

Claudia SCHÄFLE¹, Elmar JUNKER¹ (Rosenheim)

Just-in-Time Teaching mit Peer Instruction: agil, aktivierend, lernendenzentriert, wirksam

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden Just-in-Time Teaching (JiTT), Peer Instruction (PI) und lernförderliche didaktische Weiterentwicklungen (JiTT+) aus einer 10-jährigen Praxis mit Ingenieurstudierenden an der TH Rosenheim vorgestellt, Wirkungsuntersuchungen gezeigt und Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen JiTT und Inverted bzw. Flipped Classroom herausgearbeitet.

1 Einleitung

Inverted oder Flipped Classroom (IC/FC) als Lehrformat wird seit mehr als 20 Jahren in unterschiedlichen Varianten an Hochschulen eingesetzt (z.B. LAGE et al. 2000). Der Ausgangspunkt und damit die zugrundeliegende „Philosophie“ dieses Lehrformates ist die Veränderung des räumlich-zeitlichen Vorgehens – die Stoffvermittlung wird in die digitale Vorbereitungsphase vorgelagert, während die Präsenzphase für die Stoffvertiefung eingesetzt wird.

Metastudien bzw. Meta-Metastudien zur Effektivität von IC/FC im Vergleich zu non-IC/FC (VAN ALTEN et al. 2019 bzw. KAPUR et al. 2022) zeigen eine große Heterogenität der Effektstärken. Die Autoren betonen, dass es auf die Details der Implementierung, insbesondere auf die Gestaltung der Präsenzphase ankommt. Schon HANDKE (2015) stellt die Bedeutung der Präsenzphase heraus. BUCHNER

¹ E-Mail unter: claudia.schaefle@th-rosenheim.de und elmar.junker@th-rosenheim.de

et al. (2023) weisen in einer Metastudie auf einen Mangel an Detailbeschreibungen der Präsenzphase in IC/FC Untersuchungen hin. Dies kann die unterschiedlichen Effektstärken erklären.

Die implizite Erwartung beim IC/FC an die Studierenden ist, dass sie in der Lage sind, sich im Vorfeld die wesentlichen Themen selbst beizubringen. Unsere Erfahrungen aus der Lehrpraxis in MINT-Grundlagenfächern wie Physik und Mathematik sind, dass wir dies so nicht von den Studierenden erwarten können und sollten. Die Gründe liegen für uns auf verschiedenen Ebenen: zum einen gibt es eine zunehmende Heterogenität im Vorwissen (z.B. in SCHÄFLE et al 2017) und fehlende Grundlagen im analytisch-abstrakten Denken und Rechnen bei den Studierenden, zum anderen ist das Erlernen dieser Fächer gerade in der Anfangsphase des Studiums schwierig, unter anderem weil es notwendig ist, dass Studierende bestimmte intuitiver Konzepte ablegen und ein funktionales Konzeptverständnis physikalisch-technischer Mechanismen aufbauen (KAUTZ 2016).

Just-in-Time Teaching (NOVAK et al. 1999) wurde Ende der 1990er Jahre unabhängig von IC/FC in den USA in Physik entwickelt. Vordergründig betrachtet könnte JiTT durch den ähnlichen räumlich-zeitlichen Ablauf als eine Variante des IC/FC bezeichnet werden. Herzstück des JiTT ist aber das formative Online-WarmUp-Quiz, das die Lernziele adressiert und den Studierenden und den Lehrenden direktes Feedback gibt. Zudem werden die Inhalte und Aktivitäten der Präsenzphase an die studentischen Schwierigkeiten aufgrund der Ergebnisse des Quiz angepasst.

Wir haben JiTT für Ingenieurstudierende an der Technischen Hochschule Rosenheim seit über 10 Jahren in den Fächern Physik und Mathematik adaptiert, weiterentwickelt und die Wirkung der Maßnahmen untersucht. „Wir“ bezeichnet ein kollegiales Lehrteam bestehend aus mittlerweile sechs Professorinnen und Professoren der Physik und Mathematik und wissenschaftliche Mitarbeitende (www.proaktiv.de/kontakt). In diesem Praxisbeitrag wird die Implementierung von JiTT und seine Weiterentwicklungen, einschließlich untersuchter Wirkungen an der TH Rosenheim vorgestellt und ein Vergleich mit IC/FC gezogen.

