

Multimodale Wissensvermittlung im Multiperspektiven-Modus – Erweiterte Lehrkonzepte für Grundvorlesungen im NAWI-Physikstudium

Lehrprojekt zur Verbesserung der Lehrqualität für Physik-Studierende im Grundstudium (Bachelor und Lehramt)

Lehrveranstaltungen im Fokus dieses Lehrprojekts (Grundvorlesungen)

Experimentalphysik 1: Mechanik und Thermodynamik/Wärmelehre (4 SWS; 6 ECTS; WS) &

Experimentalphysik 2: Elektrizität, Magnetismus & Optik (4 SWS; 6 ECTS; SS)

sowie zugehörige Übungen

Zielgruppe:

Bachelor & Lehramt Physik (1.–2. Sem.)

Laufzeit:

WS 2022/23 – SS 2025

Univ.-Prof. Peter Banzer

Institut für Physik, Universität Graz

**3 Jahrgänge
neuer
Studierender**

**Vom 1- zum
2-Dozenten-
Modus (und
zurück)**

**2
Lehrveranstal-
tungen**

**'Echte' NAWI-
Lehre
@ Graz Center
of Physics**

BEDEUTUNG DER GEWÄHLTEN LEHRVERANSTALTUNGEN IM STUDIUM

Die Vorlesungen Experimentalphysik 1 (Mechanik und Wärmelehre) und 2 (Elektrizität, Magnetismus und Optik) nehmen eine Schlüsselrolle für StudieneinsteigerInnen ein, also für Studierende des ersten und zweiten Semesters im Bachelor Physik bzw. des dritten und vierten Semesters für Lehramtsstudierende nach dem alten Studienplan (bis Sommer 26; ab Winter 2026 Angleichung der Taktung an Bachelor).

Die Veranstaltungen dienen der Festigung physikalischer Grundlagen, Vermittlung neuer, weiterführender Inhalte und der Vorbereitung auf Lehrinhalte der Folgesemester. Beide Vorlesungen werden von eigenständigen Übungen begleitet, welche einen Fokus auf dem Lösen entsprechender Aufgabenstellen haben. Die in beiden Veranstaltungen erlernten Konzepte zum Experimentieren, zur objektiven Datenaufnahme und theoretischen Beschreibung/Berechnung von physikalischen Szenarien dienen als Fundament für physikalisches und analytisches Denken.

Zuständigkeiten: Im Wintersemester 2022 (Zuständigkeit für Experimentalphysikzyklus seitens Universität Graz) habe ich die Lehrveranstaltungen übernommen und für 3 Jahre in Folge gelehrt (Experimentalphysik 2 nur 2 Jahre in Folge). Auch im Studienjahr 23/24 war ich vollumfänglich in beide Veranstaltungen eingebunden (Durchführung, Erstellung Lehrmaterialien, Prüfungen, etc.), obwohl zu diesem Zeitpunkt die Zuständigkeit bei der TU Graz lag (siehe 2-Dozenten-Modus unten). Im Studienjahr 24/25, war ich wieder alleinig mit beiden Vorlesungen betraut.

ANGESTREBTER PARADIGMENWECHSEL IN DEN GRUNDEVORLESUNGEN

STATUS QUO VOR 2022

- **Reiner Frontalunterricht als Standard:** Einzelne Lehrperson, klassische Vorlesung nur an der Tafel oder per rudimentärer Folien unterstützt von Experimenten. Keine inhaltsmotivierten Mischformen.
- **Unzureichend aufgearbeitete Lehr- und Lernmaterialien:** Arbeitsmaterialien der Vergangenheit entweder ident mit Tafelanschriften oder zu umfangreich.
- **Alternierender Wechsel:** Strikte Trennung der Durchführung zwischen Uni Graz und TU Graz von Studienjahr zu Studienjahr (trotz NAWI).
- **Ungleiches Betreuungsverhältnis:** Studierende lernten nur Lehrende einer Universität kennen (jahresabhängige Asymmetrie bei Bachelor-Arbeiten und Anfragen).
- **'Isolierte' Lehr-, Lern- und Prüfungsthemen:** Fehlende oder unzureichende Abstimmung der Vorlesungsinhalte, Prüfungstermine, Inhalte und Art der Vorlesungsklausuren zwischen Unis/Durchführungen. Mangelnde Abstimmung zwischen Vorlesungsinhalten und Übungsthemen.

