Prüfungsmethode an diese angepasst wird und dann in der Lehrveranstaltung auf diese Prüfung vorbereitet wird.

Die aktuell in Abgrenzung zur Inputorientierung propagierte Outputorientierung lässt sich auch nach Krautz kritisieren. Denn sie arbeitet sich an einem Bild des Bildungssystems ab, das seit mehr als 200 Jahren überholt ist und das es in der Praxis seit mindestens 50 Jahren nicht mehr gibt. Dies hat vor allem die Funktion, die Errungenschaften sowohl der auf den klassischen Humanismus gegründeten Bildungsreformen als auch der 68er Bewegung ungeschehen zu machen. Mit der Output-Orientierung werde eine auf Instrumentalisierbarkeit statt Mündigkeit gerichtete Bildungsreform propagiert.

4.2.2. Anregungs- versus Problemorientierung

Ausgehend von der Erkenntnis, dass Bildung immer ergebnisoffene Selbstbildung sein kann, sieht die klassische Bildungstheorie die Aufgabe der Lehrenden darin, die Studierenden zu ergebnisoffenen Lernprozessen herauszufordern. Geeignet dafür seien besonders zivilisatorische und kulturelle Errungenschaften und „Objektivierungen“, die „Möglichkeiten und Aufgaben“ humaner Existenz erschließen. Entscheidend ist hier auch, dass individuelle In-

teressen nicht als solche im Raum stehen bleiben, sondern mit der Aufgabe einhergehen, die eigene Begeisterung anderen zugänglich zu machen, die sich auch auf das einlassen sollten, wozu sie zunächst keinen Bezug haben. Dies mache die Anregungsorientierung aus. Sie lässt sich steigern lassen hin zur Problemorientierung steigern: In der Tradition kritischer Theorie stehen diese Strömungen ergänzend zur Anregungsorientierung. Hier findet die Auseinandersetzung mit (epochaltypischen Schlüssel-)Problemen, deren Lösung für die humane Fortexistenz aller Menschen, Lehrender wie Lernender, entscheidend ist.

Die Berliner Didaktik greift aber auch hier mit Kritik ein: Das Menschenbild, wie es sowohl die klassische Bildungstheorie als auch die Strömungen der Kritischen Pädagogik entwerfen, sei unrealistisch optimistisch. Weder hat die Mehrheit der Bevölkerung das Potenzial, noch das Ziel, zu autonomen und/oder gesellschaftlich relevanten Subjekten zu werden. Jede Bildungstheorie, die darauf abzielt, sei elitär. Ziel müsse stattdessen sein, allen Menschen ein möglichst unbeschwertes Leben im Bestehenden zu ermöglichen. Dies werde z.B. durch gute Vorbereitung auf einen späteren guten Job gewährleistet, der einen hohen Stundenlohn und damit viel Freizeit für persönliche Entfaltung ermögliche.

4.3. Kompetenzorientierung

Entscheidendes Merkmal des Kompetenzbegriffs ist, dass er die Trennung zwischen den älteren Begriffen Qualifikation und Motivation aufhebt: Kompetenzen sind „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernten kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ [9] Im Gegensatz zu Qualifikation und Motivation sind Kompetenzen empirisch direkt(er) zugänglich. Der Begriff findet allerdings an mindestens zwei Punkten Kritik:

- Wenn es um Entwicklung von Menschen gehe, sei die Unterscheidung zwischen Qualifikation und Motivation entscheidend, wenn es um Employability gehe, nicht. Diese Unterscheidung nicht vorzunehmen, laufe auf eine Bildungstheorie hinaus, die sich an Employability und nicht an der Entwicklung der Menschen orientiere.
- Wollen und Können in einen Topf zu werfen, lasse Widerspruch, Verweigerung und Kritik an Anforderungen wie mangelnden Lernerfolg erscheinen. Umgekehrt werde das willfähige Abarbeiten vorgesetzter Probleme – seien sie im gesellschaftlichen Interesse, im eigenen oder dem der Arbeitgeber:innen – goutiert und damit Instrumentalisierbarkeit eingeübt: Der „als kompetent Geprüfte soll später einmal ebenso Babynah-

rung produzieren können wie Landminen“. [10] [11]

5. Bisher nicht publizierte Beiträge zu alternativen Prüfungsformaten

5.1. Projektarbeiten als Modulprüfung in der Computerphysik

Ein Beitrag von Maher Valentino Chikho und Sebastian Meures:

Physiker*innen beschäftigen sich nicht nur mit dem Schubsen von Formeln und Lösen von Integralen oder mit dem Bauen von Apparaturen. Vor allem in der Theorie beschäftigen sich Physiker*innen auch mit Simulationen, welche eigenhändig konzipiert und programmiert werden. Ebenso erfordern Apparaturen in der heutigen Experimentalphysik eigens geschriebene Programme. In der heutigen Physik kommt ein weiterer Punkt hinzu, der über das klassische Programmieren hinaus geht: Methoden des Data-Science eröffnen in vielen Bereichen der Physik ganz neue Zugänge. An der Universität zu Köln lernt man dementsprechend nicht nur das reine Programmieren, sondern bringt es in einen Zusammenhang mit der Physik. Um dies zu ermöglichen, findet die Veranstaltung Computerphysik anders als an vielen anderen Unis auch erst im fortgeschrittenen Ba-Studium statt.