2 Just-in-Time Teaching: WarmUp-Quiz und Adaption der Lehrveranstaltung

In diesem Abschnitt wird JiTT beschrieben, wie es an der TH Rosenheim aktuell in unterschiedlichen Physik- und Mathematikmodulen umgesetzt wird.

Die Planung und Gestaltung der JiTT-Lehrveranstaltung erfolgt nach dem Prinzip des Constructive Alignment (BIGGS & TANG 2011). Ausgehend von den intendierten Lernergebnissen bzw. Lernzielen werden Lehr- und Lernmethoden sowie die Prüfung aufeinander abgestimmt.



Abb. 1: Phasen des Just-in-Time-Teaching: Selbststudium und Präsenz

Im wöchentlich wiederkehrenden Rhythmus erhalten die Studierenden einige Tage vor der Präsenz- (bzw. in der Pandemie Live-Online-) Lehrveranstaltung als Vorbereitung einen Studierauftrag über das Lernmanagementsystem Moodle (Abb. 1). Dieser setzt sich zusammen aus:

- den ausformulierten Lernzielen für die nächste Lehreinheit
- empfohlenen Texten aus Lehrbüchern, Skripten oder Moodle-Büchern und je nach Thema evtl. kurzen Videos (OER oder selbst produziert) oder Simulationen (z.B. <https://phet.colorado.edu/>).
- ein formatives Online-Warmup-Quiz

Die Lernziele geben den Studierenden den Rahmen, wie tief ein jeweiliges Thema erarbeitet werden soll. Es ist günstig, Lernziele auf niedrigeren Kompetenzstufen in die Vorbereitungsphase und höher liegende in der gemeinsamen Präsenzphase zu adressieren und dies den Studierenden auch offenzulegen.

Entscheidend für JiTT ist das formative Online-Warmup-Quiz, das die Studierenden kurz vor der Präsenzlehrveranstaltung bearbeiten. Das Quiz hat typischerweise folgende Struktur:

1. Aufforderung eine Frage zu stellen (Freitext): „Formulieren Sie eine möglichst konkrete Frage zum durchgearbeiteten Stoff. Gut ist eine Frage dann, wenn daraus ein eigenes Denken erkennbar ist. Falls alles klar ist: Was sind die zwei wichtigsten Erkenntnisse aus dem Studierauftrag?“
2. Ca. vier bis neun Moodle-Fragen (Multiple Choice, Zuordnung, Rechenaufgaben, Freitext, ...), die die Lernziele der Selbstlerneinheit adressieren. Die Fragen sind häufig grundlegende Begriffe, konzeptionelle Fragen und kleinere Rechnungen. Meist sind ein bis zwei anspruchsvollere Fragen dabei, um auf die Lernziele der höheren Kompetenzstufen hinzuweisen und um Studierende herauszufordern, die vertiefter Lernen wollen.

Kurz vor der Lehrveranstaltung schaut sich die Lehrperson die bearbeiteten Quiz an, um zu erkennen, wo die Studierenden stehen und welche Schwierigkeiten sie haben. Sie liest die Fragen der Studierenden, beantwortet sie zum Teil per E-Mail und nimmt passende Fragen in die Präsenzphase mit. Dies schafft eine Verbindung und Verbindlichkeit zwischen Lehrperson und Studierenden. Durch ein spezielles Moodle-Plugin an der TH Rosenheim wird die E-Mail-Antwort direkt aus dem Moodle-Quiz heraus unkompliziert verschickt.

Die Antworten und Ergebnisse zu den weiteren Quiz-Fragen kann sich die Lehrperson per Moodle-Statistik anzeigen lassen. Aufgrund dieser Erkenntnisse kann die Lehrperson die Lehrveranstaltung ‚Just-in-time‘ anpassen (agile, situative Adaption der Lehrveranstaltung, siehe Abb. 1).