TRANSFORMATION & SCHRITTWEISE UMSETZUNG (AB WS 2022/23)

- **Multimodale Vermittlung:** Verknüpfung von interaktiven Live-Experimenten, physikalischen Grundlagen, mathematischen Methoden (Fokus-Sessions), anschaulichen Simulationen (PhET und selbst programmierte Applets), digitalen Inhalten.
- **Multimediale Vermittlung:** Kombination verschiedener Medien für die Vermittlung diverser Inhalte: Folien-basierter und geschwindigkeitsangepasster Kern, Tafelrechnungen, Simulationen und digitale Inhalte (Videos, Animationen, etc.) mit Fokus auf Interaktion, Interaktivität und Feedback.
- **Multiperspektivische Vermittlung:** Zweiköpfige Lehrbesetzung für dialogische und vielseitige Facherklärunen.
- **Didaktische Synergien:** Vorrechnen relevanter Rechenbeispiele direkt in der Vorlesung, Hervorheben von Schlüsselexperimenten, inhaltlich abgestimmter Vorlesungs-/Übungsbetrieb, Anpassung Syllabus von Lehrveranstaltung mit mathematischen Fokus.

- **Curriculare Synergien:** Abstimmung mit KollegInnen anderer, relevanter Lehrveranstaltungen in den ersten Semestern (Übungen, Vorlesungen zu mathematische Methoden, etc.) .
- **Gelebte NAWI-Kooperation:** Austausch mit anderen Lehrenden beider Universitäten und Analyse der Lehrmaterialien.
- **Next-Level NAWI:** Gemeinsame Abhaltung (Prof. Banzer / Uni Graz & Prof. Schultze / TU Graz) im Studienjahr 23/24 zur Eruierung etwaiger Vorteile.
- **Gelebte Feedback-Kultur:** Regelmäßiges anonymes Studierenden-Feedback während des Semesters, persönliches Feedback der Teilnehmenden, Rücksprache mit Basisgruppe Physik, etc.

KERNELEMENTE DES DIDAKTISCHEN KONZEPTS

AUFMERKSAMKEITS- SPANNE → ZWISCHENZÄSUREN

Strukturierte Unterbrechungen zur klaren Definition von Kerninhalten und zur Auffrischung der Aufmerksamkeit.

GRUNDKONZEPTE

Kontinuierliche Wiederholung übergeordneter, wiederkehrender physikalischer Prinzipien. Einpflegen didaktisch angemessener Redundanzen. Verknüpfung vermeintlich unabhängiger Themenbereiche zur Festigung des Erlernten, allgemeinen Motivation und Betonung der Wichtigkeit.

MATHE-EINSCHÜBE

Zielgerichtetes Vermitteln mathematischer Werkzeuge genau an Stellen ihres physikalischen Einsatzes. Anwendung auf diverse physikalische Probleme zur Verdeutlichung der Relevanz.

SCHLÜSSELEXPERIMENTE

Eng abgestimmte Hörsaal-Experimente in direkter Zusammenarbeit mit R. Lammecker (TU) mit betontem Fokus auf besonders relevante Versuche.

EIN EXPERIMENT: DER MULTI-DOZENTINNEN- MODUS

Neben der Weiterentwicklung der etablierten 1-DozentInnen-Lehre auch Abhaltung im 2-DozentInnen-Modus. Simultane Präsenz zweier Dozenten für dialogische und multiperspektivische Erklärungen.

MATERIALIEN FÜR DEN VORLESUNGS- UND LERNEINSATZ

Von Grund auf neu entwickelte, vollumfänglich ausgearbeitete, optimierte und auf die multimodale und multimediale Durchführung ausgerichtete Lehr- und Lernmaterialien.

