

Prüfungen im Physikstudium: Aktuelle Hochschulpraxis bildungswissenschaftlich betrachtet

M. Längle¹, D. Kern-Michler², S. Brackertz³, S. Penger³, A. Sich³, L. Lehmann⁴ und C. Kronberger⁵

¹Universität Wien, Wien, Österreich — ²zaPf e.V., Frankfurt, Deutschland — ³UzK, Köln, Deutschland — ⁴TU Dresden, Dresden, Deutschland — ⁵TU Wien, Wien, Österreich

Praktikumsantestate

Ausgehend von der Erfahrung, dass Laborpraktika oft hinter den Möglichkeiten zurück bleiben, und insbesondere Antestate zu oft von Rumdruckserei anstatt von lebendiger Diskussion geprägt sind, wurden verschiedene Varianten des Antestats erprobt. Dabei hat sich die Doppelfunktion vieler Konzepte, im Antestat einerseits abzuprüfen, ob Studierende ausreichend vorbereitet sind, und andererseits physikalische Fragen im wissenschaftlichen Gespräch wirklich zu klären, als prinzipielle Schwierigkeit herausgestellt, die bei den bisherigen Konzepten von den Assistent:innen individuell mit mehr oder weniger überzeugenden Kompromissen beantwortet wurde. Angesichts dieser Erfahrungen werden Ideen zur prinzipiellen Auflösung dieser Doppelfunktion vorgestellt.

Klausurzulassung

Im herkömmlichen Betrieb führt die Angst, die Klausurzulassung nicht zu erreichen, oft zum Abschreiben, was wiederum dazu führt, dass in der Übung Schweigen vorherrscht, weil die einen beim Abschreiben nicht auffliegen wollen und die anderen (und auch viele Ü-Leiter:innen) die Kommiliten:innen nicht vorführen wollen.

Um dieses Problem zu lösen, wurden verschiedene Varianten des Übungsbetriebs mit unterschiedlichen Kombinationen folgender Ideen erprobt, um die Klausurzulassungen überflüssig zu machen:

- Bonuspunkte für die Prüfung, wenn die Beispiele bearbeitet wurden.
- Bessere eingeordnete Aufgabenstellungen.
- Aufgaben wurden im Vorfeld der Besprechung korrigiert zurückgegeben und Musterlösungen veröffentlicht. Dadurch konnten die Studierenden sich bei der Besprechung von Fehlern und Methoden fokussieren und von hieraus entstehenden Debatten in der Übung profitieren.

Die Anzahl der Abgaben und die Teilnahme an den Übungen waren mit dem herkömmlichen Übungsbetrieb vergleichbar, aber die Übungen aktiver. Erprobt wurde dies an der Universität zu Köln.

<https://studienreform-forum.de/de/forum-2019/betrage-2019/03/13/was-besseres-als-klausurzulassungen/>

Education Zen

Beispielaufgaben (ca. 200 Stück) wurden 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. Das Projekt erzielte eine erhebliche Verbesserung des Notendurchschnittes und viel Zustimmung bei Studierenden.

<https://studienreform-forum.de/de/forum-2020/betrage-2020/02/08/essay-educationzen/>
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2020/betrage-2020/02/08/poster-educationzen/>

Erklärvideos

Anstatt eines klassischen Prüfungsformates, das meist Bulimielernen fördert, wird eine Video-Prüfung als Prüfungsleistung durchgeführt. Hierbei sollen Studierende Aufgaben, die sie aus einem Pool auswählen können, in einem aufgenommenen Video sowohl klassisch rechnen als auch konzeptionell erklären. Neben der Vertiefung der einzelnen Aspekte fördert die Wahlmöglichkeit zusätzlich eine aktive Auseinandersetzung mit den anderen Themen. Es fließt also neben dem Endprodukt auch der Lösungsprozess in die Bewertung ein, wodurch der Entwicklungs- und Wissensstand gut abgezeichnet wird. Das Format wurde aufgrund der langen Prüfungszeit und des klar definierten Modus als weniger Angst auslösend bewertet. Ausprobiert wurde dies an der Universität zu Köln in der Vorlesung, Moderne Mathematik im Physikstudium' im Studiengang Bachelor of Science.