Die kontinuierliche Bearbeitung der Studieraufträge wird durch ein Bonussystem befördert, bei dem bis zu 10% der Klausurpunkte durch erfolgreiche Bearbeitung der

Studieraufträge erworben werden können. In einer Studie von KONTUR & TERRY 2014 wurde gezeigt, dass freiwillige Hausaufgaben von ca. 40% der Studierenden bearbeitet werden. Mit einem kleinen Bonus zwischen 5 und 15% der Klausurpunkte steigt dieser Anteil auf bis zu 90 %. Dies deckt sich mit unseren Beobachtungen.

An die Selbstlernphase schließt sich die durch die Lehrperson adaptierte Präsenzphase (Details siehe Abschnitt 3) an. Nach der Präsenzphase bieten wir häufig noch ein anspruchsvolleres Nachquiz, dessen Probleme in die nächste Präsenzphase einfließen (siehe Abb. 1).

3 Gestaltung der Präsenzphase

In der Präsenzphase setzen wir eine Mischung unterschiedlicher aktivierender und konzeptverständnisfördernder Elemente und Formate ein, um die höher liegenden Lernziele zu adressieren. Insbesondere berücksichtigen wir fachspezifische Erkenntnisse der Physics Education Research aus den USA. Einige Elemente davon sind im Folgenden dargestellt.

3.1 Peer-Instruction

Peer Instruction (PI) ist eine seit rund 25 Jahren bewährte, aus der Physik entwickelte Unterrichtsmethode, die in einem strukturierten Frageprozess alle Studierende der Lehrveranstaltung einbezieht. Dabei wenden die Studierenden die wesentlichen Konzepte eines Themas auf eine meist qualitative Fragestellung an (MAZUR 1999).

Der Ablauf der PI ist in Abb. 2 dargestellt. Studierende erhalten eine Multiple-Choice-Frage, die so anspruchsvoll ist, dass sie nur mit tieferem (Konzept-)Verständnis beantwortet werden kann. Die Studierenden stimmen zunächst anonym und allein digital ab. Wenn die richtigen Antworten im Bereich von ~ 35 bis 70 % liegen, werden die Studierenden aufgefordert, miteinander zu diskutieren und sich gegenseitig zu überzeugen. Meist setzen sich die richtigen Argumente durch und bei einer anschließenden Wiederholungsabstimmung hat die richtige Antwort einen deutlich

höheren Prozentwert. Als Abschluss wird die richtige Antwort von einer Studentin oder einem Studenten für alle erklärt.

Die Diskussionsphase ist für die PI essentiell, fehlt sie, wird den Studierenden eine Lerngelegenheit über das Thema zu diskutieren, das Konzept zu vertiefen und seine Vorstellungen mit anderen abzugleichen, vorenthalten. Typischerweise setzen wir ein bis drei PI-Fragen in einer Lehrveranstaltung ein.

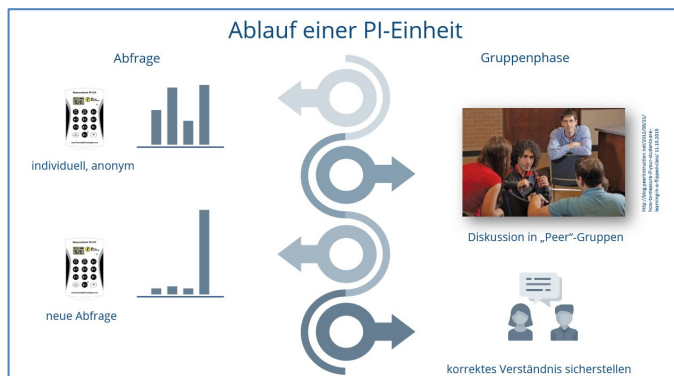


Abb. 2: Phasen einer Peer-Instruction Einheit. Die Diskussionsphase ist essentiell.

