

Max Baudrexl

Vorher lesen statt vorgelesen

Das Lehrkonzept „Just-in-Time-Teaching“ motiviert Studierende dazu, sich eigenständig intensiv mit Lehrinhalten auseinanderzusetzen.

Robert Kellner und Silke Stanzel

Just-in-Time-Teaching ist eine Lehrmethode, bei der ein Teil des Wissenserwerbs in Vorbereitung einer Lehrveranstaltung vorausgeht. Online-Tests offenbaren hierbei den aktuellen Lernstand und regen die kritische Auseinandersetzung mit Fachthemen und dem eigenen Studierverhalten an. Die Ergebnisse dieser Tests erlauben es, den Unterricht auf die Bedürfnisse der Studierenden dynamisch anzupassen und zeitliche Freiräume für weitere aktivierende Lehrmethoden zu eröffnen.

Just-in-Time-Teaching (JiTT) ist eine besondere Form des Blended Learnings, also der Verknüpfung von Präsenzlehre und E-Learning. Die Methode verbindet Phasen des Eigenstudiums effektiv mit Präsenzzeiten. Die Studierenden bekommen regelmäßig vor der Lehrveranstaltung einen Arbeitsauftrag mit Lernmaterialien, die sie bearbeiten sollen. Abschließend absolvieren sie einen Online-Test, bei dem verschiedene Frageformen (Multiple-Choice, Rechenaufgaben, offene Fragen) den aktuellen

Lernstand der Studierenden zeigen, damit die Lehrenden die darauffolgende Präsenzphase „just in time“, also bedarfsgerecht, vorbereiten können. Themenschwerpunkte lassen sich passend setzen und Schwierigkeiten klären (**Abb. 1**) [1]. Die Vorbereitungsphase zielt darauf ab, Begriffsdefinitionen und einfache Zusammenhänge kennenzulernen, auf denen die Lehrveranstaltung aufbauen kann. Es geht nicht darum, den Themenbereich bereits komplett zu verstehen.

In einer klassischen Vorlesung vermitteln die Lehrenden die Inhalte häufig dadurch, dass sie Zusammenhänge erklären und Beispiele erörtern. Um allerdings die Inhalte wirklich zu durchdringen, reicht das nicht aus. An dieser Stelle können aktivierende Lehrformen wie Peer Instruction helfen [2]. Jedoch fehlt häufig die Zeit für solche Einheiten. Hier liegen die Vorteile von Just-in-Time-Teaching: Durch die Vorbereitung auf das Thema kennen die Studierenden die wichtigsten Begriffe und können in der Lehrveranstaltung besser mitarbeiten. Hierdurch steigt der Lernerfolg

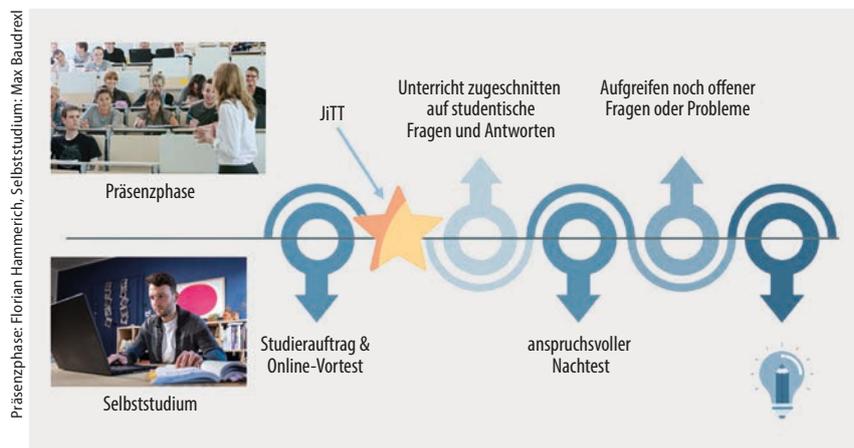


Abb. 1 Bei Just-in-Time-Teaching wird der Lehrveranstaltung zur Vorbereitung eine Phase des Eigenstudiums samt abschließendem Online-Test vorangestellt. Dadurch kann die Lehrveranstaltung einen Fokus auf die schwer verständlichen Inhalte legen und aktivierenden Methoden den notwendigen Raum bieten.

