

Ausschnitt aus einem Graphic Recording von Christoph J. Kellner (2015)

# Wenn sprechen mehr bringt als zuhören

Das Lehrkonzept „Peer Instruction“ hilft, das Physikverständnis zu erhöhen.

Cynthia E. Heiner und Günther Kurz

Die Hochschullehre ist ein wichtiger Forschungsgegenstand, da empirische Daten helfen können, ihre Effektivität zu steigern [1]. Forschungsergebnisse aus dem nordamerikanischen Raum sowie von deutschen Hochschulen belegen, dass interaktive Lernszenarien zum konzeptionellen Physikverständnis mehr beitragen als traditionelle dozentenorientierte Darbietungen. Die Art und Weise, mit der sich Studierende mit Fachkonzepten auseinandersetzen, trägt wesentlich zum Lernerfolg bei. Ein mögliches Lernszenario ist das Konzept „Peer Instruction“ (PI).

Eric Mazur entwickelte dieses Konzept in den 1990er-Jahren an der Harvard University [2 – 4]. Auslöser dafür, seine Vorlesung radikal vom lehr- zum lernzentrierten Unterricht zu ändern, waren Veröffentlichungen von Ibrahim Abou Halloun und David Hestenes aus den Jahren 1985 und 1987 [5, 6]. Sie hatten den Test „Force Concept Inventory“ zu grundlegenden Konzepten der Newtonschen Mechanik entwickelt und gezeigt, wie wenig die Studierenden in der Physikvorlesung verstanden hatten. Aus Neugier setzte Mazur diesen konzeptionellen Test in seinen Ingenieur- und Physikstudiengängen ein. Sein Schlüsselerlebnis war folgende Frage eines Teilnehmers:

„Professor Mazur, wie soll ich diese Fragen beantworten? So wie Sie es uns vorgestellt haben oder wie ich über diese Dinge wirklich denke?“ [4]. Dieses Zitat verdeutlicht, dass Studierende zwar die Inhalte der Physik lernen, deren physikalisches Weltbild mitunter aber häufig unverändert „vor-Newtonisch“ bleibt.

Die Verwendung qualitativer Fragen in späteren Klausuren bestätigte das Ergebnis, dass das konzeptionelle Verständnis der Studierenden bei traditioneller Lehre deutlich hinter der Fähigkeit, Rechenalgorithmen anzuwenden, zurückbleibt. Mazur erkannte dadurch, dass bloßes Zuhören in einer Vorlesung, die als Monolog vor einer passiven Hörerschaft gehalten wird, nicht ausreicht, um die intrinsische Schwierigkeit eines wissenschaftlichen Konzeptes zu verstehen.

Aus diesem Grund verfolgt Peer Instruction das Ziel, die Studierenden während der Vorlesung zu motivieren, sich aktiv mit den Stoffinhalten auseinanderzusetzen. Die Studierenden sollen sich auf die grundlegenden physikalischen Konzepte konzentrieren. Anstatt Details vorzustellen, die aus dem Lehrbuch bereits bekannt sind, fokussiert sich die Vorlesung auf eine kurze Vorstellung von Hauptthemen. Interaktionen unter den Studierenden und mit den Lehrenden sind zeitlich fest eingeplant.



**Abb. 1** Dieses Beispiel für eine Peer-Instruction-Frage behandelt folgendes Schlüsselkonzept: Für inkompressible Flüssigkeiten – ohne Quellen und Senken – hängt der Druck in einer Röhre vom Querschnitt ab.

## Von der Frage zur Diskussion

In jedes Lernszenario, unabhängig von der Fachrichtung, lässt sich eine PI-Sequenz einbauen. Kernstück ist eine konzeptionelle Frage, die PI-Frage, mit der sich die Studierenden auseinandersetzen müssen (**Abb. 1**). Nach einer kurzen Vorstellung des Schlüsselkonzepts beginnt die Sequenz mit dem Einblenden der PI-Frage – meist im Multiple-Choice-Format (**Abb. 2**). Die Studierenden haben ein bis zwei Minuten Zeit, sich für eine Antwortmöglichkeit zu entscheiden. Diese Überlegungsphase zwingt sie dazu, über die entwickelten Begründungen nachzudenken. Früher erfolgte die Abstimmung mit Handzeichen, heutzutage kommen meist elektronische Response-Systeme zum Einsatz.