3.2 MINT-Tutorials

Für Physik und verwandte Ingenieursfächer wie Technische Mechanik, Elektrotechnik und Informatik gibt es ergänzende Lehrmaterialien, sogenannte Tutorien oder „Tutorials“ (McDERMOTT et al. 2009), die es Studierenden ermöglichen, ein Konzeptverständnis grundlegender, aber schwieriger physikalischer oder ingenieurwissenschaftlicher Begriffe aufzubauen, Fehlvorstellungen aufzulösen und die Fähigkeit zum wissenschaftlichen Denken weiterzuentwickeln.

Der aus dem Amerikanischen stammende Begriff „Tutorials“ für diese kollaborativen Arbeitsblätter, kann im deutschen Sprachraum irreführend sein und sollte nicht verwechselt werden mit dem an deutschen Hochschulen üblichen Lehrveranstaltungsformat. Vielmehr sind sie eine eigene Kategorie Lehrmaterialien, deren Grundprinzipien von der Physics Education Research (PER) Group an der University of

Washington, USA entwickelt wurden. Ausgangspunkt ist eine tiefgehende, wissenschaftliche Analyse studentischer Schwierigkeiten mit einem physikalischen oder ingenieurwissenschaftlichem Konzept, an die sich die Entwicklung von Lehrmaterialien anschließt. Die Entwicklung der Lehrmaterialien beinhaltet die Untersuchung ihrer Wirkung auf das Konzeptverständnis der Studierenden (McDERMOTT 2001). Die Tutorials sind nach dem Prinzip „elicit-confront-resolve“ aufgebaut. McDermott spricht auch von „Guided Inquiry Learning“.

3.3 Weiterentwicklungen

3.3.1 Whiteboards für Retrieval-Practice und schwierige Aufgaben

Wir verwenden für kollaboratives Arbeiten analoge Whiteboards (ca. 60 x 45 cm²) mit Whiteboardstiften (siehe Abb. 3) als eine Art „public thinking space“. Beispielsweise machen die Studierenden eine Retrieval Practice (ROEDIGER et al. 2006) Übung am Anfang der Präsenzphase. Dabei werden die Studierenden aufgefordert, im Team in 10 min aus dem Gedächtnis die Inhalte des Studierauftrags aufzuschreiben. Außerdem werden die Whiteboards zum Bearbeiten komplexer Aufgaben und für Diskussionen bei der Peer Instruction ein.



Abb. 3: Kollaboratives Arbeiten mit Whiteboards und Tangibles (Experimente) im SCALE-UP-Raum der TH Rosenheim (Foto: Julia Bergmeister).

3.3.2 SCALE-UP Raum- und Lehrkonzept

Das SCALE-UP-Raum- und Lehrkonzept (student-centered active learning environment for upside-down pedagogies) ursprünglich entwickelt an der North Carolina State University (BEICHNER et al. 2003) kann sehr gut auf eine JiTT-Lehrveranstaltung aufbauen. Die räumliche Anordnung unterstützt dabei die aktivierenden Lehrformate der Präsenzphase in natürlicher Weise. Für die Studierenden ist der SCALE-UP-Raum eine Art Studio-Umgebung, in der sie aufgefordert sind, nicht nur zuzuhören, sondern selbst aktiv zu sein (siehe www.th-rosenheim.de/SCALE-UP).

3.3.3 Tangibles

Im SCALE-UP Raum führen die Studierenden im Team während der Lehrveranstaltung zu passenden Themen selbst kleine Experimente durch (siehe Abb. 3). Die eigenen Messdaten werden direkt selbst ausgewertet und machen so die physikalischen und technischen Mechanismen greifbarer und vermitteln Auswertetechniken. Alternativ können virtuelle Simulationen eingesetzt werden.

Unsere mit diesen Weiterentwicklungen angepasste Version von JiTT nennen wir im folgenden JiTT+.

4 Wirkungen

Wir untersuchen seit 10 Jahren die Wirkung unserer Maßnahmen mithilfe von Konzepttests, Klausurergebnissen und studentischen Befragungen. Details können früheren Publikationen entnommen werden.