Es werden in den Übungen Aufgaben bearbeitet, die einen Bezug zur Physik haben. Diese werden mit Hilfe aus der Vorlesung bekannter Algorithmen, z.B. zum Lösen von Differentialgleichungen oder Eigenwertproblemen, bearbeitet. In den Sommersemestern 2021/22 wurde dabei ein Pilotversuch durchgeführt, bei dem es statt einer Klausur eine Projektarbeit gab, die in einem Zeitraum von zwei Wochen bearbeitet und danach abgegeben und bewertet wurde. Dies sollte dazu dienen, sowohl die Programmierkompetenzen abzu prüfen als auch das durch die Vorlesung erlangte theoretische Wissen. Gleichzeitig ist eine Projektarbeit natürlich mehr als nur eine Prüfung.

5.1.1. Das Modul

An der Universität zu Köln wird im Bachelorcurriculum vorgeschrieben, dass Studierende den Kurs Computerphysik zu absolvieren haben. Das Modul ist keine Voraussetzung für andere Module und besitzt auch selbst keine Voraussetzungen. Der Kurs ist für das vierte Semester angesetzt, wodurch sicher gestellt werden soll, dass die Studierenden grundlegende mathematische Methoden vor allem in der Linearen Algebra beherrschen. Der Kurs ist so konzipiert, dass Menschen ohne Programmierkenntnisse diesen absolvieren können. Das Modul setzt sich aus einer Vorlesung, einem Programmiertutorial und einer begleitenden Übung mit wöchentlichen Abgaben zusammen, die auch zulassungsrelevant sind. Am Ende wurde das Modul zuvor mit einer Klausur und während des Pilotprojekts mit einer Projektarbeit abgeschlossen, die auch benotet wurde.

Die Veranstaltung unmittelbar vor dem Start dieses Pilotprojektes fand Corona-bedingt online statt und ist vollständig öffentlich dokumentiert.

5.1.1.1. Vorlesung

In der Vorlesung werden zum einen numerische Methoden zum Lösen von mathematischen Problemen, u.a. numerisches Lösen von Differenzialgleichungen, Matrixrechnung, also allgemeiner das Kennenlernen von diversen wichtigen und nützlichen Algorithmen, thematisiert. Oft wird dabei Bezug zur Physik genommen. Zum anderen erhält man einen Einblick in die Kontexte um das Programmieren. Gemeint sei so viel wie: Wie funktioniert ein Computer? Wie kann man Runtime verkürzen und wieso ist das sinnvoll? Was bedeutet Zufall in einem numerischen Sinne?

5.1.1.2. Tutorial

Neben Vorlesung und Übung gibt es ein „Programmirtutorial“, wo die Studierenden das Programmieren von Grund auf erklärt bekommen. Anfangs wird ihnen erklärt, welche Programmiersprache benutzt wird. In Köln wird die Sprache „Julia“ verwendet, da diese effizient für Berechnungen und Data-Science ist; außerdem hat sie starke Ähnlichkeiten zu Python, was in der Wissenschaft sehr verbreitet ist. Im Tutorial 0 wird den Studierenden gezeigt, wie man auf einem Endgerät Julia installiert. Dies wird als positiv empfunden, da man davon ausgeht, dass Menschen sich noch nie mit dem Programmieren auseinandergesetzt haben. Weiter geht es dann mit den Grundlagen wie dem Definieren von Variablen und Arrays oder einfachen Rechnungen. Darauf folgt das Programmieren von Funktionen, Einlesen und Plotten von Datensätzen und das Implementieren von einfacheren Algorithmen. Die verwendeten Beispiele sind hierbei oft nah an möglichen Anwendungsbereichen als Physiker*in.

5.1.1.3. Übungen

In den Übungen soll dann dieses Wissen durch Programmieraufgaben erprobt werden. Hier werden die numerischen Methoden, die in der Vorlesung behandelt wurden, in einen praktischen Kontext eingebettet. Die Übungen wurden den Studierenden in einem Jupyter-Notebook bereitgestellt. Die Studierenden müssen dann die Aufgaben mit der Programmiersprache Julia lösen. In den ersten Übungsaufgaben wird ein Großteil des Codes schon gegeben, den es dann zu verstehen und ergänzen gilt. Der Anteil der Algorithmen, der bereits durch die Aufgabenstellung gegeben ist, nimmt dann über das Semester hin ab, bis in den letzten Übungen eigentlich gar kein Code mehr gegeben ist. Die Übungen sollten in Gruppen mit bis zu drei Studierenden bearbeitet und abgegeben werden. Es wird auch eine Plattform zur Verfügung gestellt, mit der die Gruppenmitglieder gleichzeitig am gleichen Programm arbeiten können. Es gibt eine Klausurzulassung, für die die Studierenden 50% der Punkte aus allen Übungsaufgaben erreichen müssen. Falls einzelne Studierende kein Endgerät

besitzen, gibt es hierfür auch verschiedene Lösungen, wie diese das Modul absolvieren können.

5.1.2. Klausuren

In der Modulabschlussprüfung bekommen Studierende üblicherweise eine Klausur, in der Vorlesungswissen abgefragt wird. „Welcher Algorithmus macht was?“, „Welcher Algorithmus lohnt sich hier mehr?“ oder: „Vervollständigen Sie den folgenden Code.“ Wenn man sich nun sowohl das Prüfungsformat als auch den Inhalt der Vorlesung anschaut, könnte man sagen, dass man eine Diskrepanz zwischen dem, was geprüft werden soll, und der Prüfung erkennt: Die Übungen erzeugen im Laufe des Semesters eine Selbständigkeit in der Arbeit als Programmierer*in. Hier wird also vor allem das Wissen aus der Vorlesung und nur kaum bis gar nicht die Kompetenzen aus Übung und Programmirtutorial abgeprüft.