[3]. Optional kann nach der Präsenzeinheit ein weiterer Test folgen, um das Verständnis schwierigerer Themen abzufragen. Das erlaubt es sowohl Lehrenden als auch Studierenden, den aktuellen Lernstand einzuschätzen.

Lehrmethode am Beispiel

Am besten zeigt ein Beispiel den Ablauf dieser Methoden, etwa zum dritten Newton'schen Axiom. Die meisten Studierenden kennen die Newton'schen Axiome aus der Schule und können sie im Wortlaut wiedergeben. Forschungen zum Konzeptverständnis und unsere eigene Lehrerfahrung zeigen jedoch, dass ihre richtige Anwendung Schwierigkeiten bereitet. Gängige Fehlkonzepte in Bezug auf das Newton'sche Kräftepaar bestehen darin, dass die Lernenden den beiden Kräften je nach Verhältnis der Massen oder Geschwindigkeiten der zwei Körper unterschiedliche Beträge zuordnen. Auch interpretieren sie die Kräfte beim Stoß anders, als wenn sie über einen längeren Zeitraum wirken [4].

Für die einzelnen Lehreinheiten gilt es zunächst, bestimmte Lernziele zu definieren und nach Wichtigkeit und Taxonomiestufe zu sortieren. Für die Taxonomie verwenden wir die vereinfachte Klassifizierung nach Heinz Mandl mit den drei Stufen „Kennen“, „Können“ und „Komplex verstehen und anwenden“ [5]. In unserem Beispiel sind folgende Lernziele denkbar:

- Die Studierenden können den Wortlaut des dritten Newton'schen Axioms wiedergeben.
- Die Studierenden berechnen eine Kraft mithilfe des dritten Newton'schen Axioms.
- Die Studierenden wenden das dritte Newton'sche Axiom bei verschiedenen Arten der Wechselwirkung zweier Körper unterschiedlicher Massen oder Geschwindigkeiten zur Bestimmung der wirkenden Kräfte richtig an.

Beim ersten Lernziel handelt es sich um reines Faktenwissen, das sich z. B. mithilfe der Literatur in der Selbstlernphase aneignen lässt. Es entspricht der Taxonomiestufe „Kennen“. Das zweite Lernziel, bei dem das dritte Newton'sche Axiom nur rezeptartig anzuwenden ist, entspricht der Stufe „Können“. Das dritte Lernziel setzt voraus, dass die Studierenden sich von gängigen Fehlvorstellungen lösen und das dritte Newton'sche Axiom in neuen Situationen sicher anwenden können (3. Taxonomiestufe).

Im Eigenstudium sollen die Studierenden die thematische Einheit anhand konkreter Textstellen in einem Lehrbuch vorbereiten. Die angestrebten Lernziele der Stufe „Kennen“ und eventuell auch „Können“ sind bekannt. Zum Abschluss der Selbstlerneinheit führen die Studierenden einen Online-Test durch. Dabei sollen sie sich zunächst die Frage stellen, inwieweit sie den Stoff verstanden haben. Dazu gehört auch zu überlegen, was sie eben nicht verstanden haben. Dies fordert die Studierenden auf, sich nochmals mit dem eigenen Wissenserwerb und Verständnis auseinanderzusetzen. Dabei reflektieren sie ihr Studierverhalten und erlernen eine für das Studium wichtige Schlüsselkompetenz. Weitere Fragen beinhalten die Stufen „Kennen“ und teils auch „Können“ (**Abb. 2**). Die Lehrenden sichten kurz vor der nächsten Lehrveranstaltung die Antworten und passen den Unterricht mit einem weiteren Beispiel oder einer entsprechenden Aktivität an. Dies ist eine wesentliche Erweiterung der Methode des Inverted Classrooms.