Das Konzeptverständnis in Mechanik untersuchen wir mit dem etablierten Force Concept Inventory (HESTENES et al. 1992). Alle Details zur Methodik und den Messungen finden sich in (SCHÄFLE et al. 2017, STANZEL et al. 2019). Die Studierenden bearbeiten den Test am Anfang des ersten Semesters und am Ende des Moduls. Aus den Testergebnissen lässt sich ein individueller Lernzuwachs, der sogenannte Learning Gain bestimmen. Vergleichen wir die Learning Gains von 1734 Studierenden (acht Studiengängen, sechs Studienjahre mit neun Dozierenden

(STANZEL et al. 2021) so finden wir einen annähernd doppelt so hohen durchschnittlichen Learning Gain g bei Studierenden, die mit JiTT/PI ($g = 0,31$) im Vergleich zu denen, die mit traditionellem seminaristischen Unterricht ($g = 0,17$) unterrichtet wurden. Der Unterschied in den beiden Verteilungen ist statistisch hochsignifikant (Wilcoxon-Rangsummentest, $p = 10^{-12}$). Die Unterschiede in den Learning Gains sind vergleichbar mit denen von Hake für Interactive Engagement Lehrformate berichteten (HAKE 1998).

Wir konnten zudem in einer Studie zeigen (GRAUPNER et al. 2019), dass die Umstellung auf JiTT/PI mit Aktivierung einen Einfluss auf die Prüfungsperformance hat. In einem Studiengang, der vom gleichen Dozenten unterrichtet wurde vor und nach der Umstellung von traditionellem seminaristischen Unterricht auf JiTT/PI bestanden 16% mehr der Studienanfänger den erstmöglichen Prüfungsversuch. Diese Daten unterstützen die Aussagen der Metastudie von Freeman (FREEMAN et al. 2014) zur positiven Auswirkung aktivierender Lehre auf die Prüfungsleistungen.

Unsere Interpretation der Daten geht dahingehend, dass neben den fachspezifischen Elementen der MINT-Tutorials (Abschnitt 3.2) verschiedene weitere lernförderliche Elemente zur messbaren Wirkungen des implementierten JiTT/PI beitragen: die Kontinuität im Lernen mit Feedbackschleifen, regelmäßige Tests (Quiz), die u.a. den Testing Effect (Retrieval Practice, ROEDINGER & KAPICKE 2006) ausnutzen. Außerdem kann der Lernprozess der Studierenden möglichst lange in der „Lernzone“, dem Zwischenbereich zwischen der Komfortzone und der Panikzone gehalten werden (siehe Lernzonenmodell nach MICHL 2020). Ein weiterer Aspekt ist, dass im Modell der „Zone of proximal development“ (VYGOTZKY 1934) der Bereich in dem die Studierenden selbst lernen können ihnen auch selbst überlassen wird und die Ressource der Lehrperson da verwendet wird, wo die Lernenden Unterstützung brauchen, um den nächsten Lernschritt gehen zu können.

In der Evaluation zu JiTT/PI erhalten wir die Rückmeldung, dass 70-80 % der Studierenden sehr zufrieden bzw. zufrieden mit der Lehrmethode sind. Charakteristische Antworten auf die Aufforderung: „Bitte geben Sie an, was Sie in Ihrem Lernprozess am meisten unterstützt und begründen Sie warum“ finden sich in (JUNKER

et al. 2016): Die JiTT Quiz, da man quasi zum Lernen „gezwungen“ wird., „sie helfen enorm einen kontinuierlichen Lernfluss aufrecht zu erhalten“ und „ein Grundverständnis zu bekommen.“

Wir entnehmen aus Rückmeldungen im Nachgang zu unseren JiTT/PI Workshops, dass auch andere Lehrende, die bereits mit IC/FC experimentiert haben, durch die Erweiterung mit den WarmUp-Quiz mit Freitextfrage ähnlich positive Erfahrungen wie wir gemacht haben: Sie lernen von den Problemen der Studierenden, die sich trauen Unklarheiten offener anzusprechen und allen Beteiligten macht es mehr Spaß.

5 Vergleich zwischen IC/FC und JiTT

Wie in der Einleitung beschrieben sind die Wurzeln und Ausgangslagen des weitaus bekannteren IC/FC und des JiTT verschieden. Gemeinsam haben beide Formate, dass sie mit einer studentischen Vorbereitungsphase beginnen. Die Gestaltung dieser ist jedoch unterschiedlich.