5.1.3. Pilotversuch Projektarbeit

In den Sommersemestern 2021 und 2022 wurde als Alternative zu einer „normalen“ Klausur eine Projektarbeit ausprobiert. Das Projekt beinhaltete eine Aufgabe im Kontext eines physikalischen Problems, bei der die Problemstellung vollständig gegeben war. Dieses Problem sollte man mit einer numerischen Methode, welche man in der Vorlesung gelernt hat, lösen. Des Weiteren musste man über das Projekt ein Video machen. Darin erklärt man die Problemstellung und das Ergebnis in einer Power-Point-Präsentation. Es waren zwei Wochen für das Projekt inklusive Video-Erstellung vorgesehen, also waren Fleiß und verfügbare Zeit wichtige Faktoren. Der lange Prüfungszeitraum minimiert Stressfaktoren wie Zeitdruck. Gleichzeitig steigt der Anspruch an sich selbst.

Im Anschluss wurde dann ein Test geschrieben, welcher kurz das Vorlesungswissen abfragt. Der Test bestand aus offenen Fragen, welche ein Rundumschlag aus den theoretischen Methoden der Vorlesung waren. Für den Test war eine Stunde vorgesehen. Die Abschlussnote bestand dann zu 75% aus dem Projekt und zu 25% aus dem Test, wobei zum Bestehen beide Teile mit mindestens 4,0 abgeschlossen werden mussten. Eine nicht-bestandene „normale“ Klausur kann unbegrenzt häufig wiederholt werden; im Pilotprojekt konnten auch einzelne Teile der Prüfung, also Projekt oder Test, wiederholt werden.

5.1.3.1. Kompetenzabfragen in der Projektarbeit

In dieser Prüfungsform wird geprüft, wie gut die Studierenden eigenständig einfache Programmieraufgaben bewältigen können, mit dem Zusatz, das Programmiererte auch erklären zu können. Die Prüfungen hatten damit einen starken Anwendungsfokus und bestehen, abgesehen von dem Test-Anteil, ausschließlich aus Problemlösung. Weiterhin fördert das abzugebende Video Kommunikation von Ergebnissen auf einem wissenschaftlichen Niveau. Somit wird nach der Fähigkeit selektiert, ob Studierende selbstständig ein Programm schreiben und präsentie-

ren können, das einfache Probleme löst oder bearbeitet. Vortäuschen von Wissen ist bei diesem Prüfungsformat schwer möglich, da es um tatsächliche Problemlösekompetenz geht, zusätzlich mit dem Vorstellen des Gelernten. Programmieren erfordert immer kreative Problemlösung und kann nicht einfache Reproduktion sein. Die Problemstellungen waren teilweise sehr eng gefasst, was die Kreativität bei der Problemlösung etwas eingeschränkt hat. Somit wurde durch die Projektarbeit als Prüfungsform deutlich mehr Fokus auf die Kompetenz des Programmierens gelegt. Dies erfolgte in einem Rahmen (2 Wochen Bearbeitungszeit), der deutlich näher an der alltäglichen Arbeitsweise in der Physik ist als eine künstlich erzeugte Stresssituation, wie es in einer Klausur der Fall ist.

5.1.3.2. Empfinden der Studierenden

Die Studierenden empfanden den Programmiererteil der Prüfung als fair, angemessen und auch als Bestätigung selbstständig programmieren zu können. Viele Studierende hatten dabei auch Spaß, ein Programm zu schreiben und sich ins Alltagsleben einer*s Programmierenden zu begeben. Es gab starke Unterschiede in der Schwierigkeit der (zufällig zugewiesenen) Projekte, was dazu führte, dass beim ersten Durchlauf sich die Studierenden im Nachhinein unfair behandelt fühlten. Außerdem war, sich selbst zu filmen, für viele Studierende ein Angstfaktor. Viele Studierende fanden den Test-Anteil unangemessen anspruchsvoll, vor allem im Verhältnis zur Ankündigung vorher, wo anderes kommuniziert wurde. Kommuniziert wurde gegen Anfang, dass es ein Multiple-Choice-Test sein soll, doch überrascht wurden die Studierende von einem 12-Fragen-Test mit offenen Fragen. Im zweiten Durchlauf wurden alle Aspekte des Projektes stark verbessert, zum einen die Kommunikation und Organisation, zum anderen die Projekte und die Berücksichtigung der Klausurphase. Auch die Kommunikation in Bezug auf den Test wurde verbessert. Der gesamte Prüfungsaufwand durch die Projektarbeiten wurde in beiden Durchläufen als deutlich zu hoch wahrgenommen, da eine einzelne Klausur durch Projekt mit Präsentationsvideo und einen Test ersetzt wurde, was in Summe als deutlich mehr Aufwand wahrgenommen wurde. Dies war im zweiten Durchgang allerdings erheblich besser, da in den letzten zwei Semesterwochen keine Übungen mehr bearbeitet werden mussten und keine Vorlesungen stattfanden, um Zeit für die Projektarbeit zu schaffen.

Diese Eindrücke stammen aus verschiedenen Gesprächen von Fachschaftsmitgliedern mit Studierenden, die das Modul belegt haben, und auch aus persönlichen Meinungen von Fachschaftler*innen, die gemeinsam mit dem Dozenten Matteo Rizzi immer wieder ausgewertet und mit den standardmäßig stattfindenden Evaluationen, die aber leider nur bedingt Aussagen zu spezifischen Fragen zulassen, abgeglichen wurden.