Die Fragen der Stufe „Kennen“ sollten überwiegend richtig beantwortet werden. Falls die Studierenden die zweite Frage in **Abb. 2** häufiger falsch mit „10 N“ beantworten, würde dies auf ein klassisches Fehlverständnis hindeuten. Abhilfe könnten dann eine Peer-Instruction-Einheit oder ein Demonstrationsexperiment schaffen. Zum Beheben der aus der Forschung bekannten Fehlvorstellungen eignen sich auch sog. Tutorials [6]. Andernfalls sollten die

Welche der Formulierungen des 3. Newton'schen Gesetzes ist richtig?

- a. Übt der Körper A auf den Körper B eine Kraft aus (actio), reagiert der Körper B mit einer gleich groß, entgegengesetzt gerichteten Kraft (reactio).
- b. Übt der Körper A auf den Körper B eine Kraft aus, so übt der Körper B auf den Körper A eine gleich große, entgegengesetzt gerichtete Kraft aus.
- c. Übt der Körper A auf den Körper B eine Kraft aus, so übt der Körper B auf den Körper A die gleiche Kraft aus.
- d. Die Kraft von Körper A ist gleich groß und entgegengesetzt gerichtet der Kraft von Körper B.

Wie groß ist der Betrag der Kraft von Körper A auf Körper B, wenn Körper B auf Körper A eine Kraft von 5 N ausübt? Die Masse von Körper A ist doppelt so groß wie die Masse von Körper B.

Antwort:

Abb. 2 Fragen wie diese müssen die Studierenden im Online-Test als Abschluss ihrer Selbstlerneinheit beantworten.

Studierenden die ersten beiden Lernziele unseres Beispiels erreicht haben, sodass sich die Lehrveranstaltung direkt mit einer Aktivität zum dritten Lernziel beschäftigen kann. Die gewonnene Zeit steht nun für komplexere Probleme oder zusätzliche aktive Lerneinheiten zur Verfügung.

Manchmal ergeben sich aus den Fragen, welche die Studierenden im Test zu der Einheit formulieren sollen, interessante Aspekte. Da sie hier frei antworten dürfen, kann die Lehrperson daraus Probleme identifizieren, die Multiple-Choice- oder Rechenaufgaben nicht offenbaren.

Am Ende einer Unterrichtseinheit sollten die drei Lernziele erreicht sein. Feedback kann hier ein Abschluss-Test liefern, der auch komplexere Fragestellungen beinhaltet. Dieses Feedback hilft den Studierenden, sich selbst und ihren Lernerfolg einzuschätzen. Dozierende können gezielt auftauchende Probleme in der nächsten Lehrveranstaltung bearbeiten. Diese Erkenntnisse helfen auch dabei, die Veranstaltung für den nächsten Unterrichtszyklus zu verbessern und anzupassen.

Messbare Auswirkungen auf den Lernerfolg

Da die Umstellung auf Just-in-Time-Teaching mit einigem Aufwand verbunden ist, stellt sich schnell die Frage, ob dieser in Bezug auf das Erreichen der Lernziele gerechtfertigt ist. Die quantitative Analyse der Wirkung unterschiedlicher Lehrmethoden hat in den USA im Rahmen der Physics Education Research eine lange Tradition [7]. In der Newton'schen Mechanik hat sich dafür u. a. der „Force Concept Inventory“ (FCI) etabliert [8]. Dieser Konzepttest besteht aus 30 Multiple-Choice-Fragen, die gängige Fehlvorstellungen in der Mechanik adressieren. Die Studierenden führen diesen Test in der ersten Semesterwoche durch (Vortest). Das Ergebnis bildet ihren Kenntnisstand zu Studienbeginn ab. Die Testfragen sind nicht öffentlich. Der gleiche Test wird am Ende des entsprechenden Physikmoduls ein zweites Mal durchgeführt (Nachtest). Üblich ist es, den Erkenntnisgewinn (Lernzuwachs) mittels eines „gain“ g anzugeben, der die Differenz der erreichten richtigen Antworten in Vor- und Nachtest beinhaltet.