Der ursprüngliche, klassische IC/FC wird nach Lage charakterisiert durch: „Inverting the classroom means that events that have traditionally taken place *inside* the classroom now take place *outside* the classroom and vice versa.“ (LAGE et al. 2000). Die Inhaltsvermittlung wird auf die Vorbereitungsphase gelegt und findet häufig durch das Ansehen von Videos oder andere digitale Medien statt. In der folgenden Präsenzphase werden die Inhalte vertieft.

JiTT hingegen beschreibt Mitentwickler Gavrín durch: „Just-in-Time Teaching is a powerful pedagogical method that uses technology to enhance students' attitudes and academic performance. ... it allows faculty to link the classroom experience to students' work at home in a way that encourages both students and faculty to be better prepared for class.“ (GAVRÍN 2006). Zentral ist beim JiTT das digitale WarmUp-Quiz, dass die Studierenden nicht nur zum Lesen auffordert, sondern auch über die Ideen des Stoffs nachzudenken, an ihr Vorwissen anzuknüpfen und es auf kleinere Probleme anzuwenden. Außerdem findet zwischen der studentischen Arbeit zu Hause und der Präsenzphase eine Feedbackschleife statt. Auf diese Weise wird die

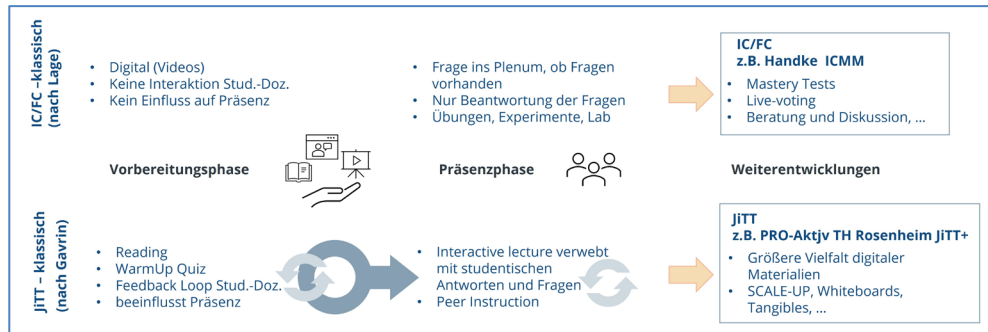


Abb. 4: Unterschiede zwischen klassischem IC/FC und JiTT. Es gibt Weiterentwicklungen, in denen sich die Methoden annähern (z.B. ICMM und JiTT+).

Zeit, die mit einem Thema verbracht wird, hinsichtlich Qualität und Quantität verbessert.

Damit zeigt sich als didaktischer Hauptunterschied zwischen beiden Formaten, dass beim klassischen IC/FC die Vorbereitungsphase bei Studierenden und Lehrenden ohne Austausch oder Einfluss auf die Präsenzphase stattfindet, denn die Lehrenden haben keine Informationen darüber, was für Studierende leicht oder schwer in der Vorbereitung war. Beim JiTT hingegen sind die Vorbereitungsphasen von Studierenden und Lehrenden direkt miteinander verwoben, so lernen beide bereits vor der Präsenzphase voneinander und die studentischen Schwierigkeiten beeinflussen direkt die Lehrveranstaltung (siehe Abb. 4). Damit ist das JiTT stärker studierendenzentriert als klassischer IC/FC.

Die jüngeren Weiterentwicklungen beider Methoden zeigen weitere Annäherungen. Dem klassischen Inverted Classroom wurde beispielsweise ein Mastery Test als Pre-Assessment im Team von Jürgen Handke (HANDKE 2015) hinzugefügt. Die Details der Umsetzung zeigen ähnliche Gelingensbedingungen auf, wie bei der Rosenheimer JiTT+ Implementation, so wie sie hier beschrieben ist. Durch die zunehmende Digitalisierung ist der Einsatz weiterer digitaler Lehrmaterialien wie kurze Lehrvideos und Simulationen eine Selbstverständlichkeit geworden.