5.1.4. Fazit

Stellt man nun Klausur und Projektarbeit gegenüber, besteht der Hauptunterschied darin, welche Kompetenzen in den zwei verschiedenen Prüfungsformaten abgefragt werden. Während die Klausur nur das Wissen der Vorlesung abprüft, prüft das Projekt die Fähigkeit selbstständig zu programmieren. Da dies einer der essentiellen Bestandteile des Moduls ist, sollte es auch seinen Platz in der Modulprüfung finden. Weitergehend ist anzumerken, dass die Kompetenz Inhalte oder Ergebnisse wissenschaftlich zu präsentieren positiv ist, vor allem da diese Kompetenz in Köln nur selten bis gar nicht vor dem Bachelorkolloquium geübt wird.

Außerdem bietet die Projektarbeit eine gute Abwechslung zu dem sonst sehr klausurenlastigen Bachelorstudium. Der Vorteil der Projektarbeit, die Prüfungsangst zu reduzieren, wurde allerdings leider dadurch relativiert, dass zusätzlich noch ein Test stattgefunden hat, wenn auch mit deutlich geringerer Bedeutung als die übliche Klausur. Zusätzlich wurde der Gesamtarbeitsaufwand im Vergleich zu einer herkömmlichen Klausur auch im zweiten Durchlauf von den Studierenden als zu hoch empfunden. Leider wird eine Weiterentwicklung derzeit dadurch erschwert, dass das Kölner Justizariat einfordert, dass jede Prüfungsordnung die Prüfungsform eindeutig festlegen muss.

5.2. Übungen und Projektarbeit ohne Druck und Fristen – Erfahrungen aus der Veranstaltung „Programming for Physicists“ an der Uni Wien

Ein Beitrag von Clara Kofler, Morris Weimerskirch und Manuel Längle:

Jede*r Studierende kennt es - Berge von Aufgaben, Zittern vor Präsentationen, Stress der droht, einen zu begraben. Dieser Härtetest ist so fest in unserem System verankert, dass man ihn leicht als Voraussetzung für Lernerfolg sehen kann: „No pain, no gain“. Aber es muss doch möglich sein, eine Lehrveranstaltung so zu gestalten, dass weder der Lernerfolg noch das psychische Wohlbefinden der Studierenden beeinträchtigt wird.

Hier stellen wir das System einer Programmierübung des Physikstudiums vor, bei der wir sowohl auf Deadlines während des Semesters, als auch auf Präsentationen der Studierenden verzichten, und gezielt versuchen, ein angenehmes Lernklima zu schaffen. Evaluationsdaten zeigen hauptsächlich positive Rückmeldungen im Bezug auf die oben genannten Punkte, jedoch führt das gewählte interaktive Übungskonzept auch zu Problemen, wie etwa zu langen Wartezeiten bei der Beantwortung von Studierendenfragen während der Übungseinheiten.

5.2.1. Einleitung

Programmieren ist einerseits Mittel zum Zweck: Datenaufnahme, -aufbereitung, -manipulation und -visualisierung setzen allesamt Programmierkenntnisse im breiteren Sinn voraus. Andererseits haben moder-

ne Programmierkonzepte einen formativen Charakter: „Separation of concerns“ bildet den Unterschied zwischen der experimentellen Datenerfassung und der physikalischen Interpretation plastisch nach. Eine Dokumentation des Prozesses mittels Versionskontrollsystem (VCS) ist auch für eine gewissenhaft durchgeführte Forschung hilfreich. „Test Driven Development“ – Hypothese, Antithese und überprüfbare Synthese sind als Begriffe auch prägend für den (Natur-) Wissenschaftsprozess an sich.

Die Einführung ins Programmieren sollte unserer Meinung nach nicht als theoretisches Konzept erfolgen. Gerade hier ist learning-by-doing beziehungsweise learning-by-repeatedly-failing ein wichtiger, wenn nicht sogar der wichtigste Aspekt des Lernprozesses. Wo es bei anderen Lehrveranstaltungen Sinn haben kann, die Theorie klar von den Anwendungen zu trennen – die Vorlesung von der Übung – sind andere Herangehensweisen für Programmierkurse eventuell sinnvoller. Hier wollen wir auf den Lehrveranstaltungsmodus des Moduls „Programming for Physicists“ (P4P), das im dritten Semester des Physikstudiums an der Universität Wien vorgesehen ist und das Ziel hat, den Studierenden die Grundlagen des Programmierens beizubringen, eingehen.

5.2.2. Aufbau der Lehrveranstaltung

Der Kurs wird seit 2019 als Vorlesung mit prüfungs-immanenter Übung angeboten, die Leistungskontrolle erfolgt über eine Modulprüfung, welche beide Bereiche abdeckt.

Die Vorlesung setzt hierbei auf Demonstrationen und Beispiele, wobei die Studierenden explizit aufgefordert sind, den Beispielen am Gerät zu folgen. Der gesamte Vorlesungsstoff und die Übungsaufgaben sind auf einer eigenen Website einsehbar. Ein Screenshot dieser ist in Abb. 3 zu sehen.

Auch wenn die Veröffentlichung der Übungen dem Themenzeitplan der Vorlesung folgt, wird auf Abgabetermine bis Ende des Semesters verzichtet. Dies soll allen Studierenden eine individuelle Aufgabenteilung und eigenes Arbeitstempo ermöglichen.

Die Übungseinheiten bieten Raum für die Studierenden, um gemeinsam an ihren Lösungen zu arbeiten und den Lehrenden Fragen zu stellen. Die Lehrenden agieren hier als Coaches, die den Studierenden helfen sollen, ihre Probleme zu lösen, anstatt sie auf Basis selbiger schlechter zu beurteilen.