Anschließend folgt die zwei- bis dreiminütige Peer-Diskussion. Hierbei sollen die Studierenden ihre Antwort mit dem Sitznachbarn kritisch diskutieren und mit logischen Argumenten überzeugend begründen. Es gilt also, seinen Nachbarn von der eigenen Lösung zu überzeugen oder sich selbst überzeugen zu lassen. Auch falsche Antworten sind dabei natürlich Teil der Diskussion. Während der Diskussionsphase sollten die Lehrenden im Raum herumgehen und den Gesprächen zuhören – ohne einzugreifen! –, um die Argumentation und Denkweise der Studierenden zu erfahren. Nach der Peer-Diskussion stimmen die Studierenden ein zweites Mal über die gleiche Frage ab.

1) Weitere Informationen sowie Videos und Tipps für Lehrende finden sich bei der Carl Wieman Science Education Initiative [7].

Bei einer gut konstruierten Frage mit plausiblen Antwort-Alternativen, die auf bekannten Fehlvorstellungen basieren, sollte die Verteilung der Antworten das Auftreten dieser Fehlvorstellungen widerspiegeln und auch die Änderung des Abstimmungsverhaltens nach der Diskussion (**Abb. 3**). Selbst ohne Eingreifen der Lehrperson führt die Peer-Diskussion zu einem Abstimmungsergebnis, bei dem sich die richtige Antwort durchgesetzt hat.

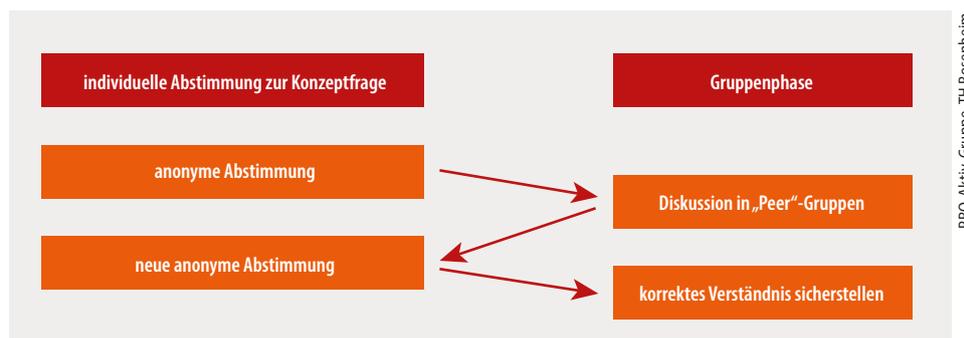
Wenn bei der ersten Abstimmung 30 bis 70 Prozent der Antworten korrekt sind, besteht auf jeden Fall Diskussionsbedarf zwischen den Studierenden. Meist zeigt sich bei der zweiten Abstimmung eine klare Verschiebung hin zur richtigen Antwort (**Abb. 3**). Dieser Lerneffekt demonstriert die Wirksamkeit der Lehrmethode. Zusammenfassend begründet die Lehrperson oder jemand aus der Studierendenschaft die richtige Antwort. Wichtig ist es, auch auf die am häufigsten gewählte falsche Antwort einzugehen.

Liefert bereits die erste Abstimmung mehr als 70 Prozent richtige Antworten, lässt sich das Ergebnis nur geringfügig verbessern. Meist reicht dann ein erklärender Kommentar der Lehrperson mit einem Hinweis auf die Fehlkonzepte der gegebenen Falschantworten aus.

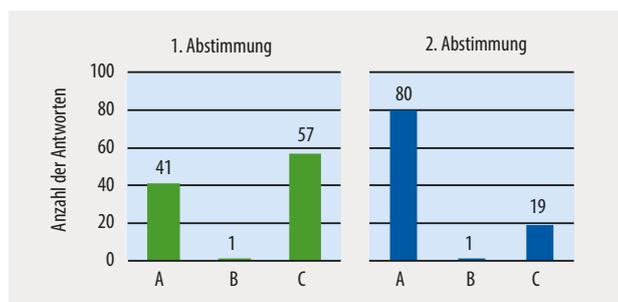
Liegt der Anteil der richtigen Antworten in der ersten Abstimmung unter 30 Prozent, muss die Lehrperson den Sachverhalt mit zusätzlichen Erklärungen beleuchten und auf ausgeprägte Fehlvorstellungen eingehen. Möglicherweise bietet es sich an, eine leichtere Frage einzuschieben, bevor das Ergebnis mit einer zweiten Frage überprüft wird.<sup>1)</sup>