6 Zusammenfassung

JiTT als Lehrmethode hat vordergründig Ähnlichkeiten mit dem IC/FC, da es ebenfalls eine Vorbereitungs- und eine Präsenzphase enthält. Beim JiTT allerdings liegt der Fokus auf dem Online-WarmUp-Quiz, das bereits vor der Lehrveranstaltung eine Feedbackschleife zum Thema zwischen Studierenden und Lehrperson bewirkt. Dieses Feedback wiederum ermöglicht der Lehrperson die Lehrveranstaltung Just-in-Time anzupassen und studierendenzentrierter zu gestalten.

Die Implementation von JiTT an der TH Rosenheim in Physik und Mathematik umfasst in der Präsenzphase PI, MINT-Tutorials und neuerdings Whiteboards, SCALE-UP Räume und Tangibles. Studierende aus JiTT-Lehrveranstaltungen mit einer Kombination dieser Methoden zeigen insgesamt einen annähernd doppelt so hohen Lernzuwachs im Konzeptverständnis in Mechanik als solche aus Lehrveranstaltungen mit traditionellem seminaristischen Unterricht. Auch konnte eine bessere Prüfungsperformance und eine hohe studentische Zufriedenheit gezeigt werden.

Weiterentwicklungen von IC/FC und JiTT weisen in die Richtung, dass beide Methoden mehr und mehr konvergieren.

Wir bedanken uns bei unseren Kolleginnen und Kollegen Silke Stanzel, Robert, Kellner, Birgit Naumer und Michael Griesbeck für die jahrelange gemeinsame, konstruktive Arbeit, die MINT-Lehre kontinuierlich zu verbessern, sowie Christine Lux, Franziska Graupner, Michaela Weber und Josip Lackovic für wertvolle Unterstützung bei der Erstellung von Lehrvideos, Datenauswertungen und Moodleprogrammierungen im Projekt PRO-Aktiv. Außerdem danken wir der Stiftung Innovation in der Hochschullehre (Projekt: HigHRoQ) und dem Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (Programm: BayernMINT) für finanzielle Unterstützung.

7 Literaturverzeichnis

van Alten, D. C. D., Phielix, C., Janssen, J., & Kester, L. (2019). *Effects of flipping the classroom on learning outcomes and satisfaction: A meta-analysis.* Educational Research Review, 28, 100281.

Beichner, R. J., Saul, J. M. (2003). *Introduction to the SCALE-UP (student-centered activities for large enrollment undergraduate programs)*

project. Proceedings of the International School of Physics “Enrico Fermi,” Varenna, Italy, 1-17.

Biggs J. & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does* (4. Aufl.): Maidenhead: Open University Press.

Buchner, J., Schallert-Vallaster, S., Thielsch, A., Kastner-Hauler, O., Künzi, C., & Reimer, R. (2023). *Eine systematische Analyse der deutschsprachigen Inverted/Flipped Classroom Forschung*. Tagungsband zur Konferenz Inverted Classroom and beyond 2022.

Freeman, S., Eddy, S.I., McDonough M., Smith, M.K. Koroafor N. Jordt, H. Wenderoth, M.P. (2014): *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

Gavrin, A. (2006). *Just-in-time teaching*. Metropolitan Universities, 17(4), 9-18.

Graupner, F., Junker, E.; Stanzel, S. (2019). *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

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

Handke, J. (2015). *Handbuch Hochschullehre Digital*. Tectum Verlag.
siehe auch: <https://t1p.de/rjin7> und <https://t1p.de/sb92e>

Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). *Force concept inventory*. The physics teacher, 30(3), 141-158.

Junker, E., Schäfle, C., Stanzel S. (2016). *JiTT und PI im stürmischen Physikalltag: Warum, wie, weshalb? Ein Erlebnisbericht aus Sicht der Dozierenden*; in DiNa-Sonderausgabe, Wege zum Verständnis bauen: Das Projekt HD MINT, S. 99 – 116 (2016), <https://didaktikzentrum.de/publikationen/dina-und-tagungsbaende>

Kapur, M., Hattie, J., Grossman, I., & Sinha, T. (2022). *Fail, flip, fix, and feed—Rethinking flipped learning: A review of meta-analyses and a subsequent meta-analysis* (Front. Educ.,(2022), 7,(956416), 10.3389/educ. 2022.956416). In *Frontiers in Education* (Vol. 7, p. 1098967). Frontiers Media SA.