Zusätzlich gibt es ein wöchentliches Tutorium, das von zwei Studierenden begleitet wird. Auch dieses ist ungewöhnlich gestaltet, da, anstatt genauer auf die Übungen einzugehen, Konzepte aus der Lehrveranstaltung erneut anhand von Beispielen erklärt und zusätzliche, ähnliche jedoch kürzere Aufgaben samt Lösungen zur Verfügung gestellt werden.

p4p documentation » Numerical Python

Table of Contents

- Numerical Python
 - numpy arrays
 - Attributes
 - arange
 - linspace
 - zeros and ones, eye
 - Mathematical functions and constants
 - Matrix operations
 - Statistical analysis
 - Random numbers and sorting
 - Indexing, slicing and iterating
 - Stacking
 - Questions for arrays
 - File input and output

Previous topic

Object-oriented programming

Next topic

Scientific Python

This Page

Show Source

Quick search

Go

Numerical Python

Numerical Python ([NumPy](#)) is the fundamental package for scientific computing with Python. It provides, for example:

- An N-dimensional array object
- Tools for integrating C/C++ and FORTRAN code
- Linear algebra methods
- Fourier transforms
- Random number capabilities

When you have NumPy installed in your environment (`pip install numpy`), you can import it similar to modules from the standard library. Note that as a convention, NumPy is imported as `np`.

```
>>> import numpy as np
```

numpy arrays

The numpy array class is `ndarray`. These are multidimensional objects that usually contain numbers. Note that unlike lists, numpy arrays can only contain one data type. They are indexed by a tuple of non-negative integers (0, 1, ...). Dimensions in numpy are called *axis*. For example, a 3-component vector has one axis, and a length of three

```
>>> import numpy as np
>>> v = np.array([2.5, 4.1, 2.0])
>>> len(v)
3
```

A two-dimensional array is created as a list of lists.

```
>>> import numpy as np
>>> m = np.array([[ 2.5, 4.1, 2.0 ],\
...               [1.0, 0.2, 3.5]])
>>> m
array([[2.5, 4.1, 2. ],
       [1. , 0.2, 3.5]])
```

This array has two axes; the first one has a length of 2 and the second one 3.

Abb. 3: Ein Screenshot der P4P Kurswebsite, auf der alle Vorlesungsunterlagen und Übungsaufgaben gesammelt sind.

Als Programmiersprache wurde Python3 gewählt, eine „all rounder“ Sprache, die sehr weit verbreitet und beliebt ist.

Jedoch hebt sich dieser Kurs vor allem durch die Wahl der Programmierumgebung von anderen ab. Anstatt sich ausschließlich auf das Erlernen von Python zu konzentrieren, ist das Ziel, auch Fähigkeiten im Umgang mit „open source“ Werkzeugen zu erlernen, die im akademischen Rahmen viel verwendet werden. So wird während des gesamten Kurses im Linux Terminal („Windows Subsystem for Linux“ für Windows User) gearbeitet, die Übungen werden auf einen Server geladen und können über das „version control system git“ heruntergeladen werden.

Auf ihren eigenen Rechnern im Terminal bearbeiten Studierende die Dateien mit dem Texteditor „neovim“ und pushen ihre Lösungen über „git“ wieder auf den Server. Unter einem „push“ wird in „git“ das Hochladen auf den Server verstanden. Zusätzlich wird die Jupyter Konsole in „neovim“ verwendet, um den Code zu testen und sich mit einzelnen Funktionen auseinanderzusetzen. Studierenden wird die Programmierumgebungen freigestellt, jedoch wird hier nur bedingter Support garantiert.

5.2.3. Übungsmodus im Detail

Die Übungsaufgaben sind spielerisch aufgebaut. Jede Aufgabe besteht aus mehreren Levels, die unterschiedliche Anweisungen beinhalten. Nach Bearbeitung der Aufgaben eines Levels, beispielsweise dem Implementieren einer bestimmten Funktion, werden die Änderungen über „git“ registriert und auf den Server gepusht, woraufhin mit dem nächsten Level weitergemacht wird. Meist gibt es vorgefertigte Dateien mit einer vorgegebenen Programmstruktur, die mit dem entsprechenden Code vervollständigt werden muss, und eine Reihe von Testdateien, um die Programme zu überprüfen.

Bei jedem neuen „push“ auf den Server werden ebendiese Tests mittels „pytest“ für eine automatische Evaluation auf Serverseite verwendet und den Studierenden der aktuelle Status mitgeteilt.

Es gibt keine Beschränkung für die Anzahl der hochgeladenen Lösungen, am Semesterende wird die aktuellste beurteilt.

Im letzten Drittel des Kurses finden sich die Studierenden in Kleingruppen zusammen und implementieren von Grund auf gemeinsam ein von den Übungsleiter*innen entworfenes Softwareprojekt. Diese Projekte können von Datenanalyse über Simulationen von Massesystemen bis hin zu einfachen Spielen und Animationen viele unterschiedliche Anwendungen von Programmen beinhalten.

Anders als die Übungen werden diese Projekte von Hand kontrolliert und nicht über vorprogrammierte Tests.

Während der Umsetzung der Projekte stehen die Studierenden in Kontakt mit den Lehrenden, die die Projekte entworfen haben. Wir haben durchaus posi-

tive Rückmeldungen von Studierenden bekommen, die das Projekt abgeschlossen haben, und zufrieden sowie stolz auf das Geleistete waren.