Wir haben an der TH Rosenheim im Verlauf von sechs Jahren den Force Concept Inventory im Rahmen des Physikgrundkurses in acht verschiedenen ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen im ersten Semester durchgeführt. Die 1734 Ergebnisse des Lernzuwachses stammen zu etwa gleichen Teilen aus dem an Hochschulen für angewandte Wissenschaften üblichen seminaristischen Unterricht (Trad. SU) und aus Lehrveranstaltungen mit den Methoden JiTT und Peer Instruction [9].

Just-in-Time-Teaching und Peer Instruction (PI) führen zu statistisch hochsignifikant höheren gains (Wilcoxon-Rangsummentest, $p = 10^{-12}$, **Abb. 3**). Die Mittelwerte der Verteilungen unterscheiden sich nahezu um einen Faktor zwei. Dies bestätigt den höheren Lernzuwachs aktivierender Lehrmethoden [10].

Die unterschiedlichen Lehrformen wirken sich auch in regulären Prüfungen aus. In einer Meta-Studie sind Daten zu Prüfungsergebnissen aus 225 Studien in MINT-Studiengängen ausgewertet [11]. Der Vergleich zeigt, dass der An-

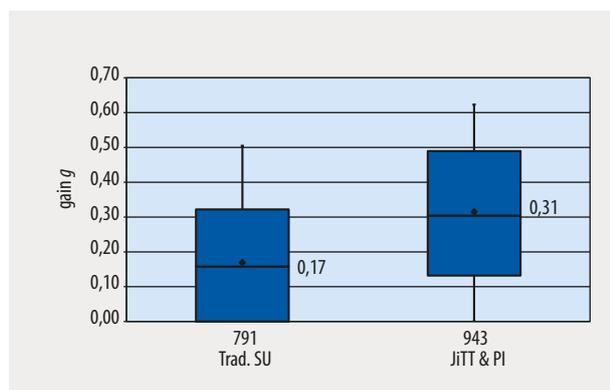


Abb. 3 Der Lernzuwachs in Gruppen mit aktivierender Lehre (JiTT und PI) ist signifikant höher als in Gruppen mit traditionellem Unterricht (Trad. SU), wie die gain-Verteilungen der FCI-Tests zeigen. Der gain berücksichtigt den erreichten Punktgewinn und den maximal möglichen Punktgewinn.

teil Studierender, welche die Physikprüfung nicht bestehen, für Lehrveranstaltungen mit Vorlesungscharakter um 55 % höher ist als für Kurse mit aktivierenden Lehrmethoden.

Erwerb weiterer Kompetenzen

Neben den quantitativen Auswertungen des Konzeptverständnisses bzw. der Prüfungsergebnisse geben studentische Rückmeldungen in Befragungen und Lehrevvaluationen Auskunft über die Wirkung der verwendeten Lehrmethoden. Vor der Umstellung der Lehrform gab in den von uns untersuchten Lehrveranstaltungen an der TH Rosenheim nur knapp die Hälfte der Studierenden an, kontinuierlich Zeit für die Vor- oder Nachbereitung der Lehrveranstaltung zu investieren. Nach Einführung des Just-in-Time-Teaching stieg der Anteil auf 95 Prozent. Dabei berichten die Studierenden, stärker motiviert zu sein, sich kontinuierlich und intensiv mit fachspezifischen Inhalten auseinanderzusetzen. Zudem erkennen sie einen Wert darin, durch die Quiz-Fragen ihren Lernstand selbst zu prüfen. 70 Prozent geben an, dadurch fachliche Defizite nachzuarbeiten. Sie schätzen die durch JiTT geforderte und geförderte Eigenverantwortlichkeit für ihren Lernprozess. Die dadurch erlebte Selbstwirksamkeit verstärkt ihre Motivation. Ferner begrüßen die Studierenden die Freiheit, Lehrmittel und Lerntempo in Abhängigkeit ihres Vorwissens und ihrer Präferenzen individuell wählen zu können.