Kautz, C. H. (2016). *Wissenskonstruktion: durch aktivierende Lehre nachhaltiges Verständnis in MINT-Fächern fördern.* Schriften zur Didaktik in den Ingenieurwissenschaften.

Kontur, F. J., & Terry, N. B. (2014). *Motivating students to do homework.* The Physics Teacher, 52(5), 295-297.

Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). *Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment.* The Journal of Economic Education, 31(1), 30–43. <https://doi.org/10.2307/1183338>.

Mazur, E. (1997): *Peer instruction: A user's manual.* Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall (1997). Auch: Mazur, E.: *Farewell, lecture?* Science 323, p. 50 – 51. Auch in Deutsch: Kurz, G, Harten U: *Mazur Peer Instruction Ineraktive Lehre praktisch umgesetzt.* Springer 2017.

McDermott, L. C. (2001), Oersted Medal Lecture 2001: *Physics education research: The key to student learning,* Am. J. Phys. 69, 1127 (2001).

McDermott, L. C., & Shaffer, P. S. (2009). *Tutorien zur Physik.* Pearson Deutschland GmbH.

Michl, W. (2020). *Erlebnispädagogik (4. Aufl., Erstauflage 2009).* München: UTB / Ernst Reinhard., Lernzonenmodell eingeführt 1992 von Luckner, J. L., Nadler, R. S. (1997). *Processing the Experience.* 2. Aufl. Dubuque / Iowa: Kendall / Hunt.

Novak, G., Gavrin, A., Christian, W. & Patterson, E. (1999). *Just-In-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology.* Addison-Wesley Educational Publishers Inc..

Roediger, H.L. & Karpicke, J.D. (2006). *The Power of Testing Memory Basic Research and Implications for Educational Practice.* Perspectives on Psychological Science, 2006, Vol 17 No 3 und auch: www.retrievalpractice.org

Schäfle, C., Junker, E., Stanzel, S., Zimmermann, M. (2017). *Aktivierung in heterogenen Gruppen: Was MINT-Lehre bewirken kann*. DidaktikNachrichten, 06/2017, S. 3-39. <https://didaktikzentrum.de/publikationen/dina-und-tagungsbaende>

Stanzel, S., Schäfle, C. & Junker, E. (2019). *Impact of interactive teaching methods on heterogeneity*. In Proceedings of the 10th international conference on Physics Teaching in Engineering Education (pp. 1-6).

Stanzel, S., Junker, E. & Graupner F. (2021). *Der Hörsaal als Labor: aktivierende Lehre auf dem Prüfstand*. Die neue Hochschule, Heft 2/2021.

Vygotsky, L. (1934), *Zone of proximal development*. https://en.wikipedia.org/wiki/Zone_of_proximal_development und <https://t1p.de/4qzrk> (aufbauend auf: Daniels, H. (2001). Vygotsky and pedagogy. New York: Routledge Falmer; Fogarty, R. (1999). Architects of the intellect. Educational Leadership, 57(3), 76-78; Wilhelm, J.D. (2001). Strategic Reading: Guiding Students to Lifelong Literacy, 6-12.)

Autor/in



Prof. Dr. Claudia SCHÄFLE || Technische Hochschule Rosenheim
|| Hochschulstraße 1, D-83024 Rosenheim || www.pro-aktiv.de
und Bayrisches Zentrum für Innovative Lehre – BayZiel ||
Atelierstraße 1, D-81671 München
claudia.schaefle@th-rosenheim.de



Prof. Dr. Elmar JUNKER || Technische Hochschule Rosenheim ||
Hochschulstraße 1, D-83024 Rosenheim
www.pro-aktiv.de
elmar.junker@th-rosenheim.de