<https://studienreform-forum.de/de/forum-2020/betrage-2020/01/05/22/erklarvideos-als-pruefungsleistung-ein-pilotversuch/>

Kritik an Prüfungen unabhängig von ihrer konkreten Gestaltung

- 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[...]". Favoritisiert werden dagegen abstrakte Fähigkeiten des Blendens, des Nach-dem-Munde-Redens, der gemäßigtsten 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.[6]"

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." [7] Im Gegensatz zu Qualifikation und Motivation sind Kompetenzen empirisch direkt(er) zugänglich.

- ### Kritik an der Kompetenzorientierung
- 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 willfährige 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 Babyahrung produzieren können wie Landminen". [8, 10]

Quellen
[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.uni-be.ch/e66/e507302/e877348/DissertationAnnKrispenzTheWork_ger.pdf
[3] Hans Aebli "Grundformen des Lernens" 10. Auflage 1977 S.2011
[4] https://www.focus.de/familie/erlernen/erlernenhilfen/blackout-in-der-pruefung-die-besten-strategien-gegen-stress_id_2139310.html 4, Abgerufen am 18.3.2022
[5] <https://www.studienreform-forum.de/de/forum-2020/betrage-2020/02/10/5/22/erklarvideos-als-pruefungsleistung-ein-pilotversuch/>
[6] Monz Markard: "Bewegung, Motivation, Eignung, Leistung" In: *Forum Wissenschaft* 1/1998
[7] Franz E. Weinert (Hrsg.): *Leistungsdimensionen in Schulen*. Weinheim und Basel: Beltz, 2001: 27f.
[8] Ladenthin, "PISA und Bildung?" Volker Ladenthin im Interview mit Rolf-Michael Simon. In: *Neue Ruhr Zeitung* 18.11.2007
[9] Klafki W., "Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik S23, 1985. ISBN978-3-407-32085-8
[10] Krautz, "Die Kompetenz des homo oeconomicus" In: *Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Pädagogik*, 86 (2010) 3, S. 332-345

Nach Aebli [3] sollten zu lernende Begriffe schrittweise erklärt und entwickelt werden, da Wissen immer als Geflecht von Beziehungen in unserem Geist entsteht. Als Metapher wird hier eine Spinne, die ein Netz aus einem durchgehenden Faden spinn, verwendet. 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.

Vernetztes Denken

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).

Dabei ist nicht nur die aktuelle Prüfungssituation von Bedeutung für die Entwicklung der Prüfungsangst, sondern auch generalisierte Überzeugungen, etwa darüber wie wichtig akademischer Erfolg ist oder wie gut man darin ist "sich auf den Hosenboden zu setzen und zu Lernen" [2].

Prüfungsangst

Prüfungs- und Lernsituationen legen strukturell unterschiedliche Schwerpunkte und Verhaltensweisen nahe:

- Konkretes präsentieren vs. Schwierigkeiten adressieren**
- Stoff breit abfragen vs. spannende Fälle vertiefen**
- Angst vs. Neugierde**
- Einzelleistung vs. Kooperation**

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." [4]
Die Konsequenz sind oft verklemmte Situationen, in denen auf Lernen und Weiterdenken gerichtete Fragen immer auch als Prüfungsfragen wahrgenommen werden und als solche überfordern und zu Angst führen. In der Konsequenz versuchen Lernende Fragen aus dem Weg zu gehen und sich möglichst gut zu verstecken.

Lernen und Prüfen sollten daher in strikt voneinander getrennten Situationen stattfinden und z.B. auch durch Raumwechsel explizit kulturell getrennt werden.

Trennung von Lern- u. Prüfsituation

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

- Seit Jahrhunderten ist bekannt: 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 hinweggegangen, 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 Benotung auf Grund von Fehlerzahlen inkompatibel.