5.2.4. Rückmeldung der Studierenden

Gegen Ende des Kurses wurde eine anonyme Lehrveranstaltungsevaluation durchgeführt. Die Rückmeldungen zur Vorlesung waren vorrangig positiv in den vorgegebenen Fragen, jedoch gaben mehr als 40 % von insgesamt 72 Studierenden an, dass die Lehrveranstaltung mehr Arbeitsaufwand erforderte, als durch die ECTS angedeutet wurde und dass die Voraussetzungen zu hoch angesetzt waren.

Der Hauptkritikpunkt der Studierenden in der offenen Evaluation war das verwendete Setup. Es wurde bemängelt, dass viel Zeit benötigt wurde, um damit verbundene technische Probleme zu beheben und die Syntax zu erlernen.

Die offenen Antworten bei einer von Seiten der Universität durchgeführten Übungsevaluation waren sehr ausgeglichen, jedoch zeigte sich, dass vor allem das Verzicht auf eine Deadline den Studierenden geholfen hat, sich ihre Zeit besser einzuteilen. Auch das Fehlen des Präsentationsaspekts wurde meist positiv aufgefasst, da es den Stress einer Übung reduziert. Allerdings gab es auch Studierende, die der Meinung waren, dass Präsentationen ihr Verständnis verbessern würden.

Laut Evaluation profitierten die Studierenden am meisten von der Bearbeitung der Übungsaufgaben und dem Gruppenprojekt am Ende des Semesters.

Ein weiterer Punkt, der oft positiv genannt wurde, in diesem wie auch in vergangenen Jahren, war die geförderte Teamarbeit unter den Studierenden, sowohl bei den Gruppenprojekten als auch bei Bearbeitung der Übungsaufgaben, und die entspannte Umgangsform zwischen den Lehrenden und den Studierenden.

Die Studierenden bemängelten an diesem Übungskonzept jedoch, dass es oft lange Wartezeiten gab, bis sie Unterstützung bekamen, vor allem als zu Beginn des Semesters viele Fragen aufgekomen sind.

Aus den Fragen der Evaluation wurden die sechs relevantesten genauer betrachtet: (1) Gesamt gesehen halte ich die Lehrveranstaltung für ...; (2) Die Studierenden werden bei der Erreichung der Lernziele unterstützt; (3) Die Studierenden werden in der Entwicklung ihrer Vortragstechnik unterstützt; (4) Es wird darauf geachtet, dass sich alle Studierenden aktiv an der Lehrveranstaltung beteiligen; (5) Durch die Lehrveranstaltung habe ich ein tieferes Verständnis der grundlegenden Konzepte gewonnen; (6) Die gewählte Durchführungsform (Präsenz / hybrid / digital) funktioniert reibungslos.

Dabei konnten die Studierenden aus fünf Antworten von „sehr gut / trifft zu“ (1) bis „sehr schlecht / trifft nicht zu“ (5) auswählen.

Das Ergebnis dieser Befragung ist in Abb. 4 visualisiert.

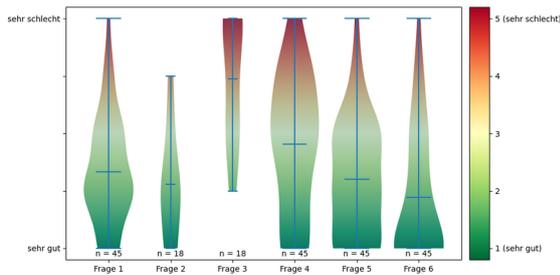


Abb. 4: Violinengrafik der Studierendenbefragung zur Übung, wobei die Mittelwerte mit horizontalen blauen Linien gekennzeichnet sind. Deren Länge ist an die Graphik angepasst und hat keine Aussagekraft. Die Breite der Violinengrafik gibt Aufschluss über die Anzahl der Stimmen für die entsprechende Bewertung. Je tiefer der Schwerpunkt der Violine desto besser die Bewertung der entsprechenden Frage. Die Anzahl abgegebener Stimmen ist mit n angemerkt.

Wie in der Visualisierung ersichtlich, ist die Bewertung der Studierenden in den meisten Punkten positiv. Vor allem die Frage 6, also wie gut die Durchführungsform funktioniert, wurde mit einem Mittelwert von 1.89 und einem Median von 1 als sehr gut bewertet. Sowohl der Erwerb von grundlegendem Verständnis (Frage 5) als auch die Erreichung von Lernzielen (Frage 2) wurde positiv bewertet.

Einzig die Unterstützung bei aktiver Beteiligung der Studierenden an den Übungseinheiten (Frage 4) und die Entwicklung der Vortragstechnik (Frage 3) fielen bei den ausgewählten Fragen mittelmäßig bzw. schlecht aus. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit den offenen Fragen (wie zuvor besprochen) und resultiert aus dem Fehlen der Präsentationen in der Übung.

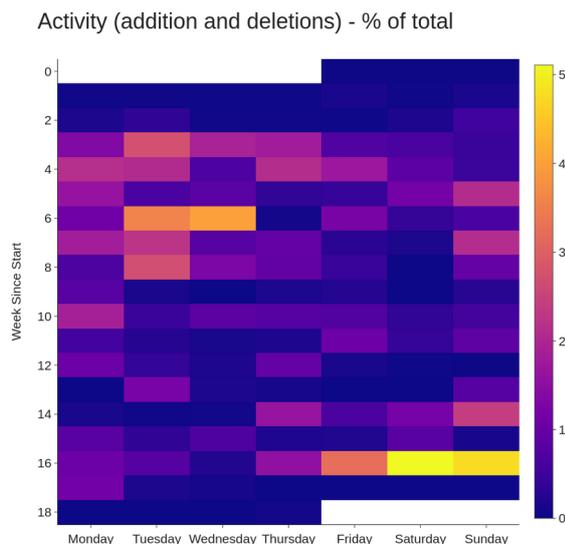


Abb. 5: Aktivität der Studierenden während des Semesters, gemessen an Veränderungen ihrer hochgeladenen Übungslösungen als Anteil der gesamten Änderungen pro Tag in Prozent.