AKTUELLER FORSCHUNGSBEZUG, AUCH AUSSERHALB DES HÖRSAALS

Freiwillige Labor-Führungen und Mentoring-Sessions. Bachelor-Studierende als studentische Hilfskräfte eingebunden in aktuelle Forschungsthemen der Arbeitsgruppe OpNaQ.

ERGEBNIS-MONITORING DURCH PDCA-ZYKLUS

Schrittweise Implementierung der Konzepte und Anpassungen unter Einbeziehung der Erfahrungswerte anderer Lehrender, des Feedbacks der Studierenden bzw. der Basisgruppe, Klausur- und Testergebnissen (Plan - Do-Check - Act).

ABSCHLUSSREFLEXION & BEOBACHTUNGEN

ERFOLGREICHE ANSÄTZE & EFFEKTE

- **Forschungsbezug als Motivationsschub:** Direkte Anbindung an moderne Technologien und Forschung als sichtbarer Motivationsschub.
- **Mehrwert durch Dialog:** Zwei Lehrende (Banzer/Schultze) im Hörsaal schufen eine lebendigere und verständliche Atmosphäre. Auch bei Durchführung mit einer Lehrperson (Banzer) deutlich erkennbarer Mehrwert durch oben genannte Ansätze.
- **Erhöhte Teilnahmebereitschaft und Mitarbeit:** Lehrstil und entsprechende Methoden als partielle Ice-Breaker und Attention/Range-Extender. Verstärkte Teilnahme über die Semester hinweg im Vergleich zu pre-2022 (obwohl keine Anwesenheitspflicht).
- **Kontinuierliches Feedback:** Nutzung von Mentimeter & Co., Feedback der Basisgruppe und KollegInnen lieferten direkte Optimierungsimpulse oder zeigten den messbaren Erfolg der im Rahmen dieses Projektes implementierten Gehrichtungen auf.
- **Zunehmend bessere Prüfungsergebnisse:** Die Statistik zeigt einer Veränderung der Notenverteilung hin zu mehr sehr guten bzw. guten Noten wohin gegen auch weiterhin einige schlechte Klausurergebnisse vor allem im Lehramt beobachtet werden (Anzahl Klausurtermine: 4-5 pro Grundvorlesung und Studienjahr).
- **Durchweg positives Feedback:** Studierende waren sowohl im Rahmen des anonymen Feedbacks, im direkten Gespräch und im Dialog mit der BaGrü sehr positiv gestimmt.

BEACHTENSWERTE EFFEKTE & ÜBERRASCHUNGSMOMENTE

- **Selbststudium-Paradoxon:** Durch höhere Verständlichkeit vermittelter Inhalte bzw. besonders durch die 2-Perspektiven-Darstellung (2 Dozent) in der Vorlesung sank teils die eigenständige Nachbereitungszeit deutlich.
- **Sonderrolle Lehramt:** Noch immer tendenziell schlechteres Abschneiden (Klausur) von Lehramtsstudierenden im Vergleich zu Bachelor. Dieses Problematik wird in Zukunft durch das neue Curriculum (s. entsprechende Infos) und eine neue, dedizierte Lehramtsübung adressiert werden.
- **Hoher Ressourcenaufwand:** Simultane Doppelbesetzung erfordert organisatorisch und zeitlich hohe Kapazitäten (Abstimmung vor und nach den Veranstaltungen, Diskurs über Priorisierung von Lerninhalten und Abhaltungsformen, Prüfungsmodi, etc.).
- **Immenser Arbeitsaufwand:** Arbeit- und zeitintensive Planung, Erarbeitung, kritische Kontrolle und Anpassung/Optimierung vollständig neuer Lehr- und Lernmaterialien für zwei Lehrveranstaltungen (teils während der Semester außerhalb des Zuordnungszyklus) bei allerdings sehr hohem Mehrwert für die Studierenden. Wenig Wertschätzung/Wahrnehmung durch die Universitäten.