## Ein wirksames Konzept

Obwohl die Methode aus der Physik stammt, setzen inzwischen weitere Fachdisziplinen wie Mathematik [8], Genetik [9, 10], Biologie, Statistik oder Philosophie Peer Instruction erfolgreich ein. Zunehmend gibt es wissenschaftliche Untersuchungen über den Lernzuwachs, der sich auf diese Weise erzielen lässt. Auch Crouch und Mazur evaluierten nach zehn Jahren den Lernfortschritt ihrer Studierenden [11]. Sie stellten mittels „Force Concept Inventory“ (Nachtest vs. Vortest) eine deutliche Zunahme des Lernzuwachses fest. Ebenso gab es Verbesserungen bei den konzeptionellen/qualitativen Fragen sowie bei der Beantwortung quantitativer Fragen, obwohl dieser Aspekt in den Vorlesungen weniger im Mittelpunkt stand. Dennoch gilt es zu klären, ob die Peer-Diskussion wirklich notwendig ist oder nicht womöglich zu falschen Antworten führen kann und



**Abb. 2** Jede Vorlesungssequenz gemäß Peer Instruction folgt einer festen Reihenfolge.



**Abb. 3** Nach der Peer-Diskussion verändern sich die Abstimmungsergebnisse für die PI-Frage aus **Abb. 1** und verschieben sich hin zur richtigen Antwort.

auch ob leistungstärkere Studierende benachteiligt werden, weil die Lehrenden weniger Vorlesungsinhalte vermitteln.

Daher untersuchten Crouch und Mazur auch die Ergebnisse der PI-Fragen [11]. Sie fanden heraus, dass die überwiegende Mehrheit der Studierenden, die ihre Antwort bei der Diskussion revidieren, von einer falschen Antwort zur richtigen wechseln. Nur in sechs Prozent der Fälle wechselten sie von der richtigen zur falschen Antwort. Außerdem fordern die PI-Fragen selbst die stärksten Studierenden heraus.

Eine andere Studie beleuchtet die Frage, ob die Diskussion tatsächlich zu besseren Lernergebnissen führt [10]. Demnach erzielt eine Kombination aus Peer-Diskussion und anschließenden Erklärungen durch Lehrende den höchsten Lernzuwachs verglichen mit den Szenarien „nur Gruppendiskussion“ und „Lehrende erklären die richtige Antwort“. Noch auffälliger war der Effekt für die Studierenden, die als stärkste in der Gruppe galten: Sie erzielten den geringsten Lernzuwachs im Szenario „Lehrende erklären die richtige Antwort“. Dies mag zunächst überraschen. Doch ist zu bedenken, dass sich die besten Studierenden ohne Gruppendiskussion nicht aktiv mit der Frage auseinandersetzen müssen. Sie lernen also in der Peer-Diskussion, weil sie ihre Antwort überzeugend vorstellen müssen.

Zunehmend erleben Studierende und Lehrende den Lerneffekt von Peer Instruction. Diese Lernmethode fördert nicht nur das konzeptionelle Verständnis, sondern führt auch zu besseren Leistungen in konventionellen Übungs-

aufgaben. PI verlangt von allen Studierenden, sich aktiv mit dem Inhalt und mit ihren Mitstudierenden auseinanderzusetzen. Diese Lernumgebung erlaubt es, das eigene Wissen zu testen, argumentieren zu lernen und Feedback zu erhalten und zu verarbeiten – ohne Risiko, das Gesicht zu verlieren oder eine schlechte Note zu bekommen. Lehrende erhalten eine wichtige Momentaufnahme des Verständnisses ihrer Studierenden und können mit ihnen tiefgreifende Gespräche führen, um kritisches Feedback zu geben.<sup>2)</sup> Die Vorteile von Peer Instruction sind im **Infokasten** unten zusammengefasst. Als lernförderlich erweist sich auch die Beobachtung, dass diese Art des Unterrichts sowohl den Studierenden als auch den Lehrenden mehr Spaß macht.

Beim Umstieg von einem traditionellen Vorlesungsstil auf Peer Instruction besteht die größte Herausforderung darin, geeignete Fragen zu entwerfen [14]. Denn der Erfolg der Methode hängt wesentlich von der Qualität und Relevanz der PI-Fragen ab. Bei ihrer Konstruktion sind einige Kriterien zu beachten:

- **Klarheit:** Auf korrekte Formulierung muss geachtet werden. PI-Fragen sind auf ein einziges Konzept fokussiert.
  - **Kontext:** Das dahinterliegende Konzept wurde im Kurs besprochen; die Beantwortung der Frage erfordert keine numerischen Berechnungen.
  - **Verknüpfung mit dem Lernziel:** Die Frage bringt die Studierenden dazu zu begründen, dass sie das Konzept verstanden haben.
  - **Distraktoren:** Die Antworten bieten attraktive Auswahlmöglichkeiten, die Aufschluss über die zugrundeliegende Denkweise (Fehlkonzeptionen) geben.
  - **Regt Diskussion an:** Die Fragen sollten mittleren Schwierigkeitsgrad haben. Die Antwort-Optionen „erzwingen“ eine begründete Aussage in der Diskussion.
- Im Beispiel für eine erfolgreiche PI-Frage in **Abb. 4** müssen die Studierenden ihre Entscheidung für jede einzelne der gewählten Kurven erklären, also letztlich sämtliche Kurvenverläufe betrachten und verstehen.

