



# Der Hörsaal als Labor: aktivierende Lehre auf dem Prüfstand

**Erkenntnisse der Hochschuldidaktik in der Lehre umzusetzen erfordert Mut und Mehraufwand. Das „Scholarship of Teaching and Learning“ gibt Auskunft darüber, ob das Ergebnis den Aufwand rechtfertigt.**

| Von Prof. Dr. Silke Stanzel, Prof. Dr. Elmar Junker und Dr. Franziska Graupner

An der TH Rosenheim sind die Lehrenden der Physikgrundlagen für alle technischen Studiengänge in einer Fakultät beheimatet. Das erleichtert und befördert den Austausch nicht nur fachlicher Themen sondern auch didaktischer Fragestellungen. Das zunehmend heterogene Vorwissen der Studierenden sowie unsere Unzufriedenheit mit studentischen Prüfungsleistungen und eher passiver Unterrichtseteiligung motivierten uns, unsere Didaktik in den Blick zu nehmen um die Wirksamkeit unserer Lehre zu erhöhen.

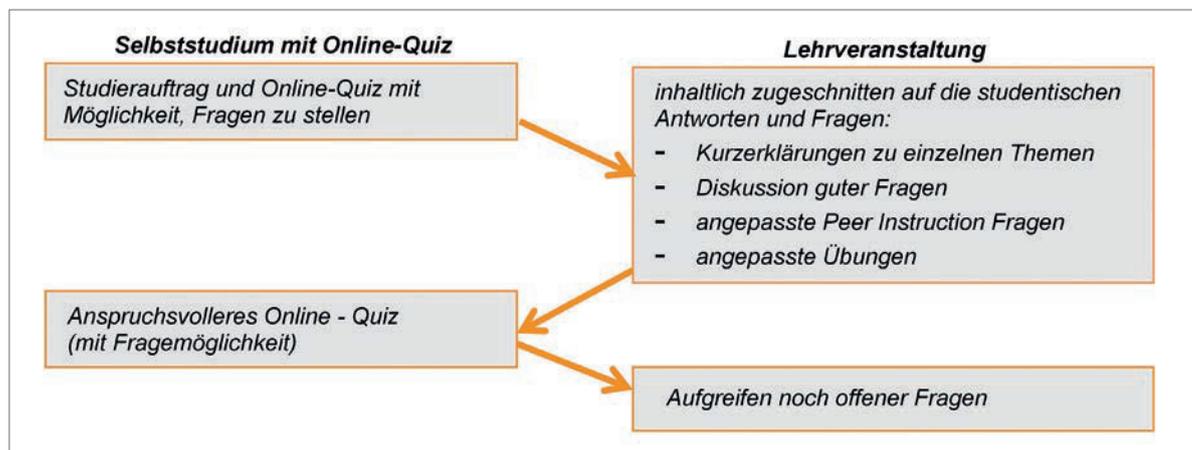
## Wie alles begann: Umstellung auf aktivierende Lehrmethoden

Mit dem im Rahmen des Qualitätspakts Lehre geförderten Projekt HD MINT<sup>1</sup> erhielten wir ab 2012 Unterstützung durch wissenschaftliche Mitarbeitende, die uns sowohl bei der Umstellung unserer Lehre auf aktivierende und studierendenzentrierte Methoden halfen, als auch die wissenschaftliche Begleitforschung initiierten. Daran anschließende Projekte PRO-Aktiv<sup>2</sup> stellen die Kontinuität bis heute sicher. Auf der Suche nach passenden Methoden stießen wir auf die positiven Erfahrungen im Physikunterricht an US-amerikanischen Universitäten, die

die Lehrmethoden Just in Time Teaching (JiTT) und Peer Instruction (PI) entwickelten und nutzen. Diese finden mittlerweile in fast allen Disziplinen Anwendung (Simkins et al. 2010, Gavrin 2018).