NACHHALTIGE IMPLEMENTIERUNG & AUSBLICK

PHASE 1

Learnings → Doings

Ab WS 2026/27:
Fortführung der Umsetzung,
Implementierung und Verstetigung aller gewonnen Erfahrungen und Ergebnisse bzw. des breit eingeholten Feedbacks
(Durchführung: Uni Graz; Dozent: Peter Banzer).

PHASE 2

Engere Abstimmung und curriculare Anpassungen

Engere zeitliche und inhaltliche Verknüpfung mit Mathematik-Vorlesungen im ersten und zweiten Semester.
Direktere Abstimmung zwischen Vorlesungs- und Übungsbetrieb.

PHASE 3

Berücksichtigung des neuen Curriculums im Lehramtsstudium

Maßgeschneiderte Vorlesungsübung mit speziellen, geführten Rechenbeispielen und zusätzlichen Schalexperimenten in Vorbereitung.

PHASE 4

Berücksichtigung und Einbeziehung moderner KI-Tools

KI als Study- Buddy nicht als Cheat-Sheet.
Studierende sollen zeitgemäß an KI-Werkzeuge herangeführt, mangelnde Eigenleistungen der Studierenden in den Übungen durch KI-Tools erkannt und verhindert werden.

PHASE 5

'Road to 2030 and Beyond'

Dauerhafte gemeinsame Lehre unter einem Dach im Graz Center of Physics.
Vereinheitlichung der Lehrmaterialien und -inhalte. Kuratieren gemeinsamer Sammlungen physikalischer Demonstrations-experimente, Einrichtung gemeinsamer Übungssäle, finale Aufhebung historisch gewachsener, inter-universitärer Grenzen, etc.

ESSENZ & ZUSÄTZLICHE AKTIVITÄTEN (WS 2020 - SS 2026)

Die diskutierten Schritte und deren Umsetzung hatten/haben das oberste Ziel, die empfundene und tatsächliche Qualität der Lehre sowie den studentischen Lernerfolg substanziell zu erhöhen, die Kontaktzeiten mit den Studierenden zu verlängern und diese schon früh an moderne Probleme der Physik heranzuführen. Darüber hinaus soll die Begeisterung für das gewählte Studienfach gesteigert werden, was sich nachweislich positiv auf die Motivation in einem schwierigen Studienfach auswirkt.

Von SchülerInnen zu Doktoratstudierenden

Weitere ausgewählte Aktivitäten von PB zum Erreichen besagter Ziele und darüber hinaus:

- **Neues für Schulen und die interessierte Öffentlichkeit:** Neue Outreach-Aktivitäten (z.B. Mitentwicklung eines Kurses 'Beyond the Selfie' für Lehrende und SchülerInnen im Rahmen des H2020-Projektes SuperPixels), Entwicklung und Bau von Demonstratoren & interaktiver Experimente (optische Pinzette, akustischer Levitator, Selbstbau-Spektrometer und -Mikroskope, etc.), Vorträge für die Öffentlichkeit (Vita Activa, Montagsakademie, Facetten der Physik,), u.v.m.
- **Neues im Lehramt:** Mitarbeit an der Entwicklung des neuen Curriculums Physik-Lehramt.
- **Neues im Bachelor:** Entwicklung und Abhaltung neuer Versuche für das Fortgeschrittenenlabor (z.B. 'Advanced Microscopy'). Anpassung des Modus zur Erhöhung des Lerneffektes für Studierende.
- **Neues im Master:** Entwicklung und Abhaltung neuer Lehrveranstaltungen inkl. entsprechender curricularer Anpassungen [2 von Grund auf neue Mastervorlesungen ('Structured Light', 2 SWS & 'Integrated Photonics', 2 SWS), neues Mastermodul 'Photon Science', zwei neue Research Lab Versuche ('Optical Tweezers' & 'Flying Doughnuts')].
- **Neues im Doktorat:** Koordination und Neuentwicklung des Curriculums der Doctoral Academy (RCC Consortium) NanoGraz, Veranstaltung zahlreicher Events für Doktoratsstudierende (z.B. Careers & Ideas Days 2025), Umgestaltung von PhD-Seminaren.