Verbesserungsschleifen

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 Motivationsdimension hinzu: Mit der eigenen Arbeit (nicht erst in Zukunft) eine nützliche Rolle zu spielen.
- Das Gelernte wird selbstständig (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 Prüfungssituation**, die dennoch unmittelbar aufeinander bezogen sind. [5]

Produktorientierung

Essays

In Liverpool spielt in einigen Physikkursen **das Schreiben von Essays** eine wichtige Rolle, 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 Papier 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.**

<https://studienreform-forum.de/de/forum-2019/betrage-2019/03/24/uebungen-versus-essays/>

Klausurversuchsbeschränkung

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 Kolloquia.
- 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.

<https://studienreform-forum.de/de/forum-2019/betrage-2019/02/03/1247-semester-ohne-klausurversuchsbeschaenkungen/>

Quizzes

In verschiedenen Kölner Veranstaltungen wurden Multiple-Choice-Kurzfragen, über deren Ergebnisse die Studierenden, teils anonym, abgestimmt haben, mit großem Erfolg erprobt. Teils in Übungen, teils in Fragestunden diente sie dazu

- zur aktiven Mitarbeit zu aktivieren
- und Studierenden wie Lehrenden jenseits einer Prüfungssituation **Feedback zu geben**.

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

- Sie sind hilfreich, um zwischen bigger picture und konkreter Rechnung rein- und raus 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.

studienreform-forum.de/de/forum-2023/betrage-2023/03/05/quizzes/

Kreuzerübungen

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", um die Übung zu bestehen, was zu Abschreiben und unvollständigem Durchrechnen führt. 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 blödsstellen möchten, das Beispiel gekreuzt und nicht verstanden zu haben.**

Programmierprojekte

Der Hauptfokus der Lehrveranstaltung Programming for Physicists (P4P) liegt darin, 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**. Prüfung besteht darin, dass Studierende in ausreichend Zeit (24 h) **ein einfaches Programm selbstständig schreiben**. Zur Vorbereitung gibt es ein **Gruppenprojekt** am Ende des Semesters. **Programmierprojekte** wurden auch in der Kölner Computerphysik erprobt.

studienreform-forum.de/de/forum-2023/betrage-2023/03/05/bursmodus-programming-physicists/
<https://studienreform-forum.de/de/forum-2023/betrage-2023/03/05/projektarbeit-de-computerphysik/>

Inputorientierung:

"Nürmberger Trichter"; kulturell vom Preußischen Militarismus inspirierter Unterricht, bei dem die Lehrenden die Studierenden mit zu lernenden Inhalten überschütten und ansonsten sich selbst überlassen.

Anregungsorientierung:

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 "Objektiverungen", die "Möglichkeiten und Aufgaben" **humaner** Existenz erschließen.

Entscheidend ist hier auch, dass individuelle Interessen 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.

Problemorientierung:

In der Tradierung kritischer Theorie stehende Strömungen ergänzen die **Anregungsorientierung** durch die **Auseinandersetzung mit (epochaltypischen Schlüssel-)Problemen**, deren Lösung für die humane Fortexistenz aller Menschen, Lehrender wie Lernender, entscheidend ist.

Outputorientierung:

Lehrende übernehmen Verantwortung dafür, dass Studierende systematisch auf die **zu vor definierten Lernziele** vorbereitet werden und diese auch erreichen. Verbreitete Methode: **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.

Kritik an der Anregungs- und Problemorientierung

u.a.: Heimann, Otto, Schulz ("Berliner Didaktik") Das Menschenbild, wie es sowohl die klassische Bildungstheorie als auch die Strömungen der Kritischen Pädagogik entwerfen, ist 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.

Kritik an der Outputorientierung

U.a. Krautz
Die aktuell in Abgrenzung zur Inputorientierung propagierte Outputorientierung 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 ungeschwächt zu machen. Mit der **Output-Orientierung** werde eine auf Instrumentalisierbarkeit statt Mündigkeit gerichtete Bildungsreform propagiert.