Insgesamt wurde die Lehrveranstaltung mit einem Mittelwert von 2.3 und einem Median von 2 als gut bewertet, was auch durch die Ergebnisse von Frage 1 ersichtlich ist.

In Abb. 5 ist die Übungsaktivität (Änderungen der Studierenden an ihren hochgeladenen Lösungen) des Kurses im Jahr 2020, welcher im selben Modus abgehalten wurde, gezeigt. In der Darstellung sind die Anteile an den Gesamtänderungen an jedem Tag des Semesters in Prozent farblich dargestellt. Die höchste Aktivität wurde dabei kurz vor Ende des Semesters verzeichnet. Dieses Wochenende vor der Deadline machte etwa 10 % der Gesamtaktivität aus. Dennoch sieht man, dass mit Ausnahme der Weihnachtswochen (Woche 9) trotz des Verzichts auf Deadlines während des Semesters relativ kontinuierlich an den Übungen und Projekten gearbeitet wurde.

5.2.5. Prüfungsergebnisse

Die Prüfung am Ende besteht darin, dass Studierende in ausreichend Zeit ein einfaches Programm selbstständig schreiben.

Die Korrelation der Übungsnoten mit den Gesamtnoten des Moduls ist in Abb. 6 dargestellt.

Dabei ist zu Beachten, dass bei einer Beurteilung der Übung mit sehr gut (1) die Prüfungsnote des ersten angebotenen Prüfungsantritts um einen Notengrad verbessert wird, vorausgesetzt die Prüfung wurde positiv abgeschlossen.

Es ist ersichtlich, dass jene Studierende, welche die Übung mit sehr gut bestanden haben, zum Großteil auch das Modul mit guten Noten abgeschlossen haben, wohingegen schlechtere Übungsnoten quasi keine Auswirkung auf die erreichte Modulprüfungsnote hatten.

Der schlechteste Schnitt von 4.3 wurden bei der Übungsnote 3 verzeichnet. Das könnte daran liegen, dass einige Studierende, die schon Programmiererfahrung haben, die Übungen nicht besuchen, jedoch trotzdem die Prüfung bestehen, wohingegen Studierende, die keine Programmiererfahrung haben, aber die Übungen nicht oft besuchen oder nicht alle Übungsaufgaben bearbeiten, bzw. das Projekt nicht implementieren, die Übung zwar bestehen, jedoch nicht genug Praxis erworben haben, um die Prüfung positiv abzuschließen.

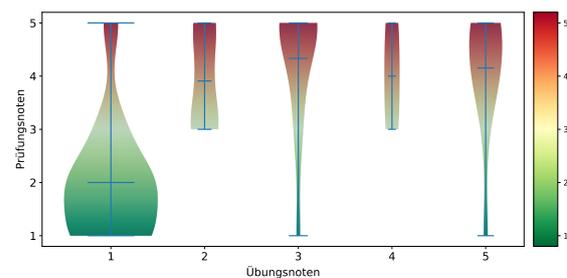


Abb. 6: Übersicht der erreichten Prüfungsnoten im Zusammenhang mit den Übungsnoten des Kurses. Die Mittelwerte sind durch horizontale blaue Linien markiert.

Es ist zu beachten, dass bei vergangenen Jahrgängen mit demselben System die Notenvergabe der Prüfung deutlich besser ausfiel. Etwa 60 % der Studierenden schlossen mit einem sehr gut ab.

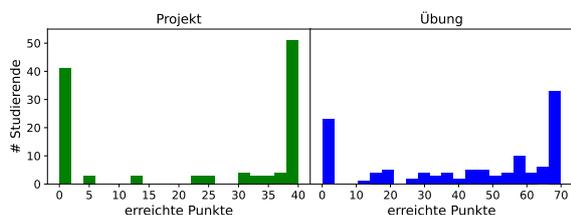


Abb. 7: Histogramm, welches den Erfolg von Studierenden beim Projekt sowie bei den Übungsbeispielen zeigt. Sowohl bei dem Projekt als auch bei der Übung hat der Großteil der Studierenden entweder 0 oder fast alle Punkte erreicht.

5.2.6. Fazit

Alles in allem wurde der Übungsmodus größtenteils positiv aufgefasst. Vorrangig wurde der verminderte Druck durch das Verzichten auf eine Deadline für Übungsabgaben während des Semesters und der angenehme Umgang miteinander als auch die Zusammenarbeit im Zuge von Gruppenarbeiten gelobt.

Die negativen Bewertungen bezogen sich hauptsächlich auf die Wahl der Programmierumgebung und die Menge des Stoffs, jedoch trafen wir auch auf Probleme mit den interaktiven Übungen, da Studierende oft lange auf Beantwortung ihrer Fragen warten mussten.

Obwohl der Kurs noch einige Schwierigkeiten aufweist, ist es uns dennoch gelungen, einen Übungsmodus einzuführen, der das psychische Wohl der Studierenden priorisiert – ein Aspekt der ebenso wichtig ist wie deren Lernerfolg.