## Aktivierende Lehre: Just in Time Teaching und Peer Instruction

Der Grundgedanke des Just in Time Teachings ähnelt dem des Inverted Classrooms: Studierende beschäftigen sich bereits vor der Lehrveranstaltung mittels geeigneter Materialien mit den Lehrinhalten. Im Unterschied zum Inverted Classroom führen die Studierenden als Abschluss ihrer Vorbereitung ein Online-Quiz durch, das aus mehreren kleinen Teilaufgaben besteht. Zusätzlich werden die Studierenden im Rahmen dieser Online-Abgabe aufgefordert, für sie noch offen gebliebene Fragen in einem Freitextfeld zu formulieren. Zusammen mit den Testergebnissen bilden diese Fragen die Verständnisschwierigkeiten der Studierenden gut ab, und die Dozierenden können die Lehrveranstaltung daraufhin ausrichten (Abbildung 1). Die Studierenden ihrerseits kommen nicht nur mit Vorwissen in den Unterricht und können diesem besser folgen, sondern



Grafik: eigene Grafik

Abbildung 1: Ablauf einer Themeneinheit unter Verwendung von Just in Time Teaching und Peer Instruction



bringen sich mit größerem Interesse ein, da sie mit Antworten auf ihre Fragen rechnen können. (Novak et al. 1999).

In der Lehrveranstaltung bleibt dadurch auch genügend Zeit für studentische Diskussionen im Rahmen der Peer Instruction (Mazur 1997): den Studierenden wird eine Multiple Choice Frage gestellt, die sie anonym mit einem Abstimmungssystem beantworten („Clicker“ oder entsprechende Apps). Danach diskutieren sie in Kleingruppen ihre Antworten und erklären sich gegenseitig die Lösung. In einer anschließenden zweiten Abstimmungsrunde derselben Frage wird sichtbar, bis zu welchem Maße dies erfolgreich war. Wichtig ist dabei, dass die Fragen keine reinen Wissensfragen sind, sondern auf ein grundlegendes Verständnis der Zusammenhänge abzielen und sich durch logisch schlüssige Argumentation erschließen lassen.

### Quantitative Analyse mit einem Konzepttest

Für einen quantitativen Vergleich verschiedener Lehrmethoden bietet sich in den Physikgrundlagen der „Force Concept Inventory“ (FCI) an. Dies ist ein in den USA entwickelter Multiple Choice Test, der das Konzeptverständnis der Newtonschen Mechanik adressiert (Hestenes et al. 1992). Die 30 Fragen sind validiert und die Anwendung sehr verbreitet (z. B. Hake 1998, Crouch et al. 2001). Der FCI-Test wird unangekündigt in der ersten Studienwoche durchgeführt und am Ende des Moduls wiederholt. Der Lerngewinn (gain) wird aus der Differenz dieser beiden Testergebnisse berechnet (Stanzel et al. 2019). Diesen Test führen wir sowohl in Kursen mit unverändert traditionellem

seminaristischem Unterricht (TradSU) durch als auch in den Kursen, in denen die Kombination der aktivierenden Lehrformen JiTT und PI eingesetzt wird. Über den Verlauf von sechs Studienjahren haben wir damit aus acht verschiedenen technischen Studiengängen 1.734 individuelle studentische Ergebnisse erhalten, die sich zu etwa gleichen Teilen auf die zwei Unterrichtsformen verteilen (Abbildung 2). Die von vier Dozierenden angewandten aktivierenden Lehrformen erzielen im Mittel einen gain von 0,31 während der von fünf Dozierenden durchgeführte traditionelle Unterricht zu einem gain von 0,17 führt. Der Unterschied in den beiden Verteilungen ist statistisch hochsignifikant (Wilcoxon-Rangsummentest,  $p=10^{-12}$ ) und bestätigt damit Studien aus den USA (z. B. Hake 1998).

### Quantitative Analyse der Prüfungen

Am Ende des Lehrmoduls wird das Erreichen der Lernziele mittels einer Prüfung nachgewiesen. Die These, dass mit aktivierenden Methoden die Lernziele in höherem Maße erreicht werden, sollte sich daher in den Prüfungsleistungen messbar widerspiegeln. In einer großen Metastudie über 225 Einzelstudien zu US-amerikanischen MINT-Grundlagenmodulen wird nachgewiesen, dass aktivierende Lehrmethoden sowohl in besseren Noten als auch höheren Bestehensraten der Prüfungen resultieren (Freeman 2014). Bei den von uns untersuchten Physikprüfungen hat sich gezeigt, dass der Einfluss unterschiedlicher Dozenten und Studiengänge auf die Streuung der Ergebnisse größer ist als ein möglicher Effekt der Lehrmethode. Daher haben wir die Analyse der Prüfungsleistungen auf einen Dozenten und