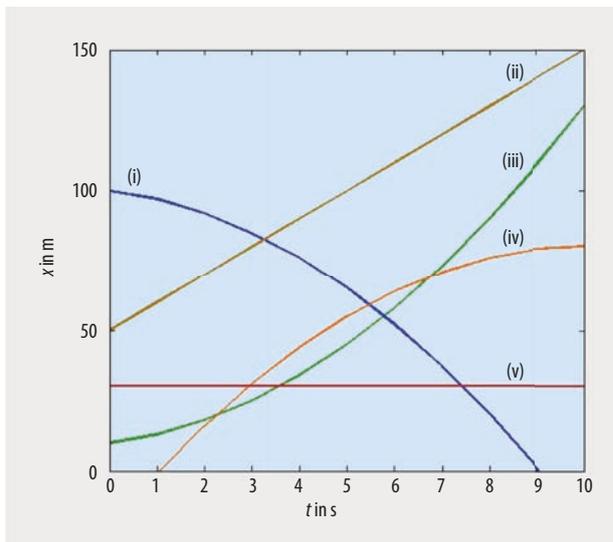
Bei der Nutzung von Peer Instruction ist es empfehlenswert, aber nicht notwendig, dass die Studierenden die

2) Ein Video der TH Nürnberg stellt die Methode und ihre Vorteile vor [13].

## Vorteile von Peer Instruction

Den Studierenden eröffnet PI Gelegenheit ...	Für Lehrende bietet PI die Möglichkeit ...
... über zentrale (und erfahrungsgemäß schwierige) Fragestellungen des jeweiligen Themas nachzudenken,	... sich ein Bild vom momentanen Kenntnisstand der Studierenden zu machen und darauf angemessen zu reagieren,
... dabei bekannte Verständnisschwierigkeiten zu überwinden,	... mit den Studierenden über fachliche Inhalte ins Gespräch zu kommen.
... sich eigene Vorstellungen und Denkweisen zu vergegenwärtigen und sich deren Bedeutung bewusst zu werden,	... konkrete Vorstellungen einzelner Studierender zu den Vorlesungsinhalten kennen zu lernen.
... zu lernen, sich mit anderen über fachliche Themen auszutauschen und logisch zu argumentieren,	
... den eigenen Lernfortschritt besser einschätzen zu lernen und dadurch ein angemessenes Selbstvertrauen hinsichtlich ihrer Fähigkeiten zu gewinnen.	

aus [12]



**Abb. 4** Die Frage lautet: Wie viele  $x(t)$ -Kurven zeigen die Bewegung eines Gegenstands mit positiver Geschwindigkeit? Mögliche Antworten sind: keine oder eine Kurve; zwei, drei oder vier Kurven.

Begriffe schon einmal zur Kenntnis genommen haben. Der notwendige Freiraum für den Einsatz dieser Methode lässt sich durch „Just in Time Teaching“ realisieren. Diese Methode wird in der Juli-Ausgabe des Physik Journal vorgestellt [15].

## Hochschulbildung für die Zukunft

Die heutige Gesellschaft erfordert es nicht nur, eigenes Wissen einzusetzen, sondern auch die Fähigkeit, dieses Wissen in Teamarbeit anderen mitzuteilen und sich in Diskussionen einzubringen. Die Einführung von Peer Instruction im Studium (oder bereits in der Schule) profitiert von der Nachhaltigkeit des Lernens durch Diskussion. Studierende erhalten hierbei die ideale Lernumgebung für ihre spätere Tätigkeit. Die Zeit, die für die Diskussionen notwendig ist, lässt sich durch die asynchrone Erarbeitung grundlegender Inhalte zurückgewinnen. Die Zukunft der Hochschulbildung wird vermutlich in Richtung Blended Learning gehen – also einer Lernform, welche die Vorteile von Präsenzveranstaltungen und E-Learning kombiniert. Hierbei bieten sich Online-Ressourcen wie Videos oder Simulationen an, um sich zusätzlich zur Durcharbeitung einer Lehrbuchsequenz auf die Diskussionen in der Vorlesung vorzubereiten.