Darüber hinaus erwerben sie methodische, persönliche und auch soziale Kompetenzen mittels dieser Lehrform. Durch die Selbstlerneinheiten werden Studierende zu kontinuierlichem, selbstgesteuertem Wissenserwerb angehalten. Das erfordert Selbstorganisation. Ferner müssen sie sich mit Fachliteratur verschiedener Quellen auseinandersetzen und ihr eigenes Verständnis daran messen, hinterfragen und korrigieren können. Um eigene Fragen zu formulieren, müssen sie die Fachsprache verwenden. Diese Kompetenzen gilt es, in den ersten Studiensemestern einzuüben. Etwa Dreiviertel der Studierenden berichten, dass sie wenigstens einen Aspekt, etwa fachwissenschaftliche Kommunikationsfähigkeit, Reflexionsfähigkeit, Selbstmanagement oder analytische Fähigkeiten, durch die eingesetzte Lehrmethode vertiefen konnten.

Den Lehrenden fällt vor allem die deutlich höhere intrinsische Motivation der Studierenden auf. Durch deren aktive Beteiligung in Form von Fragen und Beiträgen macht der Unterricht auch ihnen mehr Freude.

Erfahrungen aus der Lehrpraxis

Für Studierende ist Just-in-Time-Teaching zunächst ungewohnt und im Vergleich zu herkömmlichen Vorlesungen mit zeitlichem Mehraufwand verbunden. Daher muss die Lehrperson ab der ersten Lehrveranstaltung erklären, wie Selbstlernphasen und Unterricht miteinander verknüpft sind und deutlich machen, worin hierbei der Vorteil für die Studierenden liegt. Obwohl diese in der Tat einen Mehrwert darin sehen, sich schon vor der Lehrveranstaltung mit dem Thema auseinandergesetzt zu haben, reicht diese intrinsische Motivation nur etwa bei der Hälfte der Studierenden aus, die Selbstlernphasen regelmäßig durchzuführen. Ein Bonus für die Teilnahme kann die konstante Beteiligung auf 90 Prozent steigern. Dafür genügt eine Anrechnung von wenigen Prozentpunkten auf das Klausurergebnis. Insgesamt betrachtet ist der Mehraufwand für Studierende zu vernachlässigen, denn eine vertiefte Auseinandersetzung mit den Themen muss früher oder später ohnehin erfolgen, um ein wirkliches Verständnis zu entwickeln.

Sinnvoll ist es, den Studierenden im Laufe eines Semesters wiederholt das Konzept der Lehrmethode zu erläutern. Aufgrund der schulischen Sozialisation nehmen sie Tests in der Regel als summative Leistungsnachweise wahr. Damit geht die Versuchung einher, möglichst viele richtige Antworten zu finden – notfalls mit Unterstützung anderer Studierender. Die Intention der Fragen und Aufgaben zum Abschluss der Selbstlernphase ist jedoch formativ. Daher bietet es sich an, von „Quiz“ zu sprechen statt von „Test“. Denn dieses Quiz soll Lernenden wie Lehrenden ein Bild darüber geben, welche Inhalte bereits gut verstanden sind und bei welchen Konzepten Klärungsbedarf besteht.

Mit Just-in-Time-Teaching lassen sich nicht alle erwünschten Lernziele abdecken. So können die zu bearbeitenden Quizfragen genauso wenig wie die aktivierenden Aufgaben im Hörsaal die gängigen Übungsaufgaben ersetzen. Letztere dienen dazu, das erworbene Verständnis auf komplexere Fragestellungen anzuwenden. Um entsprechende Kompetenzen zu erwerben, sind Übungsgruppen sinnvoll. Auch die Lernziele der Praktikumsversuche zur Physik sind nicht Teil einer JiTT-Lehrveranstaltung.