Foto: TH Rosenheim

**Prof. Dr. Silke Stanzel**  
Professorin für Physik

[silke.stanzel@th-rosenheim.de](mailto:silke.stanzel@th-rosenheim.de)



Foto: privat

**Prof. Dr. Elmar Junker**  
Professor für Physik

[elmar.junker@th-rosenheim.de](mailto:elmar.junker@th-rosenheim.de)



Foto: TH Rosenheim

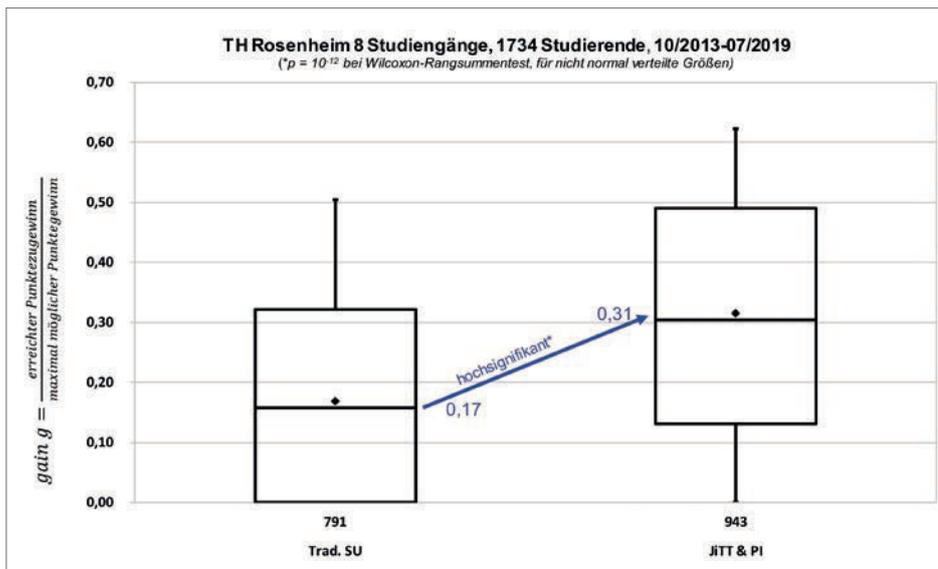
**Dr. Franziska Graupner**

Physikerin  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
im Pro-Aktiv Projekt

[Franziska.Graupner@th-rosenheim.de](mailto:Franziska.Graupner@th-rosenheim.de)

alle:  
Technische Hochschule Rosenheim  
Hochschulstraße 1  
83024 Rosenheim

[www.th-rosenheim.de](http://www.th-rosenheim.de)



**Abbildung 2:** Vergleich der gain Verteilungen der FCI Tests der Gruppe mit traditionellem seminaristischen Unterricht (TradSU) zur Gruppe mit aktivierender Lehre (JiTT/PI). Boxplot mit Mittelwerten (♦) und Quantilen (10, 25, 50, 75, 90 Prozent).

*„Am Ende des ersten Studienjahres haben mit den aktivierenden Lehrformen 16% mehr Studierende das Modul Physik auf Anhieb mit Erfolg abgeschlossen als in der Gruppe mit seminaristischem Unterricht.“*

einen Studiengang eingeschränkt. Dieser Dozent hat seine Lehre im Jahr 2013 von traditionellem seminaristischem Unterricht (TradSU) auf die aktivierenden Lehrmethoden (JiTT/PI) umgestellt. Wir vergleichen die Ergebnisse deutlich vor und nach der Umstellung (Graupner et al. 2019).

Die Verteilung der in der Prüfung erreichten Punkte zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Lehrformen. Dies steht im Widerspruch zu den oben beschriebenen Ergebnissen im Konzepttest (FCI). Mögliche Gründe sind:

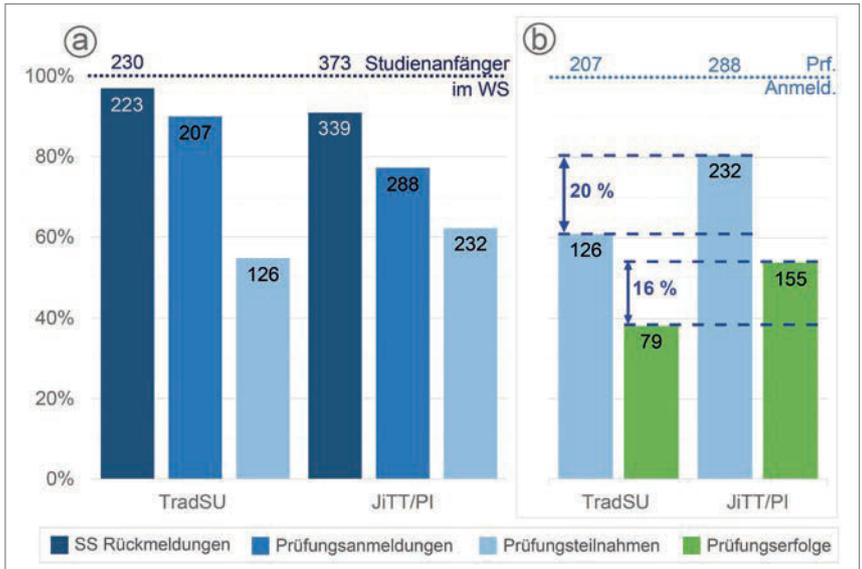
- Lernziele und damit auch die Art der Prüfungsaufgaben haben sich mit der veränderten Lehre in Richtung anspruchsvollerer Konzeptfragen verschoben, die nun mit gleichem Erfolg bearbeitet werden,
- die aktivierenden Lehrmethoden fördern vor allem ein tiefgehendes Konzeptverständnis, das im FCI-Test gezielt adressiert wird, während Prüfungsaufgaben (auch) Fertigkeiten zur Problemlösung abfragen,
- den Studiengang wählen mittlerweile mehr Studierende mit Schwierigkeiten in Physik. Dank aktivierender Lehrmethoden haben sich die Prüfungsergebnisse nicht verschlechtert.

Diese Thesen lassen sich durch unsere Daten nicht eindeutig prüfen.

Allerdings lohnt ein Blick auf die Gruppe der an der Prüfung teilnehmenden Studierenden (Abbildung 3). Das Unterrichtsmodul Physik erstreckt sich in dem ausgewählten Studiengang über Winter- und Sommersemester. In den drei Jahrgängen 2003 bis 2005 haben in Summe 230 Studierende das Studium aufgenommen und traditionellen seminaristischen Unterricht erlebt (TradSU). Die 373 Studienanfänger der Vergleichsgruppe aus den drei Jahren 2014 bis 2016 wurden mit aktivierenden Lehrmethoden (JiTT/PI) unterrichtet. In beiden Gruppen sinkt die Zahl der Studierenden über die Rückmeldung zum Sommersemester bis zur Prüfungsanmeldung. Die Bestehensrate ist für die JiTT/PI-Gruppe statistisch nicht signifikant leicht erhöht. Bezieht man die Anzahl bestandener Prüfungen jedoch nicht auf die Zahl der Prüfungsteilnehmer sondern auf die Zahl der Anmeldungen zur Prüfung, tritt ein deutlicher Unterschied zu Tage: in der Gruppe der Studierenden mit aktivierenden Lehrmethoden nehmen statistisch signifikant 20 Prozent mehr angemeldete Studierende an der erstmöglichen Prüfung teil. Dadurch haben am Ende des ersten Studienjahres mit den aktivierenden Lehrformen 16 Prozent mehr Studierende das Modul Physik auf Anhieb mit Erfolg abgeschlossen als in der Gruppe mit seminaristischem Unterricht.

### Fazit

Der bestens validierte FCI-Konzepttest zeigt eindeutig die Wirksamkeit der verwendeten aktivierenden Lehrmethoden JiTT und PI. Die Prüfungsergebnisse erweisen sich nicht in gleichem Maße für eine quantitative Analyse als geeignet, da zu viele Einflussfaktoren hineinspielen. Die Auswertung der Daten in Bezug auf Teilnahmeverhalten und Bestehensraten lässt jedoch den Schluss zu, dass bei Anwendung studierendenzentrierter und aktivierender Lehrmethoden signifikant mehr Studierende zu einem



**Abbildung 3:** Vergleich der Studierendenkohorten mit seminaristischem Unterricht (TradSU) zu aktivierenden Lehrmethoden JiTT/PI; links (a): Rückgang der Studierendenzahlen von Studienbeginn bis zur erstmaligen Prüfungsteilnahme; rechts (b): Teilnahme und Bestehen der erstmaligen Prüfung für die zwei Gruppen bezogen auf die Zahl der Prüfungsanmeldungen; Anzahl Studierende jeweils als Zahlen in den Balken (Graupner et al. 2019)

früheren Zeitpunkt die Klausur erfolgreich ablegen. Diese Ergebnisse motivieren uns Dozierende in der weiteren Umsetzung aktivierender Lehrformen.