Schlussbemerkung und gleichzeitiges Trostwort: Es ist unmöglich, ein Unterrichtsformat durch Umlegen eines Schalters sofort komplett umzustellen! Eric Mazur stellte seine Lehrveranstaltungen stufenweise über einen Zeitraum von fünf Jahren um, bevor er das Grundkonzept durchgängig nutzte. Probieren Sie ebenfalls eine zeitlich gestufte Umstellung. Fangen Sie damit an, eine PI-Frage an einer geeigneten Stelle in Ihre Standardvorlesung einzubauen und steigern Sie das Angebot. Wir sind sicher, die Studierenden werden sich nicht nur intensiver mit den Inhalten und untereinander austauschen, sondern auch mit Ihnen als Lehrperson.

\*

Für kritische Kommentare danken wir Ulrich Harten, Elmar Junker, Christian Kautz, Peter Riegler, Claudia Schäfle und Silke Stanzel.

## Literatur

- [1] P. Riegler und Chr. Kautz, Physik Journal, Mai 2021, S. 43
- [2] E. Mazur, Peer Instruction – A User's Manual, Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458 (1997)
- [3] G. Kurz und U. Harten (Hrsg.), Peer Instruction – Interaktive Lehre praktisch umgesetzt, Heidelberg, Springer Spektrum (2017)
- [4] E. Mazur, Peer Instruction for Active Learning (YouTube-Video), [youtu.be/Z9orbxoRofI](https://youtu.be/Z9orbxoRofI)
- [5] I. A. Halloun und D. Hestenes, Am. J. Physics **53**, 104 und 1056 (1985) sowie Am. J. Physics **55**, 455 (1987)
- [6] D. Hestenes, Am. J. Physics **55**, 440 (1987)
- [7] Carl Wieman Science Education Initiative, Videos und Tipps für Lehrende, [cwsei.ubc.ca/resources/instructor/prs](https://cwsei.ubc.ca/resources/instructor/prs)
- [8] P. Riegler, Peer Instruction in Mathematik, Springer Spektrum, Heidelberg (2019)
- [9] M. K. Smith et al., Science **323**, 122 (2009)
- [10] M. K. Smith et al., CBE – Life Sciences Education **10**, 55 (2011)
- [11] C. H. Crouch und E. Mazur, Am. J. Phys. **69**
- [12] Chr. Kautz (Hrsg.), Schriften zur Didaktik in den Ingenieurwissenschaften Nr. 4, Wissenskonstruktion, TUHH (2019)
- [13] Peer Instruction an der TH Nürnberg, [youtu.be/yUNYbkillcs](https://youtu.be/yUNYbkillcs)
- [14] C. K. Waugh und N. E. Gronlund, Assessment of Student Achievement, Pearson, Int. Ed. (2013)
- [15] PRO-Aktiv-Gruppe der TH Rosenheim, [www.pro-aktiv.de](http://www.pro-aktiv.de)

## Die Autor:innen



**Günther Kurz** (Didaktik der Physik) promovierte an der Universität Stuttgart. Seit 1971 ist er an der HAW Esslingen tätig. Er hat sich stets für die Lehre engagiert, unter anderem im Projekt „Computer unterstützter Unterricht im Medienverbund an Fachhochschulen“. 1996 wurde er mit dem Landeslehrpreis Baden-Württemberg

ausgezeichnet. Seit seiner Pensionierung 2003 arbeitet er weiter in der cosh-Physik-Gruppe mit.

**Cynthia E. Heiner** studierte Physik an der University of New Hampshire. Nach ihrer Forschungstätigkeit am Fritz-Haber-Institut und Promotion an der Radboud Universität arbeitete sie an der University of British Columbia im Projekt „Science Education Initiative“ im Bereich der Physik Hochschuldidaktik. Derzeit ist sie für das Dahlem Center for Academic Teaching an der Freien Universität Berlin tätig. Sie setzt sich für die Entwicklung der Lehre und deren strukturellen Wandel im Hochschulbereich ein.



**Prof. Dr. Günther Kurz**, Hochschule Esslingen, University of Applied Sciences, Kanalstraße 33, 73728 Esslingen am Neckar

**Dr. Cynthia E. Heiner**, Freie Universität Berlin, Dahlem Center for Academic Teaching, Arbeitsstelle Lehr- und Studienqualität, Habelschwerdter Allee 45, 14195 Berlin