Einladung zur Umsetzung

Wir möchten Lehrende ermuntern, Just-in-Time-Teaching einzusetzen. Die Umstellung erfordert zunächst einen gewissen Mehraufwand. Daher kann es sinnvoll sein, zuerst mit ein paar wenigen thematischen Einheiten Erfahrung zu sammeln. An vielen Hochschulen gibt es Fortbildungen, praktische Hilfestellungen und Literatur [12] für den Einsatz aktivierender Lehrmethoden. Hilfreich ist die Unterstützung durch wissenschaftliche Mitarbeitende beim Erstellen und Auswerten der Tests, beispielsweise finanziert über Lehrprojekte, wie sie die Stiftung Innovation in der

Hochschullehre [13] regelmäßig ausschreibt. Für weitere Informationen können sich Interessierte gerne an uns wenden (www.pro-aktjv.de).

*

Wir danken den Mitwirkenden im Projektteam, C. Schäfle, E. Junker, F. Graupner, M. Weber, C. Lux, J. Lackovic und dem gesamten Physik-Kollegium der TH Rosenheim sowie für die statistischen Bewertungen U. Wellisch.

Literatur

- [1] G. M. Novak, E. T. Patterson und A. D. Gavrín, Just-In-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology, Prentice Hall, Upper Saddle River (1999)
- [2] C. Heiner und G. Kurz, Physik Journal, Juni 2022, S. 35
- [3] F. Waldherr (Hrsg.), Didaktik-Nachrichten 6, Ingolstadt (2017), www.pro-aktjv.de/publikationen
- [4] L. Bao, K. Hogg und D. Zollman, Am. J. Phys. 70, 766 (2002)
- [5] F. Waldherr und C. Walter, didaktisch und praktisch, Methoden und Medien für die Präsenz- und Onlinelehre, Schäffer-Poeschel Verlag (2021)
- [6] L. C. McDermott und P. S. Shaffer, Tutorials in introductory physics, Prentice Hall, Upper Saddle River (1998); auf Deutsch: Tutorien zur Physik, Pearson Studium (2009)
- [7] P. Riegler und C. Kautz, Physik Journal, Mai 2021, S. 43
- [8] D. Hestenes, M. Wells und G. Swackhamer, Phys. Teach. 30, 141 (1992)
- [9] S. Stanzel, E. Junker und F. Graupner, Der Hörsaal als Labor: aktivierende Lehre auf dem Prüfstand, Die Neue Hochschule, 2/2021, S. 20
- [10] R. R. Hake, Am. J. Phys. 66, 64 (1998)
- [11] S. Freeman et al., PNAS 111, 8410 (2014)
- [12] C. Kautz (Hrsg.), Wissenskonstruktion, Schriften zur Didaktik in den Ingenieurwissenschaften Nr. 4, Hamburg (2016)
- [13] www.stiftung-hochschullehre.de

Die Autor:innen



Robert Kellner studierte Physik an der Universität Bayreuth. Seine Dissertation erstellte er am MPI für Biophysikalische Chemie in Göttingen und promovierte an der Uni Heidelberg. Nach acht Jahren Industrietätigkeit ist er seit 2016 Professor an der TH Rosenheim. Für moderne Didaktik erhielt er den Preis für herausragende Lehre

an der TH Rosenheim 2021. Zudem wurde er mit dem Preis für herausragende Lehre an den Hochschulen für Angewandte Wissenschaften und Technischen Hochschulen 2022 des bayerischen Staatsministers für Wissenschaft und Kunst ausgezeichnet.

Silke Stanzel (FV Didaktik der Physik) studierte Physik an den Universitäten Bonn und Heidelberg und promovierte nach einem Forschungsaufenthalt an der Brown University, USA, an der TU Karlsruhe. Nach zehnjähriger Industrietätigkeit ist sie seit 2009 Professorin an der TH Rosenheim. Für den Einsatz aktivierender Lehrmethoden erhielt sie 2017 zusammen mit C. Schäfle und E. Junker den Ars legendi-Fakultätenpreis Physik.



Prof. Dr. Robert Kellner und **Prof. Dr. Silke Stanzel**, Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften, TH Rosenheim, Hochschulstr. 1, 83024 Rosenheim, www.pro-aktjv.de