6. Literatur

- [1] Pekrun, R.: The Control-Value Theory of Achievement Emotions: Assumptions, Corollaries, and Implications for Educational Research and Practice. *Educ Psychol Rev* 18, 315–341 (2006). <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9029-9>
- [2] Krispenz, A.: Reduktion von Prüfungsangst durch das Hinterfragen angsterzeugender Kognitionen. Dissertation Sozialwissenschaften Universität Mannheim (2019) https://www.edu.unibe.ch/e66/e507302/e877348/DissertationAnnKrispenzTheWork_ger.pdf
- [3] Scheuffler, S.: Wenn Stress das Gedächtnis ausschaltet. In: Fokus online (2013) https://www.focus.de/familie/lernen/lernhilfen/blackout-in-der-pruefung-die-besten-strategien-gegen-stress_id_2139310.html4 (Stand 5/2022)
- [4] Aebli, H.: „Grundformen des Lernens“ 10. Auflage 1977 S. 201f
- [5] Brackertz, S., Dahlkemper, M., Drotloff, A., El Miniawy, A., Gehlert, J., Geyer, M.-A., Ivanjek, L., Jeličić, K., Kotakosko, J., Kern-Michler, D., Klein, P., Küchenmann, S., Längle, M., Weimerskirch, M. J., Schielke, P., Susac, A., & Witte, W. (2021). Workshop: Hochschuldidaktische Konsequenzen aus zwei Semestern Krisenlehre. *PhyDid B 2022 – Didaktik Der Physik – Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung* <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1176>
- [6] Altland, A., Brackertz, S., Bresges, A., Buchhold, M.: Erklärvideos als Prüfungsleistung: Ein Pilotversuch, Artikel des Studienreform-Forums <https://www.studienreform-forum.de/de/forum-2020/beitraege-2020/2021/05/22/erklaraevideos-als-pruefungsleistung-ein-pilotversuch/>
- [7] Brackertz, S., El Miniawy, A., Gehlert, J., Kern-Michler, D., & Längle, M. (2022). Workshop: Konsequenzen aus drei Jahren Studienreformforschung: Ein Beitrag des Studienreform Forums. *PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung* <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1309>
- [8] Markard, M.: „Begabung, Motivation, Eignung, Leitung“ In: *Forum Wissenschaft* 1/1998
- [9] Weinert, F. (Hrsg.): *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim und Basel: Beltz, 2001: 27f.
- [10] Ladenthin, V.: „PISA und Bildung?“ Volker Ladenthin im Interview mit Rolf-Michael Simon. In: *Neue Ruhr Zeitung* 18.11.2007
- [11] Krautz, J.: „Die Kompetenz des homo oeconomicus“ In: *Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Pädagogik*, 86 (2010) 3, S. 332-345
- [12] Weinert, F.: Die fünf Irrtümer der Schulreformer. In: *Psychologie heute*, 26, Heft 7 (1999).
- [13] Webseite des Studienreform-Forums: Themenseite Prüfungsversuchsbeschränkungen <https://studienreform-forum.de/de/themen/pruefungsversuchsbeschaenkrungen/> (Stand 5/2023)
- [14] Kristkeitz, S.: Übungen versus Essays, Artikel des Studienreform-Forums, <https://studienreform-forum.de/de/forum-2019/beitraege-2019/2019/03/24/uebunugen-versus-essays/>
- [15] Schmitt, F.: Education Zen, Artikel des Studienreform-Forums, <https://studienreform-forum.de/de/forum-2020/beitraege-2020/2020/02/08/essay-educationzen/>
- [16] Diehl, S., Hardt, D., Müller, T., Zander, T., Daviet, R., Fatima, M., Brackertz, S.: Using quizzes to discuss and link different perspectives on physics, Artikel des Studienreform-Forums,

- <https://studienreform-forum.de/de/forum-2023/beitrage-2023/2023/03/05/quizzes/>
- [17] Kofler, C., Weimerskirch, M., Längle, M.: Programming 4 Physicists, Artikel des Studienreform-Forums,
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2023/beitrage-2023/2023/03/05/bunsmodus-programming-physicists/>
- [18] Chikho, M, Meures, S.: Projektarbeiten als Modulprüfung in der Computerphysik, Artikel des Studienreform-Forums,
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2023/beitrage-2023/2023/03/05/projektarbeit-der-computerphysik/>

Danksagungen zum Beitrag „Übungen und Projektarbeit ohne Druck und Fristen“

Beiträge der Autor*innen zur Veranstaltung „Programming for Physicists“: Morris Weimerskirch hat die Übungsbeispiele sowie das didaktische Konzept (mit-)entwickelt und war als technischer Support tätig. Manuel Längle war an der Testung und Weiterentwicklung der Beispiele beteiligt sowie ein Übungsleiter. Clara Kofler war als Tutorin tätig.

Wir möchten uns bei Jani Kotakoski, dem Leiter der Lehrveranstaltung für die Entwicklung des didaktischen Konzepts sowie aller Lehrveranstaltungs-materialen bedanken.

Wir möchten uns bei den Übungsleitern der anderen Gruppen Carsten Speckmann, Wael Joudi, Jacob Madsen und Arixin Bo bedanken. Sie waren an der Testung und Weiterentwicklung der Übungsbeispiele beteiligt. Ohne permanenten Austausch sowie gemeinsame Evaluation der Lehrveranstaltung wäre diese Publikation nicht möglich gewesen.

Besonderer Dank gebührt auch dem technischen Support der Lehrveranstaltung, Maximilian Negedly, der den Großteil der technischen Probleme der Studierenden gelöst hat und es somit dem Rest des Teams erleichtert hat sich auf die Vermittlung des Lehrveranstaltungsinhalts zu konzentrieren.

Wir danken allen zuvor genannten Personen für ihre hilfreichen Kommentare und Anregungen im Bezug auf diese Publikation.