**Ausblick**

Hochschuldidaktik-Projekte mit Mitarbeitenden, die fachspezifisch einem Team von Dozierenden zugeordnet sind, unterstützen nicht nur sehr effektiv die Weiterentwicklung der Lehre sondern auch deren Erforschung. Es ist zu hoffen, dass diese Förderung der Lehrentwicklung und Erforschung weiter fortgesetzt wird. Auch ein intensiverer überregionaler Austausch zur fachspezifischen Forschung hochschuldidaktischer Lehre wäre wünschenswert. Wir Dozierende erhoffen uns, dabei noch mehr über die Methoden des Scholarship of Teaching and Learning zu lernen.

Wir danken den Mitwirkenden im Projektteam, Prof. Dr. C. Schäfle, Prof. Dr. R. Kellner, M. Weber, C. Lux, J. Lacković und dem gesamten Physik-Kollegium sowie Prof. Dr. U. Wellisch für die statistischen Bewertungen. Ein besonderer Dank geht an die Impulsgeber der Umstellung unserer Lehre Prof. Dr. F. Waldherr (Zentrum für Hochschuldidaktik DiZ), Prof. Dr. C. Kautz (TU Hamburg), Prof. Dr. P. Riegler (Ostfalia HAW).

**Weiterführende Links**

- Zentrum für Hochschuldidaktik (DiZ) (Hrsg.): Aktivierung in heterogenen Gruppen – was MINT-Lehre bewirken kann, Didaktik Nachrichten DiNa 06/2017, [https://diz-bayern.de/DiNa/06\\_2017](https://diz-bayern.de/DiNa/06_2017); [www.pro-aktjv.de/publikationen](http://www.pro-aktjv.de/publikationen) und [www.pro-aktjv.de/links-literatur](http://www.pro-aktjv.de/links-literatur)

**Literatur**

Crouch, C.H.; Mazur, E.: Peer Instruction: Ten years of experience and results, American Journal of Physics, 69 (9), 2001, 970.

Freeman, Scott et al: Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America:PNAS, vol. 111, no. 23, 2014, 8410–8415 [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1319030111](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1319030111)

Gavrin, A.; Indiana University-Purdue University Indianapolis: [http://jitttl.science.iupui.edu/JiTT\\_RESOURCES/](http://jitttl.science.iupui.edu/JiTT_RESOURCES/) 2018, Abruf am 23.02.21.

Graupner, F.; Junker, E.; Stanzel, S.: Der Einfluss aktivierender Lehrmethoden auf die Prüfungsperformance in Physik, Tagungsband zum 4. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern, Nürnberg 2019 S. 229–239, [www.diz-bayern.de/DiNa/09\\_2019](http://www.diz-bayern.de/DiNa/09_2019)

Hake, R. R.: Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics, 66 (1), 1998, 64–74.

Hestenes, D.; Wells, M., Swackhamer, G.: Force concept inventory, The physics teacher, 30(3), 1992, 141–158.

Mazur, E.: Peer Instruction: A User's Manual. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall 1997. Deutsche Übersetzung: Mazur, E.: Peer Instruction – Interaktive Lehre praktisch umgesetzt (G. Kurz und U. Harten, Hrsg.). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum 2017.

Novak, G. M.; Patterson, E. T., Gavrin, A. D.: Just-In-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall 1999.

Simkins, S.; Maier, M.: Just in Time Teaching: Across the Disciplines. Stylus Publishing, 2010.

Stanzel, S.; Schäfle, C.; Junker, E.: Impact of interactive teaching methods on heterogeneity. The 10th International Conference on Physics Teaching in Engineering Education PTEE 2019, Delft.

1 HD-MINT: Verbundprojekt 2012-16 gefördert vom BMBF: [www.hd-mint.de](http://www.hd-mint.de)

2 PRO-Aktjv1+2: MINT-Projekt 2017–22 gefördert vom Bayr. Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst: [www.pro-aktjv.de](http://www.pro-aktjv.de)